

**Der Ruhe- und Belastungsblutdruck
bei 12- bis 17-Jährigen
in der Kieler Kinder EX.PRESS. Studie:
Zusammenhang mit weiteren Risikofaktoren und
Bedeutung für das kardiovaskuläre Risiko**

Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der
Philosophischen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität
zu Kiel

vorgelegt von
Claudia Hacke

Kiel

November 2013

Erstgutachter: Prof. Dr. Burkhard Weisser

Zweitgutachter: Prof. Dr. Manfred Wegner

Drittgutachter: Prof. Dr. Dr. Reinhard G. Ketelhut

Tag der mündlichen Prüfung: 6. Mai 2014

Durch den zweiten Prodekan Prof. Dr. Martin Krieger zum Druck
genehmigt: 9. Mai 2014

Danksagung

Mein ganz besonderer Dank gilt der FAZIT-Stiftung, die das Forschungsprojekt als förderungswürdig einschätzte und mir mit der Vergabe eines Stipendiums eine Promotion unter ausgezeichneten Bedingungen ermöglichte. Die FAZIT-Stiftung hat damit wesentlich zur Realisierung der Kieler Kinder EX.PRESS. Studie beigetragen.

Meinem Doktorvater, Herrn Prof. Dr. Burkhard Weisser, danke ich für die intensive und vertrauensvolle Betreuung. Das persönliche Interesse am Projekt und seine ständige Bereitschaft für konstruktive und kritische Diskussionen haben die gesamte Phase der Promotion maßgeblich geprägt. Als Doktorandin von Herrn Prof. Weisser kam mir jede Unterstützung entgegen, die ich im Rahmen der Promotion benötigte. Die Zusammenarbeit stellte sich ausnahmslos positiv dar, wofür ich mich an dieser Stelle ganz herzlich bedanken möchte.

Bei Herrn Prof. Dr. Manfred Wegner bedanke ich mich für seinen fachkundigen Rat bei allen methodischen Fragestellungen.

Herrn Prof. Dr. Andreas Wilhelm und Herrn Dr. Jan-Peter Brückner möchte ich für die Hilfestellungen in allen statistischen Angelegenheiten danken.

Allen teilnehmenden Schulen, Eltern und Kindern sowie den Versuchshelfern sei besonders gedankt für die Unterstützung und harmonische Zusammenarbeit.

Ein herzliches Dankeschön geht an meine Familie und ganz besonders an meine Schwester Karen Mühlbach für die kritische Durchsicht der Arbeit und emotionale Unterstützung während der gesamten Dissertationsphase.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	IX
Abkürzungsverzeichnis	XVI
1 Einleitung	1
2 Epidemiologie von Herz-Kreislauf-Erkrankungen	6
3 Kardiovaskuläre Risikofaktoren	10
3.1 Rauchen	12
3.2 Bewegungsmangel	13
3.3 Alkohol	14
3.4 Übergewicht	15
3.5 Ungesunde Ernährung	15
3.6 Diabetes mellitus	16
3.7 Dyslipidämie	17
3.8 Arterielle Hypertonie	17
3.8.1 Physiologie des arteriellen Blutdrucks	20
3.8.2 Regulationsgrößen und Einflussfaktoren	22
4 Der Blutdruck im Kindes- und Jugendalter	25
4.1 Referenzwerte	26
4.2 Ätiologie und Prävalenz der arteriellen Hypertonie	28
4.3 Tracking	31
4.4 Messung des arteriellen Blutdrucks	36
4.4.1 Blutdruckmessung bei Kindern und Jugendlichen	38
4.4.2 Effektivität des Blutdruck-Screenings	43
4.5 Blutdruckverhalten während körperlicher Belastung	44
4.5.1 Blutdruckmessung während Ergometrie	48
4.5.2 Der Belastungsblutdruck bei Kindern und Jugendlichen	53
4.6 Risiken und Folgeschäden	56

5	Weitere kardiovaskuläre Risikofaktoren im Kindes- und Jugendalter	60
5.1	Übergewicht und Adipositas.....	61
5.1.1	Gesundheitliche Risiken und Folgen.....	64
5.1.2	BMI, Taillenumfang und Blutdruck bei Kindern und Jugendlichen	66
5.2	Körperliche Inaktivität	72
5.2.1	Bildschirmzeit	78
5.2.2	Körperliche Aktivität und kardiovaskuläres System	80
5.2.3	Körperliche Aktivität, Bildschirmzeit und Blutdruck	84
5.3	Körperliche Fitness	89
5.3.1	Fitness und kardiovaskuläre Risikofaktoren	93
5.3.2	Fitness und Blutdruck.....	97
5.4	Tabak- und Alkoholkonsum	99
5.4.1	Gesundheitliche Risiken und Folgen.....	103
5.4.2	Tabak, Alkohol und Blutdruck	105
5.5	Familienanamnese.....	108
5.6	Sozialer Status, Lebensstil und Gesundheit.....	111
6	Die forschungsleitenden Fragestellungen	117
7	Methodik.....	121
7.1	Hypothesen	121
7.2	Untersuchungsdesign und Untersuchungsplan.....	125
7.3	Stichprobe	127
7.3.1	Rekrutierung.....	127
7.3.2	Charakterisierung der Probanden	128
7.4	Messgrößen und Methoden zur Datenerhebung	130
7.4.1	Bestimmung der anthropometrischen Daten	130
7.4.2	Blutdruckmessung.....	131
7.4.3	Herzfrequenzmessung	133
7.4.4	Ergometrie.....	133
7.4.5	Bestimmung der körperlichen Aktivität.....	136
7.4.6	Konsum von Tabak und Alkohol	139
7.4.7	Bestimmung der Familiensituation und -anamnese.....	140
7.5	Untersuchungsdurchführung	142
7.6	Statistische Analyse	145

8	Ergebnisse	151
8.1	Blutdruck und Herzfrequenz	153
8.1.1	Unter Ruhebedingungen	153
8.1.2	Während ergometrischer Belastung.....	156
8.1.3	Gesamtbetrachtung der Blutdruckwerte nach Alter und Geschlecht	160
8.2	Blutdruckperzentilen – Differenzierung normaler, hoch normaler und erhöhter Blutdruckwerte	165
8.2.1	Einordnung der Blutdruckwerte in Ruhe	165
8.2.2	Perzentilen und Grenzwertbildung für den Belastungsblutdruck	168
8.2.3	Einordnung des Blutdrucks bei Belastung	171
8.2.4	Einteilung der Stichprobe nach normalen, hoch normalen und erhöhten Blutdruckwerten in Ruhe und unter Belastung.....	174
8.3	Anthropometrische Daten	176
8.3.1	Prävalenz von Übergewicht und Adipositas.....	176
8.3.2	Gesamtbetrachtung von BMI und Taillenumfang nach Alter und Geschlecht	182
8.4	Körperliche Leistungsfähigkeit	184
8.4.1	Absolute und relative Ausdauerleistungsfähigkeit	184
8.4.2	Gesamtbetrachtung der Ausdauerleistungsfähigkeit nach Alter und Geschlecht.....	188
8.5	Körperliche Aktivität	191
8.5.1	Allgemeine körperlich-sportliche Aktivität (MVPA-Index).....	191
8.5.2	Körperliche Alltagsaktivität	193
8.5.3	Bildschirmkonsum	194
8.5.4	Schulsport	196
8.5.5	Sportliche Aktivität in Freizeit und Verein	197
8.5.6	Gesamtaktivität.....	201
8.6	Rauchen und Alkohol	204
8.7	Familiäre Faktoren	208
8.7.1	Anthropometrische Daten der leiblichen Eltern.....	209
8.7.2	Bildung und Berufsstatus	210
8.7.3	Tabak- und Alkoholkonsum.....	212
8.7.4	Familienanamnese	214
8.7.5	Sportliche Aktivität.....	216
8.8	Assoziation von kardiovaskulären Risikofaktoren mit dem systolischen Ruhe- und Belastungsblutdruck	217
8.8.1	Blutdruck in Ruhe und während Belastung.....	217
8.8.2	Blutdruck, BMI und Taillenumfang	218

8.8.3	Blutdruck und Fitness	222
8.8.4	Blutdruck und körperliche Aktivität	224
8.8.5	Blutdruck, Rauchen und Alkohol	229
8.8.6	Blutdruck und familiäre Faktoren	230
8.8.7	Blutdruck und Anzahl der Risikofaktoren	242
8.8.8	Überblick: Korrelationen und Kovarianzanalysen	248
8.9	Multiple Regressionsmodelle: Prädiktoren des Ruhe- und Belastungsblutdrucks	250
8.10	Zusammenfassung der Ergebnisse	257
9	Diskussion	266
9.1	Methodenkritik	266
9.1.1	Stichprobe	266
9.1.2	Erhebungsmethode	273
9.1.3	Untersuchungsdurchführung	286
9.2	Ergebnisdiskussion – Blutdruckverteilung und Grenzwertbildung	290
9.2.1	Ruhe- und Belastungsblutdruck	290
9.2.2	Vergleich der Blutdruckwerte mit der KiGGS-Studie	295
9.2.3	Perzentilen und Grenzwertbildung	298
9.2.4	Beurteilung der Blutdruckkollektive	303
9.3	Ergebnisdiskussion – Zusammenhänge mit kardiovaskulären Risikofaktoren	305
9.3.1	Ruhe- und Belastungsblutdruck	305
9.3.2	Blutdruck, BMI und Taillenumfang	306
9.3.3	Blutdruck und Fitness	313
9.3.4	Blutdruck und Aktivität	316
9.3.5	Blutdruck, Rauchen und Alkohol	324
9.3.6	Blutdruck und familiäre Faktoren	328
9.3.7	Risikofaktoren-Cluster	338
9.4	Ergebnisdiskussion – Belastungsblutdruck: Einflussfaktoren und Modellbildung	340
9.5	Fazit und Ausblick	345
10	Zusammenfassung	348
11	Literaturverzeichnis	356
Anhang	414

Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1.</i> Systolischer (sBD) und diastolischer (dBD) Blutdruck (mmHg) sowie Herzfrequenz (S/min) in Ruhe im Altersgang ($n=531$). Dargestellt sind Mittelwerte.	155
<i>Abbildung 2.</i> Systolischer (sBD) und diastolischer (dBD) unter Belastung (mmHg) jeweils zum Ende der dreiminütigen Belastungsstufen von 1,0-3,5 Watt/kg Körpergewicht ($M \pm SD$).	158
<i>Abbildung 3.</i> Systolischer (sBD) und diastolischer (dBD) Blutdruck (mmHg) sowie Herzfrequenz (HF, Schläge pro Minute) bei einer Belastung von 1,5 Watt/kg Körpergewicht im Altersgang ($n=492$). Dargestellt sind Mittelwerte.	159
<i>Abbildung 4.</i> Systolischer Blutdruck (mmHg) in Ruhe (sBD-Ruhe) und unter Belastung (sBD-Belastung) bei Jungen und Mädchen im Altersgang. Dargestellt sind $M \pm SD$. *** $p < 0,001$ für signifikante Geschlechtsunterschiede.	162
<i>Abbildung 5.</i> Systolischer Blutdruck (mmHg) in Ruhe (sBD-Ruhe) und unter Belastung (sBD-Belastung) in den Altersgruppen 12-13, 14-15, 16-17 Jahre. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$ für signifikante Unterschiede zwischen den Altersgruppen.	164
<i>Abbildung 6.</i> Prozentuale Verteilung normaler, hoch normaler und erhöhter Blutdruckwerte in Ruhe ($n=531$) nach Einordnung in die KiGGS-Perzentilen (Neuhauser et al., 2011).	166
<i>Abbildung 7.</i> Prozentuale Häufigkeiten von hoch normalen und erhöhten Blutdruckwerten in Ruhe (nach KiGGS) getrennt nach Alter.	166
<i>Abbildung 8.</i> Prozentuale Häufigkeiten von hoch normalen und erhöhten Blutdruckwerten in Ruhe (nach KiGGS) in den drei Altersgruppen.	167
<i>Abbildung 9.</i> Prozentuale Verteilung normaler, hoch normaler und erhöhter Blutdruckwerte in Ruhe (nach KiGGS) bei Jungen ($n=271$) und Mädchen ($n=260$).	167
<i>Abbildung 10.</i> Prozentuale Häufigkeiten von hoch normalen und erhöhten Blutdruckwerten in Ruhe (nach KiGGS) bei Jungen ($n=271$) und Mädchen ($n=260$) in den drei Altersgruppen.	168
<i>Abbildung 11.</i> Prozentuale Verteilung normaler, hoch normaler und erhöhter Blutdruckwerte unter Belastung in der Gesamtgruppe ($n=492$; nach Tabelle 14) ..	171
<i>Abbildung 12.</i> Prozentuale Häufigkeiten von hoch normalen und erhöhten Blutdruckwerten bei Belastung in den drei Altersgruppen.	172
<i>Abbildung 13.</i> Prozentuale Verteilung normaler, hoch normaler und erhöhter Blutdruckwerte unter Belastung bei Jungen ($n=252$) und Mädchen ($n=240$).	173
<i>Abbildung 14.</i> Prozentuale Häufigkeiten von hoch normalen und erhöhten Blutdruckwerten unter Belastung bei Jungen ($n=252$) und Mädchen ($n=240$) in den drei Altersgruppen.	173
<i>Abbildung 15.</i> BMI (kg/m^2), Taillenumfang (cm) und BMI-Perzentile im Altersgang (Mittelwerte).	179

<i>Abbildung 16.</i> Klassifikation des BMI in der Gesamtgruppe ($n=531$) und den Geschlechtergruppen (%).	180
<i>Abbildung 17.</i> Klassifikation des Taillenumfangs in der Gesamtgruppe ($n=529$) und den Geschlechtergruppen (%).	181
<i>Abbildung 18.</i> BMI (kg/m^2), BMI-Perzentile (dargestellt als Linie) und Taillenumfang (cm) bei Jungen und Mädchen im Altersgang. Dargestellt sind $M \pm SD$. * $p < 0,05$ für signifikante Geschlechtsunterschiede.	183
<i>Abbildung 19.</i> Absolute ($\text{PWC170}_{\text{abs}}$) Leistung (Watt) und relative ($\text{PWC170}_{\text{rel}}$) Leistung (Watt/kg Körpergewicht) im Altersgang (Mittelwerte).	186
<i>Abbildung 20.</i> Klassifikation der Fitness ($\text{PWC170}_{\text{rel}}$) in der Gesamtgruppe ($n=489$) und den Geschlechtergruppen (%).	188
<i>Abbildung 21.</i> Absolute ($\text{PWC170}_{\text{abs}}$) Leistungsfähigkeit (Watt) und relative ($\text{PWC170}_{\text{rel}}$) Leistungsfähigkeit (Watt/kg Körpergewicht) bei Jungen und Mädchen im Altersgang. Dargestellt sind $M \pm SD$. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$ für signifikante Geschlechtsunterschiede.	190
<i>Abbildung 22.</i> Erreichen der Aktivitätsempfehlung in der Gesamtgruppe ($n=150$) und den Geschlechtergruppen im Altersgang (%).	193
<i>Abbildung 23.</i> Aktive Schulweggestaltung in der Gesamtgruppe ($n=328$) und den Geschlechtergruppen im Altersgang (%).	194
<i>Abbildung 24.</i> Bildschirmzeit (Stunden/Tag) in der Gesamtgruppe ($n=493$) und den Geschlechtergruppen im Altersgang. Dargestellt sind $M \pm SD$. ** $p < 0,01$ für signifikante Geschlechtsunterschiede.	196
<i>Abbildung 25.</i> Sportliche Inaktivität in der Gesamtgruppe ($n=39$) und den Geschlechtergruppen im Altersgang (%).	198
<i>Abbildung 26.</i> Vereins- und Freizeitaktivität in der Gesamtgruppe ($n=531$ bzw. $n=527$) und den Geschlechtergruppen im Altersgang. * $p < 0,05$ für signifikante Geschlechtsunterschiede.	200
<i>Abbildung 27.</i> Aktivität in Schule, Freizeit und Verein sowie Gesamtaktivität (Minuten/Woche) im Altersgang (Mittelwerte).	203
<i>Abbildung 28.</i> Gesamtaktivität (Minuten/Woche) bei Jungen und Mädchen im Altersgang. Dargestellt sind $M \pm SD$. * $p < 0,05$ für signifikante Geschlechtsunterschiede.	204
<i>Abbildung 29.</i> Raucher in der Gesamtgruppe ($n=528$) und den Geschlechtergruppen im Altersgang (%).	205
<i>Abbildung 30.</i> Alkoholabstinenz in der Gesamtgruppe ($n=527$) und den Geschlechtergruppen im Altersgang (%).	207
<i>Abbildung 31.</i> Regelmäßiger Alkoholkonsum in der Gesamtgruppe ($n=527$) und den Geschlechtergruppen im Altersgang (%).	208
<i>Abbildung 32.</i> Klassifikation des BMI (WHO, 2000) bei Müttern ($n=375$) und Vätern ($n=320$) auf Basis von Selbstangaben zu Größe und Gewicht (%).	210
<i>Abbildung 33.</i> Sozialstatus (niedrig/hoch) in den Familien ($n=380$) und Geschlechtergruppen (%).	211

<i>Abbildung 34.</i> Rauchstatus in den Familien ($n=389$): Nichtraucher, nur ein Elternteil Raucher, beide Elternteile Raucher (%).	213
<i>Abbildung 35.</i> Prävalenz familiärer Erkrankungen bei leiblichen Eltern und Großeltern (%).	215
<i>Abbildung 36.</i> Prävalenz familiärer Erkrankungen bei mindestens einem Familienmitglied (%).	216
<i>Abbildung 37.</i> Streudiagramm einschließlich Regressionsgerade für den Zusammenhang zwischen dem systolischen Blutdruck in Ruhe (sBD-Ruhe) und bei Belastung (sBD-Belastung).	218
<i>Abbildung 38.</i> Systolischer Blutdruck (sBD) in Ruhe und unter Belastung (mmHg) bei normalgewichtigen (≥ 10 .-90. P., $n=399$) und übergewichtigen (≥ 90 . P., $n=64$) Probanden. $M \pm SD$ adjustiert für Alter, Geschlecht, Größe und relative Fitness. *** $p < 0,001$ für signifikante Unterschiede.	219
<i>Abbildung 39.</i> Systolischer Blutdruck (sBD) in Ruhe und unter Belastung (mmHg) bei Probanden mit Bauchumfängen < 90 . Perzentile ($n=57$) und ≥ 90 . Perzentile ($n=430$). $M \pm SD$ adjustiert für Alter, Geschlecht, Größe und relative Fitness. ** $p < 0,01$ für signifikante Unterschiede.....	221
<i>Abbildung 40.</i> Systolischer Blutdruck (sBD) in Ruhe und unter Belastung (mmHg) bei Probanden mit sehr geringer ($n=150$), geringer ($n=184$), durchschnittlicher ($n=117$) und guter ($n=38$) Fitness. $M \pm SD$ adjustiert für Alter, Geschlecht, Größe und BMI-Perzentile. * $p < 0,05$ für signifikante Unterschiede.	223
<i>Abbildung 41.</i> Systolischer Blutdruck (sBD) in Ruhe und unter Belastung (mmHg) bei Verfehlen (< 5 Tage pro Woche, $n=348$) bzw. Erreichen (≥ 5 Tage pro Woche, $n=141$) der Aktivitätsempfehlung. $M \pm SD$ adjustiert für Alter, Geschlecht, Größe, BMI-Perzentile und relative Fitness. * $p < 0,05$ für signifikante Unterschiede.....	225
<i>Abbildung 42.</i> Systolischer Blutdruck (sBD) in Ruhe und unter Belastung (mmHg) bei Probanden mit einer täglichen Bildschirmzeit ≤ 2 Stunden ($n=223$) bzw. mehr als 2 Stunden ($n=229$). $M \pm SD$ adjustiert für Alter, Geschlecht, Größe, BMI-Perzentile und relative Fitness. * $p < 0,05$, für signifikante Unterschiede.....	226
<i>Abbildung 43.</i> Systolischer Blutdruck (sBD) in Ruhe und unter Belastung (mmHg) bei Probanden mit normalgewichtigen ($n=148$) und übergewichtigen Eltern ($n=67$). $M \pm SD$ adjustiert für Alter, Geschlecht, Größe, BMI-Perzentile, relative Fitness. * $p < 0,05$ für signifikante Unterschiede.	232
<i>Abbildung 44.</i> Systolischer Blutdruck (sBD) in Ruhe und unter Belastung (mmHg) bei Kindern von niedrigem ($n=120$) und hohem sozialen Status ($n=246$). $M \pm SD$ adjustiert für Alter, Geschlecht, Größe, BMI-Perzentile und relative Fitness. ** $p < 0,01$ für signifikante Unterschiede.	233
<i>Abbildung 45.</i> Systolischer Blutdruck (sBD) in Ruhe und unter Belastung (mmHg) bei Kindern aus Raucher-Familien ($n=125$) und Nichtraucher-Familien ($n=249$). Dargestellt sind $M \pm SD$ adjustiert für Alter, Geschlecht, Größe, BMI-Perzentile und relative Fitness. * $p < 0,05$ für signifikante Unterschiede.	235
<i>Abbildung 46.</i> Systolischer Blutdruck (sBD) in Ruhe und unter Belastung (mmHg) von Kindern mit negativer ($n=146$) und positiver ($n=226$) familiärer Anamnese mit Hypertonie. Dargestellt sind $M \pm SD$ adjustiert für Alter, Geschlecht, Größe, BMI-	

Perzentile und relative Fitness. ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$ für signifikante Unterschiede.	238
<i>Abbildung 47.</i> Systolischer Blutdruck (sBD) in Ruhe und unter Belastung (mmHg) von Kindern mit keinem ($n=239$), nur einem ($n=106$) und beiden Elternteilen mit Hypertonie ($n=13$). Dargestellt sind $M \pm SD$ adjustiert für Alter, Geschlecht, Größe, BMI-Perzentile und relative Fitness. ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$ für signifikante Unterschiede.	239
<i>Abbildung 48.</i> Systolischer Blutdruck (sBD) in Ruhe und unter Belastung (mmHg) von Kindern mit inaktiven Eltern ($n=94$) und mindestens einem aktiven Elternteil ($n=279$). Dargestellt sind $M \pm SD$ adjustiert für Alter, Geschlecht, Größe, BMI-Perzentile und relative Fitness. * $p < 0,05$ für signifikante Unterschiede.	242
<i>Abbildung 49.</i> Systolischer Blutdruck (mmHg) in Ruhe (sBD-Ruhe) und unter Belastung (sBD-Belastung) von Kindern mit einem, zwei, drei und vier lebensstilabhängigen Risikofaktoren im Vergleich zu Kindern ohne Risikofaktor. Dargestellt sind $M \pm SD$ adjustiert für Alter, Geschlecht, Größe. ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$ für signifikante Unterschiede, KG=Körpergewicht.	244
<i>Abbildung 50.</i> Systolischer Blutdruck (mmHg) in Ruhe (sBD-Ruhe) und unter Belastung (sBD-Belastung) von Kindern mit einem, zwei, drei und vier familiären Risikofaktoren im Vergleich zu Kindern ohne Risikofaktor. Dargestellt sind $M \pm SD$ adjustiert für Alter, Geschlecht, Größe. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$ für signifikante Unterschiede.	247
<i>Abbildung 51.</i> Signifikante bivariate Korrelationen und <i>partielle, bivariate Korrelationen</i> (Alter, Geschlecht, Größe) zwischen systolischem Ruhe- (sBD-Ruhe) sowie Belastungsblutdruck (sBD-Belastung) und BMI, BMI-Perzentile, Taillenumfang, relativer Fitness, MVPA-Index, Alkoholkonsum. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$ für signifikante Korrelationen, r =Korrelationskoeffizient.	259
<i>Abbildung 52.</i> Modell zur Vorhersage des systolischen Blutdrucks in Ruhe (sBD-Ruhe) und unter Belastung (sBD-Belastung) durch den multiplen Einfluss von Alter, Geschlecht, Größe und lebensstilabhängigen Prädiktoren mit Angabe der Regressionsgewichte und Modellgüte (korr. R^2). * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$ für signifikanten Einfluss des Prädiktors im Modell.	264
<i>Abbildung 53.</i> Modell zur Vorhersage des systolischen Blutdrucks in Ruhe (sBD-Ruhe) und unter Belastung (sBD-Belastung) durch den multiplen Einfluss von Alter, Geschlecht, Größe und familiären Prädiktoren mit Angabe der Regressionsgewichte und Modellgüte (korr. R^2). * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$ für signifikanten Einfluss des Prädiktors im Modell.	264
<i>Abbildung 54.</i> Multiples Modell für den systolischen Ruheblutdruck (sBD-Ruhe) mit Angabe der Regressionsgewichte und Anpassungsgüte (korr. R^2). * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$ für signifikanten Einfluss des Prädiktors im Modell.	265
<i>Abbildung 55.</i> Multiples Modell für den systolischen Belastungsblutdruck (sBD-Belastung) mit Angabe der Regressionsgewichte und Anpassungsgüte (korr. R^2). * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$ für signifikanten Einfluss des Prädiktors im Modell.	265

Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1.</i> Darstellung der abhängigen (AV) und unabhängigen (UV) Variablen sowie der betrachteten Kovariaten	126
<i>Tabelle 2.</i> Altersverteilung der Untersuchungsgruppe ($n=532$) bezogen auf Geschlecht und Schulform. Dargestellt sind absolute (n) und relative (%) Häufigkeiten. ♂=männlich, ♀=weiblich.	128
<i>Tabelle 3.</i> Bewertungsnormen (PWC170) und Zuordnung zu einer Leistungskategorie (modifiziert nach Gassel, 2010, S.33), KG=Körpergewicht.....	136
<i>Tabelle 4.</i> Systolischer und diastolischer Blutdruck (mmHg) bei T1, T2, T3 sowie T _{min} und Herzfrequenz (Schläge pro Minute, S/min) unter Ruhebedingungen in der Gesamtgruppe ($n=531$). Dargestellt sind Mittelwerte (M) \pm Standardabweichung (SD), Minimum (min), Maximum (max). T1=Messzeitpunkt 1, T2=Messzeitpunkt 2, T3=Messzeitpunkt 3, T _{min} =niedrigster Blutdruckwert aller drei Messungen, sBD=systolischer Blutdruck, dBD=diastolischer Blutdruck, RR-Ruhe=Ruheblutdruck, HF=Herzfrequenz.	153
<i>Tabelle 5.</i> Systolischer und diastolischer Blutdruck (mmHg) sowie Herzfrequenz (S/min) in Ruhe bei Jungen (♂) und Mädchen (♀). Dargestellt sind $M \pm SD$, min, max. *** $p < 0,001$ für signifikante Geschlechtsunterschiede. sBD=systolischer Blutdruck, dBD=diastolischer Blutdruck, HF=Herzfrequenz.	154
<i>Tabelle 6.</i> Systolischer und diastolischer Blutdruck (mmHg) sowie Herzfrequenz (S/min) in Ruhe getrennt nach Alter. Dargestellt sind $M \pm SD$. sBD=systolischer Blutdruck, dBD=diastolischer Blutdruck, HF=Herzfrequenz.....	155
<i>Tabelle 7.</i> Systolischer und diastolischer Blutdruck (mmHg) sowie Herzfrequenz (S/min) unter Belastung am Ende einer jeweils drei Minuten andauernden Belastungsstufe in der Gesamtgruppe ($n=492$). Dargestellt sind $M \pm SD$, min, max, sBD=systolischer Blutdruck, dBD=diastolischer Blutdruck, HF=Herzfrequenz, KG=Körpergewicht.	157
<i>Tabelle 8.</i> Systolischer und diastolischer Blutdruck (mmHg) sowie Herzfrequenz (S/min) bei einer Belastung von 1,5 Watt/kg Körpergewicht bei Jungen und Mädchen. Dargestellt sind $M \pm SD$, min, max. *** $p < 0,001$ für signifikante Geschlechtsunterschiede. n.s.=nicht signifikant, sBD=systolischer Blutdruck, dBD=diastolischer Blutdruck, HF=Herzfrequenz.	158
<i>Tabelle 9.</i> Systolischer und diastolischer Blutdruck (mmHg) sowie Herzfrequenz (S/min) bei einer Belastung von 1,5 Watt/kg Körpergewicht getrennt nach Alter. Dargestellt sind $M \pm SD$. sBD=systolischer Blutdruck, dBD=diastolischer Blutdruck, HF=Herzfrequenz.	159
<i>Tabelle 10.</i> Systolischer und diastolischer Blutdruck (mmHg) in Ruhe und bei einer Belastung von 1,5 Watt/kg Körpergewicht getrennt nach Alter und Geschlecht. Dargestellt sind $M \pm SD$. * $p < 0,05$, *** $p < 0,001$ für signifikante Geschlechtsunterschiede. RR-Ruhe=systolischer und diastolischer Ruheblutdruck, RR-Belastung=systolischer und diastolischer Belastungsblutdruck.	161
<i>Tabelle 11.</i> Systolischer (sBD) und diastolischer (dBD) Blutdruck (mmHg) in Ruhe und bei einer Belastung von 1,5 Watt/kg Körpergewicht in den geschlechtsdifferenzierten Altersgruppen 12-13, 14-15 und 16-17 Jahre. Dargestellt sind $M \pm SD$. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$ für signifikante Geschlechtsunterschiede	

in der jeweiligen Altersgruppe. RR-Ruhe=systolischer und diastolischer Ruheblutdruck, RR-Belastung=systolischer und diastolischer Belastungsblutdruck.	163
<i>Tabelle 12.</i> Abgeleitete Blutdruckperzentilen auf Basis der prozentualen Häufigkeiten von hoch normalen und erhöhten systolischen Ruheblutdruckwerten (nach KiGGS) für die Gesamtgruppe ($n=531$) und die drei Altersgruppen.....	168
<i>Tabelle 13.</i> Abgeleitete Blutdruckperzentilen für Jungen ($n=271$) und Mädchen ($n=260$) auf Basis der prozentualen Häufigkeiten von hoch normalen und erhöhten systolischen Ruheblutdruckwerten in den Geschlechter- und jeweiligen Altersgruppen.	169
<i>Tabelle 14.</i> Altersgruppenspezifische Grenzwerte für einen hoch normalen sowie erhöhten systolischen Ruhe- und Belastungsblutdruck (mmHg). sBD-Ruhe=systolischer Ruheblutdruck, sBD-Belastung=systolischer Belastungsblutdruck.	170
<i>Tabelle 15.</i> Altersgruppen- und geschlechtsspezifische Grenzwerte für einen hoch normalen sowie erhöhten systolischen Ruhe- und Belastungsblutdruck (mmHg) in den drei Altersgruppen. sBD-Ruhe=systolischer Ruheblutdruck, sBD-Belastung=systolischer Belastungsblutdruck.....	170
<i>Tabelle 16.</i> Absolute (n) und relative (%) Anteile der normotensiven, hoch normalen und hypertensiven Probanden bei Belastung an den normotensiven, hoch normalen und hypertensiven Probanden unter Ruhebedingungen in der Gesamtgruppe ($n=492$) (altersgruppenspezifische Grenzwerte nach Tabelle 14).....	174
<i>Tabelle 17.</i> Absolute (n) und relative (%) Anteile der normotensiven, hoch normalen und hypertensiven Blutdruckwerte bei Jungen ($n=252$) und Mädchen ($n=240$) unter Belastung an den normotensiven, hoch normalen und hypertensiven Blutdruckwerten bei Jungen und Mädchen in Ruhe (nach Tabelle 15).	175
<i>Tabelle 18.</i> Zusammengefasste absolute (n) und relative (%) Anteile der in Tabelle 17 abgebildeten geschlechtsspezifischen Verteilung in Relation zur Gesamtgruppe ($n=492$).	176
<i>Tabelle 19.</i> Alter (Jahre), Körpergröße (cm), Körpergewicht (kg), BMI (kg/m^2), BMI-Perzentile und Taillenumfang (cm) in der Gesamtgruppe ($n=532$) und den Geschlechtergruppen. Dargestellt sind $M \pm SD$, min, max. *** $p < 0,001$ für signifikante Geschlechtsunterschiede. n.s.=nicht signifikant.	177
<i>Tabelle 20.</i> Anthropometrische Daten getrennt nach Alter. Dargestellt sind $M \pm SD$. J=Jahre, KG=Körpergewicht, BMI-P.=BMI-Perzentile, TU=Taillenumfang.....	178
<i>Tabelle 21.</i> Klassifikation des BMI in der Gesamtgruppe ($n=531$) und den Geschlechtergruppen. Dargestellt sind absolute (n) und relative (%) Anteile. n.s.=nicht signifikant.	180
<i>Tabelle 22.</i> Klassifikation des Taillenumfangs in der Gesamtgruppe ($n=529$) und den Geschlechtergruppen. Dargestellt sind absolute (n) und relative (%) Anteile. n.s.=nicht signifikant.	181
<i>Tabelle 23.</i> BMI (kg/m^2), BMI-Perzentile und Taillenumfang (cm) getrennt nach Alter und Geschlecht. Dargestellt sind $M \pm SD$. * $p < 0,05$ für signifikante Geschlechtsunterschiede. J=Jahre, BMI-P.=BMI-Perzentile, TU=Taillenumfang. .	182

<i>Tabelle 24.</i> Absolute Leistung (Watt) sowie Herzfrequenz (S/min) am Ende der Belastungsstufen in der Gesamtgruppe ($n=492$). Dargestellt sind $M \pm SD$, min, max. HF=Herzfrequenz, KG=Körpergewicht.	185
<i>Tabelle 25.</i> Absolute (Watt) und relative (Watt/kg Körpergewicht) Leistungsfähigkeit in der Gesamtgruppe ($n=489$) und den Geschlechtergruppen. Dargestellt sind $M \pm SD$, min, max. *** $p<0,001$ für signifikante Geschlechtsunterschiede, KG=Körpergewicht, PWC170 _{abs} =absolute Leistung in Watt, PWC170 _{rel} =relative Leistung in Watt/kg Körpergewicht.	185
<i>Tabelle 26.</i> Absolute (Watt) und relative (Watt/kg Körpergewicht) Leistung getrennt nach Alter. Dargestellt sind $M \pm SD$. KG=Körpergewicht, PWC170 _{abs} =absolute Leistung in Watt, PWC170 _{rel} =relative Leistung in Watt/kg Körpergewicht.	186
<i>Tabelle 27.</i> Klassifikation der relativen Ausdauerleistungsfähigkeit (PWC170 _{rel}) in der Gesamtgruppe ($n=489$) und den Geschlechtergruppen. Dargestellt sind absolute (n) und relative (%) Anteile. KG=Körpergewicht, PWC170 _{rel} =relative Leistung in Watt/kg Körpergewicht. n.s.=nicht signifikant.	187
<i>Tabelle 28.</i> Absolute (Watt) und relative (Watt/kg Körpergewicht) Leistungsfähigkeit getrennt nach Alter und Geschlecht. Dargestellt sind $M \pm SD$. * $p<0,05$, *** $p<0,001$ für signifikante Geschlechtsunterschiede. J=Jahre, KG=Körpergewicht, PWC170 _{abs} =absolute Leistung in Watt, PWC170 _{rel} =relative Leistung in Watt/kg Körpergewicht.....	189
<i>Tabelle 29.</i> Absolute (n) und relative (%) Anteile an körperlich-sportlich aktiven Probanden in der Gesamtgruppe ($n=531$) und den Geschlechtergruppen. * $p<0,05$ für signifikante Geschlechtsunterschiede. MVPA-Index=Moderate-to-Vigorous Physical Activity.	192
<i>Tabelle 30.</i> Absolute (n) und relative (%) Anteile an Probanden mit aktiver und passiver Schulweggestaltung in der Gesamtgruppe ($n=531$) und den Geschlechtergruppen. n.s.=nicht signifikant.	193
<i>Tabelle 31.</i> Bildschirmzeit (Stunden/Tag) in der Gesamtgruppe ($n=493$) und den Geschlechtergruppen. Dargestellt sind $M \pm SD$, min, max. *** $p<0,001$ für signifikante Geschlechtsunterschiede.	195
<i>Tabelle 32.</i> Bildschirmzeit (Stunden pro Tag) in der Gesamtgruppe ($n=493$) und den Geschlechtergruppen getrennt nach Alter. Dargestellt sind $M \pm SD$. ** $p<0,01$ für signifikante Geschlechtsunterschiede.	195
<i>Tabelle 33.</i> Absolute (n) und relative (%) Anteile sportlich aktiver und inaktiver Probanden in der Gesamtgruppe ($n=530$) und den Geschlechtergruppen. n.s.=nicht signifikant.....	197
<i>Tabelle 34.</i> Absolute (n) und relative (%) Anteile aktiver und inaktiver Probanden in Verein und Freizeit in der Gesamtgruppe ($n=531$) und den Geschlechtergruppen.** $p<0,01$ für signifikante Geschlechtsunterschiede. n.s.=nicht signifikant.....	198
<i>Tabelle 35.</i> Schulsport-, Freizeitsport-, Vereinssport- und Gesamtaktivität (Minuten/Woche), in der Gesamtgruppe und den Geschlechtergruppen. Dargestellt sind $M \pm SD$, min, max. * $p<0,05$, ** $p<0,01$ und *** $p<0,001$ für signifikante Geschlechtsunterschiede.	202

<i>Tabelle 36.</i> Gesamtaktivität (Minuten/Woche) in der Gesamtgruppe ($n=531$) und den Geschlechtergruppen getrennt nach Alter. Dargestellt sind $M \pm SD$. * $p < 0,05$ für signifikante Geschlechtsunterschiede in den Altersstufen.	203
<i>Tabelle 37.</i> Absolute (n) und relative (%) Anteile an Rauchern und Nichtrauchern in der Gesamtgruppe ($n=528$) und den Geschlechtergruppen. * $p < 0,05$ für signifikante Geschlechtsunterschiede.	204
<i>Tabelle 38.</i> Absolute (n) und relative (%) Anteile an alkoholkonsumierenden Probanden in der Gesamtgruppe ($n=527$) und den Geschlechtergruppen. n.s.=nicht signifikant.....	206
<i>Tabelle 39.</i> Alter (Jahre), Körpergröße (cm), Körpergewicht (kg) und BMI (kg/m^2) bei den (leiblichen) Müttern und Vätern. Dargestellt sind $M \pm SD$, min, max. *** $p < 0,001$ für signifikante Unterschiede zwischen Müttern und Vätern.	209
<i>Tabelle 40.</i> Absolute (n) und relative (%) Anteile unterschiedlicher Schulabschlüsse bei Müttern ($n=378$) und Vätern ($n=349$) sowie der in den Familien ($n=380$) vorliegende höchste Schulabschluss. n.s.=nicht signifikant.	211
<i>Tabelle 41.</i> Absolute (n) und relative (%) Anteile an Rauchern und Nichtrauchern in den Familien ($n=389$) sowie bei Müttern ($n=389$) und Vätern ($n=359$). n.s.=nicht signifikant.....	212
<i>Tabelle 42.</i> Absolute (n) und relative (%) Anteile an alkoholkonsumierenden Müttern ($n=385$) und Vätern ($n=350$). *** $p < 0,001$ für signifikante Unterschiede zwischen Müttern und Vätern.	213
<i>Tabelle 43.</i> Sportliche Aktivität (Stunden pro Woche) bei Müttern ($n=386$) und Vätern ($n=357$). Dargestellt sind $M \pm SD$, min, max. n.s.=nicht signifikant.	216
<i>Tabelle 44.</i> ANCOVA – Systolischer Blutdruck (mmHg) in Ruhe (sBD-Ruhe) und unter Belastung (sBD-Belastung) bei Normalgewichtigen (≥ 10 .-90. P.) und Übergewichtigen (≥ 90 . P.) unter Berücksichtigung verschiedener Kovariaten. $p < 0,05$ für signifikante Gruppenunterschiede.	219
<i>Tabelle 45.</i> ANCOVA – Systolischer Blutdruck (mmHg) in Ruhe (sBD-Ruhe) und unter Belastung (sBD-Belastung) bei Bauchumfängen unterhalb und oberhalb der 90. Perzentile unter Berücksichtigung verschiedener Kovariaten. $p < 0,05$ für signifikante Gruppenunterschiede.	221
<i>Tabelle 46.</i> ANCOVA – Systolischer Blutdruck (mmHg) in Ruhe (sBD-Ruhe) und unter Belastung (sBD-Belastung) bei unterschiedlichem Fitnessniveau unter Berücksichtigung verschiedener Kovariaten. $p < 0,05$ für signifikante Gruppenunterschiede.	223
<i>Tabelle 47.</i> ANCOVA – Systolischer Blutdruck (mmHg) in Ruhe (sBD-Ruhe) und unter Belastung (sBD-Belastung) bei Erreichen (≥ 5 Tage pro Woche) bzw. Verfehlen (< 5 Tage pro Woche) der Aktivitätsempfehlung unter Berücksichtigung verschiedener Kovariaten. $p < 0,05$ für signifikante Gruppenunterschiede. MVPA-Index=Moderate-to-Vigorous Physical Activity.	224
<i>Tabelle 48.</i> ANCOVA – Systolischer Blutdruck (mmHg) in Ruhe (sBD-Ruhe) und unter Belastung (sBD-Belastung) bei Erreichen ($\leq 2\text{h/Tag}$) bzw. Verfehlen ($> 2\text{h/Tag}$) der Empfehlungen zur täglichen Bildschirmzeit unter Berücksichtigung verschiedener Kovariaten. $p < 0,05$ für signifikante Gruppenunterschiede.	226

<i>Tabelle 49.</i> ANCOVA – Systolischer Blutdruck (mmHg) in Ruhe (sBD-Ruhe) und unter Belastung (sBD-Belastung) bei unterschiedlichem Aktivitätsstatus unter Berücksichtigung verschiedener Kovariaten. $p < 0,05$ für signifikante Gruppenunterschiede.	228
<i>Tabelle 50.</i> ANCOVA – Systolischer Blutdruck (mmHg) in Ruhe (sBD-Ruhe) und unter Belastung (sBD-Belastung) bei Rauchern und Nichtrauchern unter Berücksichtigung verschiedener Kovariaten. $p < 0,05$ für signifikante Gruppenunterschiede.	229
<i>Tabelle 51.</i> ANCOVA – Systolischer Blutdruck (mmHg) in Ruhe (sBD-Ruhe) und unter Belastung (sBD-Belastung) bei alkoholkonsumierenden und alkoholabstinenten Probanden unter Berücksichtigung verschiedener Kovariaten. $p < 0,05$ für signifikante Gruppenunterschiede.	230
<i>Tabelle 52.</i> ANCOVA – Systolischer Blutdruck (mmHg) in Ruhe (sBD-Ruhe) und unter Belastung (sBD-Belastung) bei Kindern von normalgewichtigen und übergewichtigen Eltern unter Berücksichtigung verschiedener Kovariaten. $p < 0,05$ für signifikante Gruppenunterschiede.	231
<i>Tabelle 53.</i> ANCOVA – Systolischer Blutdruck (mmHg) in Ruhe (sBD-Ruhe) und unter Belastung (sBD-Belastung) bei Kindern mit niedrigem und hohem Sozialstatus unter Berücksichtigung verschiedener Kovariaten. $p < 0,05$ für signifikante Gruppenunterschiede.	233
<i>Tabelle 54.</i> ANCOVA – Systolischer Blutdruck (mmHg) in Ruhe (sBD-Ruhe) und unter Belastung (sBD-Belastung) bei Kindern mit und ohne Exposition durch Passivrauch unter Berücksichtigung verschiedener Kovariaten. $p < 0,05$ für signifikante Gruppenunterschiede.	234
<i>Tabelle 55.</i> ANCOVA – Systolischer Blutdruck (mmHg) in Ruhe (sBD-Ruhe) und unter Belastung (sBD-Belastung) bei Kindern von Müttern bzw. Vätern mit unregelmäßigem (nie bis 2-3x im Monat) und regelmäßigem (1x pro Woche bis täglich) Alkoholkonsum unter Berücksichtigung verschiedener Kovariaten. $p < 0,05$ für signifikante Gruppenunterschiede.	236
<i>Tabelle 56.</i> ANCOVA – Systolischer Blutdruck (mmHg) in Ruhe (sBD-Ruhe) und unter Belastung (sBD-Belastung) bei Kindern mit positiver und negativer Anamnese für Übergewicht und Hypertonie (mind. ein Familienmitglied) unter Berücksichtigung verschiedener Kovariaten. $p < 0,05$ für signifikante Gruppenunterschiede.	237
<i>Tabelle 57.</i> ANCOVA – Systolischer Blutdruck (mmHg) in Ruhe (sBD-Ruhe) und unter Belastung (sBD-Belastung) bei Kindern normotensiver und hypertensiver Eltern unter Berücksichtigung verschiedener Kovariaten. $p < 0,05$ für signifikante Gruppenunterschiede.	240
<i>Tabelle 58.</i> ANCOVA – Systolischer Blutdruck (mmHg) in Ruhe (sBD-Ruhe) und unter Belastung (sBD-Belastung) von Kindern mit inaktiven Eltern und mindestens einem aktiven Elternteil unter Berücksichtigung verschiedener Kovariaten. $p < 0,05$ für signifikante Gruppenunterschiede.	241
<i>Tabelle 59.</i> ANCOVA – Systolischer Blutdruck (mmHg) in Ruhe (sBD-Ruhe) und unter Belastung (sBD-Belastung) von Kindern ohne Risikofaktor und mit jeweils einem, zwei, drei und vier der lebensstilabhängigen Risikofaktoren Übergewicht (≥ 90 . Perzentile), erhöhter Taillenumfang (≥ 90 . Perzentile), hohe Bildschirmzeit ($> 2h/Tag$) und geringes Fitnessniveau (männlich: $< 2,5$ Watt/kg Körpergewicht,	

weiblich: < 2,0 Watt/kg Körpergewicht) unter Berücksichtigung von Alter, Geschlecht und Größe. $p < 0,05$ für signifikante Gruppenunterschiede, RF=Risikofaktor. 243

Tabelle 60. ANCOVA – Systolischer Blutdruck (mmHg) in Ruhe (sBD-Ruhe) und unter Belastung (sBD-Belastung) von Kindern ohne Risikofaktor und mit jeweils einem, zwei, drei und vier der familiären Risikofaktoren elterliches Übergewicht (bei mind. einem Elternteil), familiäre Hypertonie (ja/nein), Rauchen (ja/nein) und Sozialstatus (niedrig/hoch) unter Berücksichtigung verschiedener Kovariaten. $p < 0,05$ für signifikante Gruppenunterschiede, RF=Risikofaktor..... 246

Tabelle 61. Bivariate und partielle, bivariate (Alter, Geschlecht, Größe) Korrelationen zwischen systolischem Blutdruck in Ruhe (sBD-Ruhe) bzw. unter Belastung (sBD-Belastung) und BMI, BMI-Perzentile, Taillenumfang, relative Fitness, Fitnessniveau, MVPA-Index, Gesamtaktivität, Rauchen und Alkoholkonsum. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$ für signifikante Korrelationen, r_{xy} =bivariater Korrelationskoeffizient, $r_{xy,z1,z2,z3}$ =partieller, bivariater Korrelationskoeffizient..... 248

Tabelle 62. Blutdruckunterschiede (mmHg) in Ruhe (sBD-Ruhe) und unter Belastung (sBD-Belastung) bei Vorliegen lebensstilassoziierter und familiärer Risikofaktoren im Vergleich zu Probanden ohne entsprechende Risikofaktoren (adjustiert für Alter, Geschlecht, Größe, BMI-Perzentile, relative Fitness). $p < 0,05$ für signifikante Gruppenunterschiede. RF=Risikofaktoren, %=Prävalenz nach Adjustierung verschiedener Kovariaten, MD=Mittlere Differenz, 95% KI=95%-Konfidenzintervall. 249

Tabelle 63. Multiple lineare Regressionsanalyse lebensstilassoziierter (Modell 1a, $n=452$) und familiärer Prädiktoren (Modell 1b, $n=373$) im Hinblick auf den systolischen Ruheblutdruck (sBD-Ruhe). b =nichtstandardisierter Regressionskoeffizient, SE =Standardfehler, β =standardisierter Beta-Koeffizient, $Korr.R^2$ =Korrigiertes R^2 , p =Signifikanz. 251

Tabelle 64. Multiple lineare Regressionsanalyse lebensstilassoziierter (Modell 1a, $n=452$) und familiärer Prädiktoren (Modell 1b, $n=361$) im Hinblick auf den systolischen Belastungsblutdruck (sBD-Belastung). b =nichtstandardisierter Regressionskoeffizient, SE =Standardfehler, β =standardisierter Beta-Koeffizient, R^2 =Determinationskoeffizient, $Korr.R^2$ =Korrigiertes R^2 , p =Signifikanz..... 252

Tabelle 65. Multiple lineare Regressionsanalyse (Modell 2, $n=329$) im Hinblick auf den systolischen Blutdruck in Ruhe (sBD-Ruhe) und bei Belastung (sBD-Belastung). b =nichtstandardisierter Regressionskoeffizient, SE =Standardfehler, β =standardisierter Beta-Koeffizient, R^2 =Determinationskoeffizient, $Korr.R^2$ =Korrigiertes R^2 , p =Signifikanz. 254

Tabelle 66. Schrittweise multiple Regressionsanalyse (Modell 3, $n=328$) im Hinblick auf den systolischen Blutdruck in Ruhe (sBD-Ruhe) und bei Belastung (sBD-Belastung). b =nichtstandardisierter Regressionskoeffizient, SE =Standardfehler, β =standardisierter Beta-Koeffizient, R^2 =Determinationskoeffizient, $Korr.R^2$ =Korrigiertes R^2 , p =Signifikanz. 256

Tabelle 67. Die Kieler Kinder EX.PRESS. Studie: Ermittelte Perzentilen und abgeleitete Grenzwerte für den systolischen Blutdruck in Ruhe (sBD-Ruhe) und unter Belastung (sBD-Belastung) entsprechend dem Blutdruckniveau bei der 90. und 95. KiGGS-Referenzperzentile. Altersgruppendifferenziertere Darstellung für die Gesamtgruppe sowie für Jungen und Mädchen. 258

<i>Tabelle 68.</i> Vergleich der mittleren Blutdruckdifferenzen (mmHg) in Ruhe (sBD-Ruhe) und unter Belastung (sBD-Belastung) bei Vorliegen ausgewählter lebensstilassoziierter Risikofaktoren nach Adjustierung verschiedener Kovariaten. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$ für signifikante Gruppenunterschiede. n.s.=nicht signifikant, KG=Körpergewicht.	261
<i>Tabelle 69.</i> Vergleich der mittleren Blutdruckdifferenzen (mmHg) in Ruhe (sBD-Ruhe) und unter Belastung (sBD-Belastung) bei Vorliegen ausgewählter familiärer Risikofaktoren nach Adjustierung verschiedener Kovariaten. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$ für signifikante Gruppenunterschiede. n.s.=nicht signifikant.....	262
<i>Tabelle 70.</i> Interkorrelationsmatrix (Pearson, punkt-biserial, Spearman und Vierfelder)	414

Abkürzungsverzeichnis

AGA	Arbeitsgemeinschaft Adipositas im Kindes- und Jugendalter
ANCOVA	Kovarianzanalyse
AV	abhängige Variable
BGS98	Bundesgesundheitsurvey 1998
BMI	Body-Mass-Index
BZgA	Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung
cm	Zentimeter
d	Effektgröße
dBD	diastolischer Blutdruck
dBD-Ruhe	diastolischer Ruheblutdruck
dBD-Belastung	diastolischer Belastungsblutdruck
DGES	Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland
DGSP	Deutsche Gesellschaft für Sportmedizin und Prävention e.V.
DHL	Deutsche Hochdruckliga e.V. DHL [®] - Deutsche Gesellschaft für Hypertonie und Prävention
HBSC	The Health Behaviors In School-age Children
HF	Herzfrequenz
kg	Kilogramm
KG	Körpergewicht
KHK	Koronare Herzkrankheit
KiGGS	Kinder-und Jugendgesundheitsurvey
KOPS	Kieler Obesity Prevention Study
LVH	Linksventrikuläre Hypertrophie
M	Mittelwert
max	Maximum
min	Minimum
mmHg	Millimeter Quecksilbersäule
MoMo	Motorik-Modul
MVPA	Moderate-to-Vigorous Physical Activity
n	Probandenzahl
NHANES	National Health and Nutrition Examination Survey

NHBPEP	National High Blood Pressure Education Program
n.s.	nicht signifikant
OR	Odds Ratio
p	Irrtumswahrscheinlichkeit
pAVK	periphere Arterielle Verschlusskrankheit
PWC170	Physical Working Capacity 170
r	Korrelationskoeffizient
RAAS	Renin-Angiotensin-Aldosteron-System
sBD	systolischer Blutdruck
sBD-Ruhe	systolischer Ruheblutdruck
sBD-Belastung	systolischer Belastungsblutdruck
SD	Standardabweichung
SDS	Standard Deviation Score
UV	unabhängige Variable
VO _{2max}	maximale Sauerstoffaufnahme
WHO	World Health Organization
WIAD	Wissenschaftliches Institut der Ärzte Deutschlands
WtHR	Waist-to-Height Ratio
α	Signifikanzniveau
♂	männlich
♀	weiblich
η^2	(partielles) Eta-Quadrat
Δ	delta

1 Einleitung

In den Industrieländern führen Lebensstilfaktoren wie Bewegungsarmut, mangelnde Fitness und Übergewicht schon im Kindes- und Jugendalter zu einer Häufung von kardiovaskulären Risikofaktoren. Unter diesen ist die arterielle Hypertonie der wichtigste Risikofaktor für kardiovaskuläre Morbidität und Mortalität in Deutschland und der Welt. Die durch chronisch erhöhten Blutdruck auftretenden arteriosklerotischen Schäden am Gefäßsystem liegen den meisten kardio- und zerebrovaskulären Erkrankungen zugrunde. Die hohe Krankheitsrelevanz eines Bluthochdrucks resultiert aus den in erster Linie druckbelasteten inneren Endorganen wie Niere, Gehirn und Herz.

Seit vielen Jahren gehört die Blutdruckmessung zur Standarddiagnostik bei Erwachsenen. Die Betrachtung des Blutdrucks im Kindes- und Jugendalter war lange Zeit nicht von Interesse – und das obwohl sich schon frühzeitig Hinweise auf einen Zusammenhang zwischen dem Blutdruck im Kindes- und Erwachsenenalter ergaben. Auch heute gilt die arterielle Hypertonie noch immer als eine typische Erkrankung des Erwachsenen – diese Tatsache lässt sich nicht zuletzt auf zwei wesentliche Aspekte zurückführen: Zum einen verläuft ein erhöhter Blutdruck oftmals asymptomatisch, sodass charakteristische Begleit- und Folgeerkrankungen häufig erst lange Zeit später in Erscheinung treten und erkannt werden. Zum anderen werden routinemäßige Blutdruckmessungen bei Heranwachsenden, welche einer primären Prävention dienlich wären, noch immer zu selten durchgeführt. Diagnostische Schwierigkeiten, unzureichende Beurteilungsmöglichkeiten und ein fehlendes Bewusstsein stehen einer gleichen Wertschätzung des Blutdrucks von Erwachsenen sowie Kindern und Jugendlichen im Wege. Empfehlungen zur Diagnostik und Therapie wie sie für Erwachsene existieren, sind für Kinder und Jugendliche längst nicht etabliert. Die inzwischen für den bundesweiten Raum bestehende Leitlinie basiert zwar auf einem international geltenden Konsens, wird aber von der Zielgruppe bislang praktisch kaum wahrgenommen.

Inzwischen ist bekannt, dass die Entwicklung einer arteriellen Hypertonie in einem langfristigen Prozess schon im Kindesalter ihre Wurzeln findet. Die Mehrheit der hypertensiven Kinder wird auch im Erwachsenenalter unter Bluthochdruck leiden. Spätestens seit der Bogalusa Heart Study ist davon auszugehen, dass erhöhte Blutdruckwerte keineswegs nur typische Erscheinungen fortgeschrittenen Alters sind.

Vielmehr erkranken Kinder und Jugendliche heute gleichermaßen an einer arteriellen Hypertonie. Als Folge lassen sich schon frühzeitig erste Anzeichen für arteriosklerotische Veränderungen diagnostizieren, welche unbehandelt zu einem manifesten Bluthochdruck führen sowie Organschäden im Erwachsenenalter begünstigen.

Anders als im Erwachsenenalter erfordert der Blutdruck von Kindern und Jugendlichen eine eigene Herangehensweise, denn die allgemein gültigen Normwerte für Erwachsene können nicht einfach auf das Kindes- und Jugendalter übertragen werden. Für die gesundheitliche Prognose sind je nach Alter deutlich niedrigere Messwerte wünschenswert. Das Blutdruck-Screening zielt darauf ab, einen Bluthochdruck frühzeitig zu diagnostizieren, ggf. zu intervenieren und so das Fortschreiten der Erkrankung bis ins Erwachsenenalter zu verzögern oder sogar aufzuhalten. Hierfür ist es von wesentlichem Interesse, blutdruckwirksame Risikofaktoren aufzudecken und günstig auf sie einzuwirken, denn die meisten dieser Risikofaktoren sind aufgrund ihrer Abhängigkeit vom Lebensstil einer Prävention und Intervention gut zugänglich. Wenn also das Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen wie Bluthochdruck in der sensiblen Phase der Kindheit und Adoleszenz beginnt, sollte die Blutdruckmessung auch in diesem Alter zur Basisdiagnostik gehören.

In der Praxis stellt sich die Erfassung des Blutdrucks jedoch als Herausforderung dar, weil reproduzierbare Messwerte aufgrund der erheblichen Blutdruckvariabilität schwer zu realisieren sind. Die Einschätzbarkeit der in Ruhe gemessenen Blutdruckwerte wird durch psychische und situative Einflussgrößen erheblich beeinträchtigt. Insofern ist die alleinige Messung des Gelegenheitsblutdrucks oft nicht aussagekräftig genug. Überdies zeigen sich krankhafte Blutdruckreaktionen nicht selten erst während körperlicher Belastung, wodurch sich deutlich bessere Rückschlüsse auf das kardiovaskuläre Risiko ergeben. Eine genauere Einschätzung erlaubt daher die Blutdruckmessung während standardisierter ergometrischer Belastung. Gegenüber dem Ruheblutdruck ist der Blutdruck unter Belastung weitgehend unabhängig von psychischen Komponenten. Zumindest bei Erwachsenen hat sich der Belastungsblutdruck auch als der bessere prädiktive Parameter für die kardiovaskuläre Prognose etabliert. Weniger eindeutig sind dagegen die Daten bei Heranwachsenden, obwohl sich in der Vergangenheit bereits ähnlich überschießende Blutdruckreaktionen unter Belastung wie im Erwachsenenalter beobachten ließen. Angesichts der

Probleme, die sich bei der Blutdruckmessung und -beurteilung im Kindes- und Jugendalter ergeben, stellt sich hiermit die Frage nach den Gründen für die bislang unzureichende Studienlage zum Belastungsblutdruck bei Heranwachsenden. In diesem Problem liegt gleichzeitig die Motivation für die vorliegende Forschungsarbeit.

Die Messung der Blutdruckreaktion unter Belastung ist eine wichtige Fragestellung im Grenzbereich von Sportwissenschaft, Sportmedizin und Pädiatrie. Da der Belastungsblutdruck nahezu unabhängig von der emotionalen Verfassung des zu Untersuchenden ist, dürfte er wertvolle Informationen für die Beurteilung des kindlichen Blutdruckniveaus mitbringen, die die mit einer alleinigen Messung des Gelegenheitsblutdrucks gewonnenen Hinweise ergänzen oder sogar über sie hinausgehen. Die ergometrische Untersuchung des Blutdrucks wird jedoch in keinen der nationalen und internationalen Leitlinien zur arteriellen Hypertonie im Kindes- und Jugendalter erwähnt.

Die hohe Bedeutung des Blutdrucks von Kindern und Jugendlichen im Allgemeinen und das mangelnde Wissen über den Belastungsblutdruck im Besonderen werden damit zum Ausgangspunkt dieser Forschungsarbeit. Hierbei gilt es drei forschungsleitende Fragestellungen zu bearbeiten, aus denen sich grundlegende Erkenntnisse zum Belastungsblutdruck bei Heranwachsenden ableiten lassen.

Wie hoch ist das Blutdruckniveau bei 12- bis 17-jährigen Heranwachsenden unter körperlicher Belastung und welche Grenzwerte lassen sich daraus für den Belastungsblutdruck in dieser Altersgruppe ableiten?

Es fehlt die Grundlage dafür, den Belastungsblutdruck im Jugendalter einzuschätzen. Die in dieser Arbeit vorgeschlagenen Grenzwerte dürften eine erste Orientierung für Blutdruckzielwerte unter Belastung in diesem Altersbereich sein. Eine gemeinsame Analyse mit den Blutdruckwerten unter Ruhebedingungen ermöglicht zugleich eine weitaus bessere Bewertung des kardiovaskulären Risikos.

Welche Zusammenhänge bestehen zwischen dem Belastungsblutdruck und weiteren kardiovaskulären Risikofaktoren?

Chronisch erhöhte Blutdruckwerte bei Heranwachsenden sind die Folge genetischer, sozioökonomischer sowie verhaltens- und umweltbedingter Faktoren. Sofern es sich auch beim Belastungsblutdruck um einen gesundheitlich relevanten Parameter handelt, müssten sich Zusammenhänge mit klassischen Risikofaktoren nachweisen

lassen. Ein Vergleich von Ruhe- und Belastungsblutdruck hinsichtlich ihrer Assoziationen zu den übrigen Risikofaktoren dürfte Hinweise auf die Bedeutung der ergometrischen Untersuchung des Blutdrucks liefern.

Können die untersuchten Risikofaktoren in einem Modell zur Erklärung des Belastungsblutdrucks beitragen?

Für die Vorhersage und Beurteilung des kardiovaskulären Risikos ist die Kenntnis über den gemeinsamen Einfluss mehrerer Risikofaktoren auf den Blutdruck entscheidend. Aus multiplen Modellen sollten daher jene Prädiktoren hervorgehen, mit denen eine inhaltlich-theoretisch plausible Varianzaufklärung des Belastungsblutdrucks in dieser Altersgruppe zu erzielen ist.

Kardiovaskuläre Risikofaktoren beziehen sich in dieser Arbeit hauptsächlich auf lebensstilassoziierte und familiäre Parameter. Nach einer sorgfältigen Analyse der forschungsrelevanten Literatur zum Blutdruck im Kindes- und Jugendalter, folgt eine Beschreibung der untersuchten Risikofaktoren hinsichtlich ihrer Verbreitung und gesundheitlichen Folgen in dieser Altersgruppe. Ihr blutdruckwirksamer Effekt unter Ruhe- und Belastungsbedingungen klärt sich jeweils abschließend in einer zusammenfassenden Darstellung des hierzu aktuellen Forschungsstands auf. An dieser Stelle kommt die unbefriedigende Studienlage zum Belastungsblutdruck klar zum Ausdruck. Es folgt die Präsentation der gemessenen Blutdruckdaten in Ruhe und unter Belastung sowie Überprüfung auf Zusammenhänge und Unterschiede unter Beachtung weiterer Risikofaktoren, welche anschließend in multiplen Modellen zur Vorhersage und Erklärung beider Parameter herangezogen werden.

Angesichts der leitenden Forschungsfragen ist das Ziel dieser Arbeit, die Relevanz des Belastungsblutdrucks im Kontext kardiovaskulärer Risikofaktoren herauszuarbeiten. Hierzu gilt es, Ruhe- und Belastungsblutdruck hinsichtlich ihrer Assoziationen gegenüberzustellen sowie die Eignung klassischer Risikofaktoren insbesondere für die Erklärung des Belastungsblutdrucks zu belegen. Weiterhin soll anhand sinnvoll konzipierter Grenzwerte eine erste Beurteilungsmöglichkeit von Blutdruckmesswerten unter Belastung von Jugendlichen geschaffen werden.

Mit der vorliegenden Forschungsarbeit galt es deutlich zu machen, dass die ergometrische Belastungsuntersuchung des Blutdrucks auch im jüngeren Lebensalter als ergänzendes Verfahren in der Hypertoniediagnostik geeignet ist. Vor dem

Hintergrund einer weiterführenden Norm- und Referenzwerterstellung liefert der Belastungsblutdruck spätestens bei verdächtigen Ruhewerten wichtige Zusatzinformationen, die einer genaueren Einschätzung des kardiovaskulären Risikos von Heranwachsenden dienlich sind.

2 Epidemiologie von Herz-Kreislauf-Erkrankungen

Kardio- bzw. zerebrovaskuläre Erkrankungen gehören zu den führenden Ursachen für Mortalität. Im Jahr 2008 unterlagen ihnen weltweit 17 Millionen Menschen (30% aller Todesfälle). Die Zahl der jährlichen Todesfälle wird bis zum Jahr 2030 schätzungsweise auf 25 Millionen Menschen ansteigen. Obwohl Herz-Kreislauf-Erkrankungen besonders in einkommensstärkeren Ländern für den Tod der meisten Menschen verantwortlich sind, treten mehr als 80% der weltweiten Sterbefälle in Regionen mit geringem bzw. mittlerem Einkommen auf (WHO, 2012a).

Im Jahr 2011 führte bundesweit bei 40,2% aller Verstorbenen eine kardiovaskuläre Erkrankung zum Tod. Wie in den Jahren zuvor war eine Herz-Kreislauf-Erkrankung – wenn auch tendenziell rückläufig – damit die häufigste Todesursache; mit 26,8% aller Sterbefälle folgten Krebserkrankungen. Die Kreislaufsterblichkeit in Deutschland wird primär durch die ischämischen Herzkrankheiten und zerebrovaskulären Krankheiten geprägt; 92% der Verstorbenen waren 65 Jahre und älter (Statistisches Bundesamt, 2012). Kardiovaskuläre Erkrankungen ziehen weltweit aber nicht nur gesundheitliche sondern auch enorme ökonomische Konsequenzen nach sich. Den derzeit aktuellsten Angaben zufolge entstanden im Jahr 2008 in Deutschland 254,3 Milliarden Euro Krankheitskosten, an denen Herz-Kreislauf-Erkrankungen mit 37 Milliarden Euro den höchsten Anteil ausmachten (Statistisches Bundesamt, 2010).

Neben Krebs, Diabetes und chronischen Atemwegserkrankungen gehören kardiovaskuläre Erkrankungen zu den nichtübertragbaren Krankheiten. Allen gemeinsam ist ihr chronischer Krankheitsverlauf mit einer langsam über Jahrzehnte andauernden vorangehenden Progression sowie ihren gemeinsam zugrundeliegenden Risikofaktoren. Weiterhin handelt es sich um modifizier- bzw. eliminierbare Erkrankungen, da deren Risikofaktoren einer Prävention und Intervention gut zugänglich sind. Trotz allem aber waren nichtübertragbare Krankheiten im Jahr 2008 weltweit für den Tod von 36 Millionen Menschen (63%) verantwortlich.

Obwohl alle Altersgruppen und Regionen davon betroffen sind, kommen die durch nichtübertragbare Erkrankungen verursachten Sterbefälle besonders deutlich in einkommensschwächeren Ländern vor. Zudem führten sie in diesen Regionen auffällig häufig bereits vor dem Erreichen des 60. Lebensjahres zum vorzeitigen Tod (WHO, 2012a). Gesundheitssysteme der Länder mit niedrigem bis mittlerem Einkommen

verfügen nur über inadäquate Mittel für Prävention und Früherkennung sowie über eine nur unzureichende Versorgung von Kranken. Darüber hinaus spielen soziale Ungleichheiten insofern eine gewichtige Rolle, als dass vor allem benachteiligte Gruppen nur schlecht Zugang zur Gesundheitsversorgung haben und in Bezug auf Bildung, Arbeit sowie Partizipation an der Gesellschaft ungünstigere Voraussetzungen für einen gesundheitsbewussten Lebensstil aufweisen.

Europa gehört zu den Regionen, die von nichtübertragbaren Krankheiten wegen ihrer raschen Ausbreitung und gesundheitlichen Folgen auch ökonomisch stark betroffen sind. 86% aller Todesfälle und 77% der Krankheitslast in der Europäischen Region gingen im Jahr 2010 auf nichtübertragbare Krankheiten zurück (WHO, 2012b). In Deutschland ließen sich Schätzungen der WHO zufolge rund 92% aller Todesfälle auf nichtübertragbare Erkrankungen zurückführen (WHO, 2011c).

Kardiovaskuläre Erkrankungen nehmen in der Gruppe der nichtübertragbaren Krankheiten eine besondere Position ein. So waren sie im Jahr 2008 weltweit führende Todesursache innerhalb der Gruppe der nichtübertragbaren Erkrankungen (48%) und stellen damit gleichzeitig den häufigsten Grund für alle in diesem Jahr gezählten Sterbefälle auf der Welt (17,3 Millionen). Obwohl die Vielzahl der Krankheiten des Herz-Kreislauf-Systems vermeidbar ist, nimmt ihre Inzidenz aufgrund ungenügender Präventionsmaßnahmen stetig zu.

Zu den kardiovaskulären Erkrankungen zählen im weitesten Sinne alle Krankheiten des Herzens und der Blutgefäße. In engerer Abgrenzung werden unter diesem Begriff alle Erkrankungen verstanden, deren gemeinsame pathologische Ursache die Arteriosklerose ist. Zu den wichtigsten dieser Leiden gehören (WHO, 2008a):

- Ischämische Herzkrankheiten (z. B. Myokardinfarkt, KHK)
- Zerebrovaskuläre Krankheiten (z. B. ischämischer Schlaganfall)
- Krankheiten der Arterien, Arteriolen und Kapillaren (z. B. pAVK)
- Hypertonie

Initiales pathophysiologisches Korrelat der Arteriosklerose ist eine endotheliale Dysfunktion der arteriellen Intima aufgrund der Einlagerung von Lipiden, Cholesterin, Kalk oder Bindegewebe in die Gefäßwand. Arteriosklerotische Veränderungen können in verschiedenen Gefäßbezirken (v. a. Herz, Gehirn, Beine/Becken, Niere) gleichzeitig

auftreten. Je nach Gefäßlokalisation ist die Erkrankung mit verschiedenen klinischen Entitäten assoziiert. Arteriosklerotische Läsionen an den Herzkranzgefäßen manifestieren sich als Koronare Herzkrankheit (KHK), die infolge der zunehmenden Lumeneinengung des Gefäßes durch eine myokardiale Minderdurchblutung charakterisiert ist. Diese Ischämie äußert sich klinisch zunächst als (stabile) Angina pectoris und kann zur Thrombenbildung bis hin zum akuten Myokardinfarkt führen. Eine Makroangiopathie der hirnversorgenden Arterien ist dagegen Ursache zerebraler Durchblutungsstörungen und nimmt somit die zentrale Rolle in der Pathogenese des Schlaganfalls (ischämischer Infarkt) ein (Lemmer & Brune, 2011).

In Deutschland und der Welt sind ischämische (koronare) Herzkrankheiten (v. a. Herzinfarkt) und zerebrovaskuläre Krankheiten (v. a. Schlaganfall) die häufigsten Ursachen für Kreislaufsterblichkeit (Statistisches Bundesamt, 2012; WHO, 2011). In den zurückliegenden zwei Jahrzehnten ist die Herz-Kreislauf-Sterblichkeit in westlichen Ländern aufgrund verbesserter Primärpräventions-, Interventions- und Therapiemaßnahmen sowie einer deutlichen Reduktion der klassischen Risikofaktoren und somit geringeren Inzidenzen und besseren Überlebensraten rückläufig (WHO, 2010a; Levi et al., 2009; Tunstall-Pedoe, 2003; Wijeysondera, 2010; Smolina, Wright, Rayner & Goldacre, 2012; Roger et al., 2012; Feigin, Lawes, Bennett, Barker-Collo, & Parag, 2009; Kunst, Amiri & Janssen, 2011; Unal, Critchley & Capewell, 2004; Schmidt, Jacobsen, Lash, Bøtker & Sørensen, 2012).

In den vergangenen Jahren konnte auch bundesweit ein Rückgang in der Herz-Kreislauf-Mortalität verzeichnet werden, der wesentlich auf die Abnahme der Mortalität durch die koronare Herzkrankheit zurückgeht (Müller-Riemenschneider, Andersohn & Willich, 2010). Nach Busch, Heuschmann und Wiedmann (2012) ist in Deutschland ebenso eine sinkende Mortalitätsrate durch Schlaganfall zu beobachten, was sich angesichts des demografischen Wandels in den kommenden Jahren möglicherweise bedeutend ändern könnte (Truelsen et al., 2006; Foerch, Misselwitz, Sitzer, Steinmetz & Neumann-Haefelin, 2008). Die Inzidenz des Herzinfarktes nahm in den vergangenen Jahren ab (Lowel, Meisinger, Heier & Hormann, 2005; Kuch et al., 2008); Daten zur Schlaganfallinzidenz in Deutschland liegen nicht vor.

Die Ergebnisse der vom Robert Koch-Institut durchgeführten Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS) von 2008-2011 an einer bevölkerungsrepräsentativen Stichprobe von $n=5901$ Erwachsenen zeigen eine

Lebenszeitprävalenz des Herzinfarktes von 4,7% der 40- bis 79-Jährigen (2,5% der Frauen; 7% der Männer). Die Prävalenz der KHK liegt bei 9,3% (6,4% der Frauen; 12,3% der Männer). Die Lebenszeitprävalenz des Schlaganfalls wird in DGES mit 2,9% (2,5% der Frauen; Männer der 3,3%) angegeben (Busch, Schienkiewitz, Nowossadek & Gößwald, 2013). Für die USA liegen mit dem National Health and Nutrition Examination Survey von 2008 (NHANES) ähnliche Prävalenzdaten von 3,1% für Herzinfarkt (2,1% der Frauen; 4,3% der Männer) und 7% für KHK (6,1% der Frauen; 8,3% der Männer) vor. Die Schlaganfallprävalenz liegt in den USA ab einem Alter von 18 Jahren bei 2,6-3,0% (Roger et al., 2012).

Verglichen mit den Ergebnissen des Bundes-Gesundheitssurveys 1998 (BGS98) zeigt sich damit trotz abnehmender Inzidenzzahlen (Lowel et al., 2005) ein absoluter Anstieg der Herzinfarktprävalenz um 0,9%, der allerdings nahezu vollständig auf eine Zunahme bei den Männern zurückzuführen ist. Nach altersadjustierter Analyse der Daten unterscheiden sich die Prävalenzen aus DGES und BGS98 nicht mehr signifikant. Die demografische Alterung der Bevölkerung und verbesserte Überlebenschancen des Herzinfarktes scheinen für die Zunahme der Prävalenz verantwortlich zu sein. Das Auftreten einer KHK sinkt dagegen um 1,1% im Vergleich zum BGS98 (Wiesner, Grimm & Bittner, 1999a); die Reduktion war auch nach der Altersadjustierung nachweisbar. Es stellt sich angesichts dieser Entwicklungen die Frage, inwieweit sich diese Trends auf veränderte Prävalenzen der kardiovaskulären Risikofaktoren zurückführen lassen (Gößwald, Schienkiewitz, Nowossadek & Busch, 2013). Gegenüber den Daten des BGS98 (Wiesner, Grimm & Bittner, 1999b) lassen sich in der Häufigkeit des Schlaganfalls keine wesentlichen Veränderungen in den letzten 12 Jahren feststellen.

Anhand der Prävalenzdaten dürfte deutlich werden, dass Herz-Kreislauf-Erkrankungen trotz einer verbesserten medizinischen Versorgung noch immer zu den wichtigsten in Deutschland auftretenden Leiden gehören. Die Frage nach den Ursachen dürfte eine Erklärung für das besonders häufige Auftreten der hier beschriebenen kardiovaskulären Erkrankungen bieten.

3 Kardiovaskuläre Risikofaktoren

Kardiovaskuläre Risikofaktoren beeinflussen die Endothelfunktion und sind in der Lage, krankhafte Gefäßveränderungen auszulösen. Arteriosklerotische Vorgänge sind nicht nur Ausdruck alterungsbedingter Prozesse, sondern finden nicht ohne Grund bereits im Jugendalter ihren Ursprung (vgl. Kapitel 4.6 und Kapitel 5). Erst im späteren Erwachsenenalter manifestieren sie sich klinisch akut als Herzinfarkt und Schlaganfall oder chronisch als pAVK oder KHK (Raitakari et al., 2003; Berenson et al., 1998; Williams et al., 2002; Lenfant & Savage, 1995; Akerblom, Viikari, Raitakari & Uhari, 1999).

Der überwiegenden Zahl der kardiovaskulären Krankheiten (und weiteren nichtübertragbaren Erkrankungen) gehen verhaltensbedingte bzw. lebensstilassoziierte Ursachen voraus: Rauchen, Bewegungsmangel, ungesunde Ernährung und der übermäßige Gebrauch von Alkohol bilden hierbei die Gruppe der führenden Risikofaktoren. Die Auswirkungen derartiger Verhaltensweisen werden wiederum in einem erhöhten Blutdruck, Übergewicht/Adipositas, Hyperglykämie sowie -lipidämie sichtbar und führen schließlich zu den beschriebenen Schäden an den koronaren und zerebralen Blutgefäßen. Neben diesen beeinflussbaren bzw. vermeidbaren Risikofaktoren bestimmen Alter und Geschlecht sowie die genetische Disposition, sozioökonomische und psychische Faktoren die Atherogenese wesentlich mit. Einem Ranking der WHO folgend, schlägt ein chronischer Hypertonus mit 13% aller weltweit gezählten Sterbefälle zu Buche und ist damit Risikofaktor Nummer Eins für Tod. Tabakkonsum (9%), erhöhte Blutzuckerspiegel und körperliche Inaktivität (6%), Übergewicht und Adipositas (5%) erhöhen gleichermaßen die Gefahr, einer kardiovaskulären Erkrankung zu erliegen (WHO, 2009, 2011a, 2012a).

Die Arteriosklerose ist somit das Resultat unterschiedlicher lebensstil- und verhaltensbezogener Faktoren, die häufig koexistieren, sich synergistisch verstärken und potenzieren und so kontinuierlich das Risiko erhöhen, Systemschäden von sich zu tragen und ein kardiales Ereignis zu erleiden. Selten liegt daher nur ein Risikofaktor allein vor (Schettler & Mörl, 1982). Zur Stratifizierung des individuellen kardiovaskulären Risikos wurde aus den verschiedenen Risikofaktoren eine Vielzahl von Scores entwickelt, anhand derer eine prognostische Analyse erfolgen kann (Grundy et al., 2004).

Je nach Ausprägung der kardiovaskulären Risikofaktoren kann die Arteriosklerose bis hin zum thrombotischen Ereignis einen über Jahrzehnte andauernden Prozess darstellen. Einem großen Prozentsatz der Herz-Kreislauf-Erkrankungen kann allein durch die Reduktion kardiovaskulärer Risikofaktoren vorgebeugt werden; die Ergebnisse der Framingham Heart Study (Dwaber, 1980; Mendis, 2010), der Seven-Country-Study (Keys, 1980) sowie des WHO-MONICA-Project (Tunstall-Pedoe, 2003) und der Interheart Study (Yusuf et al., 2004) lieferten hierfür wegweisende Erkenntnisse.

Die rasante Zunahme der Zivilisationskrankheiten ist nicht zuletzt eine Folge der fortwährenden Missachtung der Prinzipien eines gesundheitsorientierten Lebensstils. Klassischerweise werden direkte (primäre) Risikofaktoren erster Ordnung, die für sich allein schwere Schäden des kardiovaskulären Systems begünstigen, von indirekten (sekundären) Risikofaktoren zweiter Ordnung unterschieden, welche sich erst unter Mitwirkung anderer Risikofaktoren ungünstig auswirken oder bereits bestehende Erkrankungen verschlimmern. In der Entstehung der Arteriosklerose kommt den Risikofaktoren erster Ordnung eine besondere Rolle zu, da sich entsprechende arteriosklerotische Veränderungen in verschiedenen Gefäßgebieten manifestieren (Schettler & Mörl, 1982; Rost, 2005). Alter, Geschlecht, ethnische Herkunft und genetische Disposition werden gegenüber den klassischen beeinflussbaren Risikofaktoren als konstitutionelle (unbeeinflussbare) Risikofaktoren angesehen. Je nach Literatur weist die epidemiologische Datenlage Diabetes mellitus, arterielle Hypertonie, Dyslipidämie, Metabolisches Syndrom und Nikotinabusus als kardiovaskuläre Risikofaktoren erster Ordnung hervor (Kannel, 1990; Assmann, Schulte & Cullen, 1997; Keil et al., 1998). Lebensstilassoziierte Aspekte wie Bewegungsmangel (Paffenbarger et al., 1993), Übergewicht (Calle, Thun, Petrelli, Rodriguez & Heath, 1994), Alkoholkonsum (Yusuf et al., 2004), Hyperurikämie aber auch Homocysteinämie (Calle et al., 1994), Gerinnungsstörungen (Folsom, 1996), Entzündungsparameter (Abrams, 2003) sowie psychosoziale Faktoren (Mackenbach et al., 2003) werden als Risikofaktoren zweiter Ordnung verstanden (Schettler & Mörl, 1982; Rost, 2005).

Insgesamt bringt jeder der genannten Risikofaktoren auch für Heranwachsende ein gesundheitsgefährdendes Potenzial mit sich, weshalb sie für die kardiovaskuläre Prognose von Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen gleichermaßen bedeutsam

sind. Es werden nachfolgend die wichtigsten kardiovaskulären Risikofaktoren in Kürze anhand ihrer epidemiologischen Daten und gesundheitlichen Folgen dargestellt. Dabei war es von Interesse, die Rolle der für die vorliegende Untersuchung relevanten Risikofaktoren (vgl. Kapitel 3.1 bis Kapitel 3.8) für das Erwachsenenalter zu klären. Welche Bedeutung ihnen demgegenüber für das Kindes- und Jugendalter zukommt, wird im Rahmen der weiteren Arbeit (vgl. 5.1 bis Kapitel 5.6) beantwortet.

3.1 Rauchen

Nach Angaben der WHO (2011b) gibt es weltweit rund eine Milliarde Raucher. Die höchste Prävalenz an Rauchern wird für das Jahr 2009 mit knapp 31% in der Europäischen Region geschätzt, während in Afrika nur zu etwa 10% Nikotin konsumiert wird (WHO, 2011b). Inzwischen ist bekannt, dass neben der direkten schädlichen Wirkung des Tabaks auch die Exposition durch Passivrauch ein hohes gesundheitsgefährdendes Potenzial hat (WHO, 2008b, 2010b; Deutsches Krebsforschungszentrum, 2010). Jedes Jahr sterben sechs Millionen Menschen an den Folgen von Nikotin; knapp 600.000 davon durch Passivrauch. Bis zum Jahr 2030 werden die jährlichen Tabak-bedingten Todesfälle voraussichtlich auf mehr als mehr als 8 Millionen ansteigen (WHO, 2009, 2010a). Rauchen ist trotz tendenziell sinkenden Konsums in Ländern mit hohem und mittlerem Einkommen eines der größten Public-Health-Probleme weltweit. Zu den häufigsten Erkrankungen bei Rauchern zählen Herz-Kreislauf-, Atemwegs- und Krebserkrankungen (International Agency for Research on Cancer, 2004; U.S. Department of Health and Human Services, 2004). Knapp 10% der weltweit jährlichen Herz-Kreislauf-Mortalität geht auf den Konsum von Tabak zurück (WHO, 2009). Das Risiko eines Myokardinfarktes steigt proportional mit der Anzahl der aktiv bzw. passiv konsumierenden Zigaretten (Teo et al., 2006). Die akuten Wirkungen auf das Herz-Kreislauf-System sind in einer Erhöhung der Herz- und Atemfrequenz sowie einem Anstieg des Blutdrucks erkennbar (Balakumar & Baur, 2009). Daneben ist das kardiovaskuläre Risiko bei Aktiv- und Passivrauchern durch kanzerogene und mutagene Inhaltsstoffe sowie Substanzen, die zur Bildung freier Radikale und so zu Schädigungen des Endothels führen, stark erhöht (Celermajer et al., 1996; Pittilo, 1990; Zeiher, Schächinger & Minners, 1995). Insgesamt haben Raucher gegenüber Nichtrauchern ein erhöhtes Erkrankungs- und frühzeitiges

Sterberisiko (Jha et al., 2013). In Deutschland sterben jedes Jahr 100 000 bis 120 000 Menschen an den Folgen des Rauchens (Deutsches Krebsforschungszentrum, 2009; Mons, 2011). Die Krankheitskosten des Rauchens werden jährlich auf 21 Milliarden Euro geschätzt (Neubauer et al., 2006). Trotz verschiedener bundesweiter Maßnahmen zur Eindämmung des Tabakkonsums gibt es unter den 18- bis 79-jährigen Erwachsenen ($n=7988$) den aktuellsten Daten der DGES zufolge noch 29,7% Raucher (26,9% der Frauen, 32,6% der Männer). Das Rauchverhalten zeigt eine starke alters- und statusspezifische Abhängigkeit (Lampert, von der Lippe & Müters, 2013).

3.2 Bewegungsmangel

Unzureichende körperliche Aktivität gilt als weiterer wichtiger Risikofaktor für Morbidität und Mortalität; 3,2 Millionen der jährlichen Todesfälle in der Welt werden einem Bewegungsmangel zugeschrieben (WHO, 2009). Aus zahlreichen prospektiven Kohortenstudien und Metaanalysen geht hervor, dass die Gesamtmortalität in der Primärprävention durch körperliche Aktivität um 22-34% und die kardiovaskuläre Mortalität um 27-35% gesenkt werden kann (Evidenzgrad IA) (Lee, 2010; Löllgen, Böckenhoff & Knapp, 2009; Paffenbarger, Hyde, Wing & Hsieh, 1986; Nocon et al., 2008; Sofi, Capalbo, Cesari, Abbate & Gensini, 2008). Zwischen Trainingsumfang und Minderung der kardiovaskulären Sterblichkeit besteht eine nicht-lineare Dosis-Wirkungs-Beziehung, deren höchster Nutzen im Übergang zwischen Inaktivität zu moderatem Training liegt (Löllgen, Böckenhoff & Knapp, 2009). Ein aktiver Lebensstil hat sich als bedeutsamer und anerkannter Einflussfaktor auf die physische und psychische Gesundheit herausgestellt (U.S. Department of Health and Human Services, 1996a; Blair et al., 1989; Samitz, Egger & Zwahlen, 2011). Als wichtige Determinante des Energieverbrauchs wirkt sich Bewegung außerdem positiv auf die endotheliale Funktion (Cornelissen & Fagard, 2005a) und Insulin-Empfindlichkeit aus und verbessert das Blutdruck- und Lipidprofil (Cornelissen & Fagard, 2005b; Kelley, Kelly & Vu Tran, 2005). Der Nutzen durch körperliche Aktivität besteht eindeutig in seiner positiven Wirkung auf die bekannten Risikofaktoren, weshalb ein Bewegungsmangel mit der Verbreitung nicht übertragbarer Krankheiten assoziiert ist (WHO, 2010c; Lee et al., 2012). In der Prävention, Rehabilitation und Therapie

kardiovaskulärer Krankheiten ist körperliche Aktivität evidenzbasiert (Lawall, Diehm & Pietro, 2009; Fagard, 2011; Pedersen & Saltin, 2006). Im Vergleich zu Ländern mit hohem Einkommen spielt Bewegungsmangel in einkommensschwächeren Ländern nur eine untergeordnete Rolle (WHO, 2010a). Den Ergebnissen von DGES ($n=7988$) zufolge achtet ein Drittel der erwachsenen deutschen Bevölkerung auf ausreichende Bewegung; knapp ein Viertel ist regelmäßig sportlich aktiv. Das von der WHO empfohlene Mindestmaß von 2,5 Stunden pro Woche moderat-intensiver Aktivität erreichen dagegen nur etwa 80% der Befragten (Krug et al., 2013).

3.3 Alkohol

Ein übermäßiger bzw. riskanter Konsum von Alkohol (10-12g für Frauen und 20-24g für Männer) wurde im Jahr 2004 für 2,5 Millionen der weltweiten Todesfälle verantwortlich gemacht; dies entspricht einem Anteil von 3,8% aller der in diesem Jahr gezählten Sterbefälle. Mehr als die Hälfte dieser Ereignisse gehen auf kardiovaskuläre Erkrankungen, Leberzirrhose und Krebs zurück (WHO, 2009; Mukamal, Chen, Rao & Breslow, 2010; Rehm et al., 2010). Das gesundheitliche Risiko hängt stark von der konsumierten Menge des Alkohols und dem Trinkstil ab. So geht eine exzessiv hohe Menge an Alkohol innerhalb eines kurzen Zeitraums mit einer gesteigerten Gesamtmortalität durch Herz-Kreislauf-Erkrankungen sowie einer erhöhten Inzidenz und Mortalität von KHK und Schlaganfall einher (Corrao, Bagnardi, Zambon & La Vecchia, 2004; Mukamal, Chen, Rao & Breslow, 2010; Rehm et al., 2010; Ronksley, Brien, Turner, Mukamal & Ghali, 2011). Chronischen Folgeerkrankungen eines riskanten Alkoholkonsums wie Leber- und Bauchspeicheldrüsenerkrankungen, Kardiomyopathie, Enzephalopathie oder Herzrhythmusstörungen stehen vor allem Verletzungen, sozialen Problemen und negativen Verhaltensänderungen gegenüber. Demgegenüber wird ein leichter bis moderater Alkoholkonsum mit einem protektiven Effekt u. a. auf das HDL-Cholesterin und die Thrombozytenaggregation (Ronksley et al., 2010) sowie mit vasodilatativen und antioxidativen Eigenschaften in Verbindung gebracht (Collins et al., 2009). Mit einem Pro-Kopf-Verbrauch von 9,6 Liter reinem Alkohol gehört Deutschland zu den Ländern mit hohem Alkoholkonsum (Gärtner, Freyer-Adam, Meyer & John, 2012). Die jährlichen Krankheitskosten für

alkoholassoziierte Erkrankungen werden im Jahr 2007 auf 26,7 Milliarden Euro geschätzt (Adams & Effertz, 2011).

3.4 Übergewicht

Übergewicht und Adipositas stellen inzwischen große Teile der Welt vor gesundheitliche und ökonomische Probleme; auch in Schwellen- und Entwicklungsländern ist ein Anstieg zu verzeichnen. Weltweit sterben jedes Jahr 2,8 Millionen Menschen an den Folgen von Übergewicht und Fettleibigkeit ($\geq 25 \text{ kg/m}^2$). Die Prävalenz von Übergewicht lag bei den über 20-Jährigen im Jahr 2008 bei 34%; 11,8% waren adipös (WHO, 2010a). Die epidemiologische Datenlage belegt den Zusammenhang zwischen Übergewicht oder Adipositas und kardiovaskulärer Morbidität und Mortalität (Bogers et al., 2007; Wormser et al., 2011). Betroffene weisen nicht selten weitere mit einem Übergewicht verwandte Risikofaktoren wie Diabetes mellitus, Hypertonie und Dyslipidämie auf (Abdullah, Peeters, Courten & Stoelwinder, 2010; Finucane et al., 2011; Schienkiewitz, Mensink & Scheidt-Nave, 2012). Bestimmte Krebsarten wie Kolon-, Pankreas-, Nieren-, Brust- und Gebärmutterhalskrebs treten bei Fettleibigen gehäuft auf (Renehan, Tyson, Egger, Heller & Zwahlen, 2008). Übergewichtige haben demnach eine geringere Lebenserwartung als Personen mit Normalgewicht (Whitlock et al., 2009). Deutschland zählt zu den Ländern mit einer höheren Übergewichts- und Adipositasprävalenz. Bundesweit zeigt sich eine Stabilisierung der Übergewichtsprävalenz, aber eine dagegen deutliche Zunahme des Anteils an Adipösen. Aktuell leben in Deutschland 67,1% übergewichtige Männer und 53,0% übergewichtige Frauen; der Anteil an Adipösen beträgt 23,3% bzw. 23,9%. Aus europäischer Sicht ähnelt die in Deutschland vorliegende Adipositasprävalenz der in Großbritannien, Irland, Tschechien oder Ungarn gemessenen Daten (Mensink et al., 2013).

3.5 Ungesunde Ernährung

Eine gesunde Ernährung leistet einen wesentlichen Beitrag zur Gesundheit des Menschen. Nicht zuletzt haben arteriosklerotische Veränderungen bzw. kardiovaskuläre Erkrankungen einen ernährungsbedingten Hintergrund. Ein erhöhter

Kochsalzkonsum ist als kardiovaskulärer Risikofaktor in Langzeitstudien gut belegt; die hohe Zufuhr von Salz führt insbesondere zu einer systolischen Blutdrucksteigerung und erhöht das Risiko für Schlaganfall und kardiovaskuläre Erkrankungen (Strazzullo, D'Elia, Kandala & Cappuccio, 2009). Ein hoher Anteil von Obst und Gemüse in der täglichen Nahrung senkt dagegen das Risiko für kardiovaskuläre Erkrankungen wie KHK oder arterielle Hypertonie (Boeing et al., 2012; Bazzano, Serdula & Liu, 2003; Kotseva et al., 2010). Laut WHO (2009) gehen 16 Millionen Todesfälle auf einen geringen Obst- und Gemüseverzehr zurück. Im Gegensatz zu pflanzlichen Lebensmitteln mit hohem Nährstoff- und geringem Energiegehalt fördert energiereiche Nahrung Übergewicht, welches als kardiovaskulärer Risikofaktor in einer engen Verbindung mit Fehlernährung und Bewegungsmangel steht. Auch die Fettsäurezusammensetzung wirkt sich auf das kardiovaskuläre Risiko aus (WHO, 2003).

3.6 Diabetes mellitus

Mehr als 60% aller Todesfälle bei Diabetikern gehen auf kardiovaskuläre Erkrankungen zurück. Das Risiko für kardiovaskuläre Ereignisse ist bei Menschen mit Diabetes bis zu dreimal höher; die gesundheitliche Prognose fällt bei Diabetikern insgesamt ungünstiger aus (Levitan, Song, Ford & Liu, 2004). Im Jahr 2008 war Diabetes für 1,3 Millionen der globalen Todesfälle verantwortlich. Die weltweite Prävalenz wird auf 8,3% geschätzt; dies betrifft mehr als 371 Millionen Menschen (International Diabetes Federation, 2012). Nach einer internationalen Analyse von Danaei und Kollegen (2011) scheint sich die Diabetesprävalenz in den vergangenen drei Jahrzehnten mehr als verdoppelt zu haben. In Deutschland leben neuesten Angaben zufolge 7,2% (4,6 Millionen) Diabetiker (Heidemann, Du, Schubert, Rathmann & Scheidt-Nave, 2013). Ein gestörter Glukosestoffwechsel tritt in der Regel gemeinsam mit anderen bekannten kardiovaskulären Risikofaktoren wie Adipositas oder Bluthochdruck in Erscheinung (DCCT/EDIC, 2005; American Diabetes Association, 2012). Mangelnde Früherkennung und Versorgung ziehen schwere Schäden an Blutgefäßen und peripheren Nerven mit einem gesteigerten Risiko für Herzinfarkt, Schlaganfall, Nierenversagen, Erblindung und Fußamputation nach sich (American Diabetes Association, 2012).

3.7 Dyslipidämie

Störungen des Fettstoffwechsels (hohes LDL- und Gesamtcholesterin sowie niedriges HDL-Cholesterin) gehören zu den wichtigsten Risikofaktoren in der Pathogenese der koronaren Herzkrankheit (Yusuf et al., 2004). Weltweit geht ein Drittel der KHK auf erhöhte Cholesterinspiegel im Blut zurück. Schätzungen zufolge verursachen Fettstoffwechselstörungen 4,5% (2,6 Millionen) der weltweiten Todesfälle (WHO, 2009). 39,0% der Erwachsenen in der Welt leiden an erhöhtem Cholesterin (WHO, 2010a). In Deutschland sind knapp zwei Drittel der erwachsenen Bevölkerung von einer Fettstoffwechselstörung betroffen (Scheidt-Nave et al., 2013).

3.8 Arterielle Hypertonie

Eine krankhafte Erhöhung des Blutdrucks auf Messwerte, die mit einer Schädigung des Herz-Kreislauf-Systems einhergehen, wird als (arterielle) Hypertonie bezeichnet. Aus zahlreichen epidemiologischen Untersuchungen geht hervor, dass es sich bei einem chronisch erhöhten Blutdruck um den wichtigsten beeinflussbaren Risikofaktor für kardiovaskuläre Morbidität und Mortalität in Deutschland und der Welt handelt (Ezzati, Lopez, Rodgers, Vander Hoorn & Murray, 2002). Eindeutige Belege für diesen Zusammenhang gehen insbesondere aus der Framingham-Studie und der WHO-MONICA-Studie hervor (Andersen, 1978; Kannel & Larson, 1993, Keil et al., 1992; Tunstall-Pedoe, 1994; Prospective Studies Colaboration, 2002).

Ein chronischer Hypertonus gehört zu den häufigsten Ursachen der Gesamtmortalität. Weltweit gehen 12,8% aller jährlichen Todesfälle (7,5 Millionen) auf das Konto der arteriellen Hypertonie. Das Risiko für einen Herzinfarkt oder Schlaganfall steigt mit dem Auftreten eines hohen Blutdrucks: Schätzungen der WHO für das Jahr 2004 gehen davon aus, dass die arterielle Hypertonie für 51% aller Todesfälle durch Schlaganfall und 45% aller Todesfälle durch KHK verantwortlich war (WHO, 2009; 2010). Einem Bericht der WHO zufolge ist eine Hypertonie seit dem Jahre 2010 die größte Gesundheitsgefahr (Lim et al., 2012).

Die arterielle Hypertonie gilt heute als wichtigster Risikofaktor für arteriosklerotische Schäden des Gefäßsystems, welche als morphologisches Korrelat den wichtigsten kardio- und zerebrovaskulären Erkrankungen zugrunde liegen. Die hohe Krankheitsrelevanz des Bluthochdrucks resultiert aus den in erster Linie

druckbelasteten inneren Endorganen wie Niere, Gehirn und Herz. Die Diagnose einer hypertensiven Blutdrucklage ist daher stets mit der Suche nach manifesten Organerkrankungen (u. a. pAVK, Angina Pectoris, KHK, Retinopathie) und bereits bestehenden Endorganschäden (u. a. Linksventrikuläre Hypertrophie, Herz- und Niereninsuffizienz, Mikro- und Makroangiopathie, Mikroalbuminurie) verbunden (Lewington, Clarke, Qizilbash, Peto & Collin, 2002; Danaei, 2011; Bönner, Gysan & Sauer, 2005; Schannwell, Steiner, Hennesdorf & Strauer, 2005; DHL, 2008).

Ein Bluthochdruck wird nach aktuellen Leitlinien als persistente Erhöhung des Blutdrucks über 140 mmHg systolisch und/oder 90 mmHg diastolisch definiert (Chobanian et al., 2003; Mancia et al., 2013). Weltweit wird die Prävalenz der Hypertonie bei Erwachsenen im Jahr 2008 mit 40% geschätzt; damit stieg die Zahl der Personen mit Bluthochdruck von noch 600 Millionen im Jahr 1980 auf eine Billion im Jahr 2008 (WHO, 2010). Die Prävalenz der Hypertonie in der erwachsenen Bevölkerung wird in der Literatur europaweit mit ca. 45% angegeben (Wolf-Maier, 2003; Kearney et al., 2005, Schmidt-Trucksäss & Weisser, 2012). In der aktuellen europäischen Leitlinie wird eine Prävalenz von 30-45% genannt (Mancia et al., 2013). Den Daten des Bundes-Gesundheitssurveys 1998 (BGS98) zufolge tritt die Erkrankung bei jedem zweiten Erwachsenen im Alter von 18 bis 79 Jahren auf (44% der Frauen; 51% der Männer). Durchschnittlich 47% der Deutschen haben einen zu hohen Blutdruck; dies entspricht in etwa einer Zahl von 35 Millionen Bundesbürgern. Neben einer deutlichen altersabhängigen Zunahme in der Hypertonieprävalenz zeigen sich Geschlechtsunterschiede zu Ungunsten der männlichen Bevölkerung, die ab einem Alter von 60 Jahren jedoch verschwinden. Zwischen einer bekannten, behandelten und kontrollierten Hypertonie liegt in Deutschland ein starkes Missverhältnis vor (Jahnsen, Strube & Starker, 2008).

Mit der in den Jahren 2008-2011 durchgeführten Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS) ist inzwischen ein erster grober Vergleich mit den Ergebnissen aus dem BGS98 möglich. Die Blutdruckdaten der ersten Erhebungswelle zwischen 2008 und 2011 ($n=7096$) zeigen, dass bei 15% der deutschen Bevölkerung (12,7% der Frauen; 18,1% der Männer) hypertensive Blutdruckwerte vorlagen (≥ 140 mmHg oder diastolisch ≥ 90 mmHg). Ein optimales Blutdruckniveau (systolisch < 120 mmHg und diastolisch < 80 mmHg) konnte dagegen nur bei 40% der Erwachsenen (53% der Frauen; 29% der Männer) festgestellt werden. In der Altersgruppe der 18-bis

29-Jährigen waren die Prävalenzen deutlich geringer (weniger als 1% der Frauen; 8% der Männer). 44% der Messwerte galten als hoch normal. Eine arterielle Hypertonie ($\geq 140/90$ mmHg oder antihypertensive Therapie bei bekanntem Hochdruck) lag bei 29,9% der Frauen und 33,3% der Männer vor; dies entspricht jedem dritten Erwachsenen. Die Häufigkeit in der Gesamtstichprobe der 18- bis 79-Jährigen beträgt damit 32%; etwa 20 Millionen Erwachsene leiden demnach an einem Bluthochdruck. Geschlechtsspezifische Unterschiede glichen sich mit steigendem Alter an. Mit knapp 75% war ein Bluthochdruck in der Gruppe der 70- bis 79-Jährigen am höchsten. Nur etwa die Hälfte der Hypertoniker stand unter medikamentöser Therapie. Bei knapp 18% war die Hypertonie unbekannt; der Bekanntheitsgrad der Hypertonie in Deutschland ist damit im internationalen Vergleich mit über 80% als hoch einzustufen (Kastarinen et al., 2006; Guo, He, Zhang & Walton, 2012). Der deutliche Rückgang der Schlaganfallmortalität sowie der gesamten Herz-Kreislauf-Mortalität in den letzten 20 Jahren (Gaber & Wildener, 2011) ist möglicherweise mit dieser positiven Entwicklung in Verbindung zu bringen. Ein endgültiger Vergleich mit den Daten aus dem BGS98 kann zum jetzigen Zeitpunkt wegen der unterschiedlichen Untersuchungsmethodik noch nicht erfolgen. Einer Hypertonie ist in Deutschland nach wie vor eine hohe Public-Health-Relevanz zuzuschreiben (Neuhauser, Thamm & Ellert, 2013).

Es ist hinreichend bekannt, dass komplexe Kombinationen und Wechselwirkungen von genetischen, konstitutionellen sowie von Lebensstil- und Umweltfaktoren langfristig zu einer Hypertonieerkrankung führen können (Middeke, 2005). Bei keiner anderen chronischen Erkrankung ist das Präventionspotenzial so hoch wie bei der arteriellen Hypertonie (Middeke, 2011). Mangelnde körperliche Aktivität, Übergewicht, ungesunde Ernährung, Stress und ein übermäßiger Konsum von Alkohol und Nikotin lassen sich durch präventive, nicht medikamentöse sowie medikamentöse Maßnahmen gut beeinflussen (Lopez, Mathers, Ezzati, Jamison & Murray, 2006; Stamler et al., 1999). Dabei kann bereits eine Senkung des systolischen Blutdrucks um 5 mmHg zu einer Reduktion der bevölkerungsweiten Schlaganfallmortalität um 14%, der Mortalität durch KHK um 9% und der Gesamtmortalität um 7% bewirken (Stamler, 1991; Whelton et al., 2002).

Die Messung des Blutdrucks ist eine einfache und kostengünstige Untersuchung in der klinischen Praxis. Das Screening wird bei Erwachsenen von der U.S. Preventive

Services Task Force (2007) mit der Evidenzklasse A empfohlen, da die Ergebnisse eine frühzeitige Diagnose, Behandlung und Prävention schwerer kardiovaskulärer Erkrankungen ermöglichen. Für Kinder und Jugendliche liegen dahingehend bislang keine eindeutigen Beweise vor. Dieses Problem wird im Verlauf des theoretischen Hintergrunds intensiver diskutiert.

3.8.1 *Physiologie des arteriellen Blutdrucks*

Der Mensch verfügt über ein Gefäßsystem zur Ver- und Entsorgung des Organismus, in dem als Transportmittel das Blut zirkuliert. Zusammen mit dem Herzen bilden Blut und Gefäße das kardiovaskuläre System (Herz-Kreislauf-System, welches erstmals 1628 von Harvey beschrieben wurde. Der Blutkreislauf versorgt als funktionelle Einheit alle Organe und Gewebe mit Sauerstoff und energiereichen Nährstoffen, entsorgt Stoffwechselendprodukte und gewährleistet letztlich eine bedarfsgerechte Durchblutung. In diesem System muss das Blut in einer den jeweiligen Kreislaufbedürfnissen angepassten Menge und mit entsprechendem Druck transportiert werden. Das hierzu notwendige Druckgefälle wird im Körperkreislauf durch die Kontraktionsphasen des Herzens erzeugt und durch das nachgeschaltete, elastische Gefäßsystem moduliert (de Marées & Mester, 1991; Speckman, Hescheler & Köhling, 2008).

Das mit Sauerstoff angereicherte Blut wird in den Arterien durch das pumpende Herz in den Körperkreislauf transportiert (Hochdrucksystem), während es nach erfolgtem Stoff- und Gasaustausch in den Kapillaren über die Venen zurück zum Herzen gelangt (Niederdrucksystem). Das arterielle und venöse Blut fließt durch die erzeugten rhythmischen Kontraktionen infolge der Druck-Saug-Tätigkeit des Herzens fortwährend in einem Kreislauf, der sich durch die rechte und linke Herzhälfte funktionell in den (kleinen) Lungenkreislauf und (großen) Körperkreislauf aufteilen lässt. Rechte und linke Herzhälfte arbeiten annähernd synchron, obwohl sie verschiedenen Kreislaufabschnitten angehören. Während das linke Herz das aus den Lungenvenen kommende sauerstoffreiche Blut zu den einzelnen Organen pumpt, gelangt das sauerstoffarme Blut aus der Körperperipherie über das rechte Herz zur Lunge, um es dort erneut mit Sauerstoff zu sättigen (de Marées & Mester, 1991; Trebsdorf, 2003; Schwegler, 2006).

Die Regulierung der Blutströme erfolgt über das Öffnen und Schließen der Herzklappen in Abhängigkeit der Druck- und Volumenverhältnisse beiderseits einer Klappe. Diese Veränderungen sind das Resultat der mechanischen Arbeit des Herzens, die aus einer rhythmisch abwechselnden Anspannungs- und Austreibungsphase (Systole) sowie der Entspannungs- und Füllungsphase (Diastole) besteht. Während der Systole wird das Blut durch die Kontraktion der linken Herzkammer in die Aorta ausgeworfen. Der Systole folgt regelmäßig die Diastole, in der sich die Kammermuskulatur entspannt und die Kammern sich erneut mit Blut füllen. Im Herzzyklus wechseln sich somit rhythmisch zwei Phasen unterschiedlicher Druck- und Volumenzustände ab; die entstehende Druckwelle pflanzt sich im arteriellen Gefäßsystem fort, weshalb der Druck in den Blutgefäßen einen pulsatilen Charakter aufweist. Bei jedem Herzschlag schwankt der Blutdruck in der Aorta und den Arterien zwischen einem maximalen Druckwert während der Austreibungsphase (systolischer Blutdruck) sowie einem minimal herrschendem Druck während der Entspannung des Herzmuskels (diastolischer Blutdruck) (de Marées & Mester, 1991; Stimpel, 2001; Trebsdorf, 2001; Schwegler, 2006; Faller & Schünke, 2008).

Um das für einen kontinuierlichen Blutstrom nötige Druckgefälle aufrecht zu erhalten, wird das im Windkessel der Aorta (Windkesselfunktion) gespeicherte Blutvolumen während der Diastole ausgeworfen. Hierbei dehnt sich die elastische Gefäßwand der Aorta („Compliance“) während der Systole der linken Herzkammer aus und speichert etwa die Hälfte des Schlagvolumens. Lässt der von der linken Herzkammer erzeugte Druck während der Diastole nach, fließt das gespeicherte Volumen unter Wirkung der elastischen Rückstellkräfte in die Peripherie ab. Auf diese Weise wird der diskontinuierliche Blutausschuss der linken Herzkammer in eine kontinuierliche Strömung im Gebiet der Arteriolen und Kapillaren verwandelt (de Marées & Mester, 1991; Stimpel, 2001)

Hinsichtlich der Hämodynamik ist der arterielle Blutdruck aufgrund seiner Abhängigkeit von der während jeder Herzkontraktion ausgeworfenen Blutmenge (Herzzeitvolumen) und dem totalen peripherem Gefäßwiderstand keine konstante Größe. Herzzeitvolumen und peripherer Gefäßwiderstand stehen in einer reziproken Beziehung zueinander: Bei Zunahme des Herzzeitvolumens steigt der Blutdruck, was mit einer Vasodilatation der Gefäße einhergeht. Sinkt der periphere Gefäßwiderstand, wie etwa unter körperlicher Belastung, steigt das Herzzeitvolumen zur Vermeidung

eines Blutdruckabfalls. Bei Zunahme des Herzzeitvolumens und unter Vasokonstriktion der Gefäße, steigt also der Blutdruck; demgegenüber fällt der Blutdruck, wenn Herzzeitvolumen und Gefäßwiderstand sinken. Im Einzelnen wird der systolische Blutdruck hauptsächlich vom Schlagvolumen und der myokardialen Kontraktionsgeschwindigkeit des Herzens sowie der Dehnbarkeit der großen arteriellen Gefäße bestimmt. Der periphere Widerstand der kleinsten Arterien und Arteriolen beeinflusst über die Behinderung der durch die Windkesselfunktion erzeugten Strömung im Wesentlichen den diastolischen Blutdruck. An der Regulation des Blutdrucks sind komplexe physiologische Vorgänge beteiligt (Trebsdorf, 2003; Schwegler & Lucius, 2011).

3.8.2 Regulationsgrößen und Einflussfaktoren

Die Regulation des Blutdrucks erfolgt über nervale, humorale und renale Mechanismen mit dem Ziel der Aufrechterhaltung eines konstanten basalen Blutdrucks. Die Steuerung der Durchblutung wird dabei in erster Linie über den peripheren Gefäßwiderstand und das Herzzeitvolumen bestimmt. Größere kurz-, mittel- und langfristige Blutdruckschwankungen sollen durch die Regulation dieser Kreislaufgrößen vermieden werden (Stimpel, 2001; Trebsdorf, 2003; Faller & Schünke, 2008).

Kurzfristig, z. B. bei körperlicher Aktivität, wird der arterielle Druck überwiegend über nerval vermittelte Veränderungen der Herztätigkeit und den Gefäßtonus eingestellt. Die durch das vegetative Nervensystem (Sympathikus und Parasympathikus) gesteuerten reflektorischen Anpassungsvorgänge des Blutdrucks laufen dabei über Baro- und Chemorezeptoren, die autoregulative Vorgänge vermitteln. Ein Blutdruckabfall induziert über die Stimulation der Rezeptoren eine verstärkte Sympathikusaktivität, die durch die damit einhergehende Ausschüttung von Katecholaminen (Adrenalin, Noradrenalin) zu einer Vasokonstriktion sowie Zunahme des Herzzeitvolumens (Schlagvolumen- und Herzfrequenzsteigerung) führt. Umgekehrt hemmt ein Blutdruckanstieg die sympathische Aktivität und führt damit zu gegenteiligen Veränderungen in den kardialen und vaskulären Stellgrößen (Stimpel, 2001; Schwegler, 2006; Speckman et al., 2008).

Die mittel- und langfristige Regulation des arteriellen Blutdrucks erfolgt überwiegend humoral durch die Einstellung des Blutvolumens. Eine Erhöhung des intravasalen Volumens steigert den arteriellen Blutdruck als Ausdruck einer erhöhten Auswurfleistung des Herzens. Die Niere nimmt in der langfristigen Blutdruckregulation eine dominante Rolle ein. Sie reguliert über die Flüssigkeitsausscheidung das extrazelluläre Volumen und damit das zirkulierende Blutvolumen. Die Niere wird in erster Linie durch humorale Einflüsse und das Renin-Angiotensin-Aldosteron-System (RAAS) unterstützt (Trebsdorf, 2003; Speckmann et al., 2008; Schwegler & Lucius, 2011).

Das RAAS regelt den Flüssigkeitshaushalt durch seine vasopressorische Wirkung. Bei einer Mangel durchblutung der Niere (z. B. bei vermindertem Herzzeitvolumen, Vasokonstriktion, Hyponatriämie) wird über die Aktivierung des RAAS das Enzym Renin freigesetzt und so eine Kaskade verschiedener Hormone freigeschaltet, die den Salz- und Wasserhaushalt des Körpers steuern. Durch das RAAS wird über Angiotensin II die vasokonstriktorische Wirkung des Sympathikus verstärkt und durch dessen Bildung von Aldosteron die Natrium- und Wasserrückresorption gesteigert. Das gleichzeitige Freisetzen von Vasopressin (antidiuretisches Hormon) führt zu einer erhöhten Wasserretention. Der veränderte Natrium- und Wasserhaushalt hat die Konsequenz, dass das Blutvolumen zunimmt und der Blutdruck ansteigt (Speckmann et al., 2008).

Der Blutdruck des Menschen wird neben diesen biologischen Stellgrößen durch endogene (von der Situation unabhängig) und exogene Einflussfaktoren bestimmt. Von wesentlicher Bedeutung ist in diesem Zusammenhang die zirkadiane Blutdruckrhythmik. Der Verlauf des Blutdrucks weist über 24 Stunden einen charakteristischen Tag-Nacht-Rhythmus auf, der durch Tiefstwerte in der Nacht und den frühen Morgenstunden sowie Höchstwerte im Tagesverlauf und am Abend gekennzeichnet ist (Bachmann, 1985; Middeke, 2005). Als exogen beeinflussende Faktoren gelten insbesondere psychische Einflüsse wie Stress und Emotionen. Ob Aufregung, Anspannung oder Angst – das Ausmaß muss bei der Blutdruckmessung berücksichtigt werden. Als klassisches Beispiel einer emotional bedingten Blutdruckänderung sei auf das Phänomen der „Praxishypertonie“ verwiesen. Praxishypertonie bezeichnet nach Middeke (2004) „eine isolierte Blutdrucksteigerung während einer konventionellen Messung in der Praxis oder Klinik“. Es ist die häufigste

Form einer temporären Blutdrucksteigerung, die insbesondere bei Kindern auftritt. Ebenfalls spielen klimatische und physikalische Umgebungsbedingungen sowie Körperposition, Gesundheits- und Trainingszustand, Ernährung, körperliche Aktivität und Gene eine bedeutende Rolle, die im Verlauf der Arbeit intensiver betrachtet wird.

Die arterielle Hypertonie gehört zu den Erkrankungen, die sich chronisch über Jahrzehnte entwickeln und im Kindesalter ihre Wurzeln finden. Inzwischen ist hinreichend bekannt, dass Kinder und Jugendliche gleichermaßen an einer arteriellen Hypertonie erkranken und sich damit einhergehende Folgeschäden, wie auch beim Erwachsenen, frühzeitig diagnostizieren lassen. Für die gesundheitliche Prognose ist der Blutdruck in jüngeren Lebensjahren daher mitbestimmend. Die frühzeitige Prävention und Behandlung eines Bluthochdrucks stellt damit die wichtigste Maßnahme zur Vermeidung arteriosklerotisch bedingter Herz-Kreislauf-Erkrankungen dar (Middeke, 2011; Bao, Threefood, Srinivasan, Berenson, 1995; Chen & Wang, 2008). Es folgt eine sorgfältige Analyse der forschungsrelevanten Literatur zum Blutdruck im Kindes- und Jugendalter. Hierbei liegt das Augenmerk auf der Messung des arteriellen Blutdrucks zum einen und der Rolle des Belastungsblutdrucks sowie seinen Zusammenhängen mit weiteren Risikofaktoren zum anderen.

4 Der Blutdruck im Kindes- und Jugendalter

Der Blutdruck von Kindern und Jugendlichen ist geringer als bei Erwachsenen, geschlechtsabhängig und steigt mit dem Alter und der Körpergröße an. Alter, Geschlecht und Körpergröße gelten damit als genetisch determinierte Einflussfaktoren des kindlichen und juvenilen Blutdrucks.

Entwicklungsbedingte Veränderungen im Kindes- und Jugendalter wie Längen- und Breitenwachstum von Herz und Gefäßsystem tragen dazu bei, dass Schlagvolumen und Herzzeitvolumen ansteigen. Die gleichzeitig geringere Zunahme der Gefäßcompliance und Abnahme des peripheren Widerstands führen insgesamt zu einem Blutdruckanstieg (Keller, 2002). Die durchschnittliche Blutdruckhöhe bei Kindern und Jugendlichen, insbesondere systolisch, steigt mit dem Alter an (Hofman, 1984; de Man et al., 1991; NHBPEP, 2004; Reinehr et al., 2005; Neuhauser, Thamm, Ellert, Hense & Schaffrath Rosario, 2011).

Genetisch beeinflusst wird der Blutdruck ebenso durch das Geschlecht. Ein deutlicher und konsistenter Geschlechtsunterschied zeigt sich allerdings erst ab dem 14. Lebensjahr: Der Blutdruck steigt mit der Pubertät bei Jungen stärker an als bei Mädchen (Hofmann, 1984; Neuhauser et al., 2011). Differenzen bei den Blutdruckgrenzen für Jungen und Mädchen können systolisch daher bis zu 17 mmHg betragen, während sich der diastolische Blutdruck zwischen beiden Geschlechtern kaum unterscheidet (Paradis et al., 2004; Neuhauser et al., 2011).

In der wissenschaftlichen Literatur ist der Zusammenhang zwischen der Körpergröße und dem Blutdruck hinreichend belegt (Panico et al., 1987; Rascher, 2005; Fujita et al., 2010; Burgos et al., 2010; Neuhauser et al., 2011; Durrani & Fatima, 2011; Ma et al., 2012). Der Blutdruck unterscheidet sich auch bei gleichem Alter nach der Körpergröße (NHBPEP, 2004); die KiGGS-Daten weisen Unterschiede von bis zu 2-8 mmHg bei Jungen und 2-6 mmHg bei Mädchen auf (Neuhauser et al., 2011). Der Einfluss der Körpergröße kann im Kontext des Wachstums und der damit verbundenen Veränderung des Blutdrucks erklärt werden (Rascher, 2005). Vermutlich kommt eher die Körpergröße und weniger das Lebensalter als stärkere Ursache für einen reifungsbedingten Blutdruckanstieg in Frage. Große interindividuelle Unterschiede in einer Altersgruppe können demnach auf das verschiedene Wachstum von Jungen und Mädchen während der Reife zurückgeführt werden. Während Mädchen im Wesentlichen bis zum 16. Lebensjahr an Körpergröße zunehmen, gilt dies für Jungen

bis zum Ende des beobachteten Altersbereichs von 18 Jahren (Simons-Morton, Parcel, O'Hara, Blair & Pate, 1988; Neuhauser et al., 2011). Weil mit zunehmendem Alter in der Regel auch ein Größenwachstum verbunden ist, kann von einem starken Zusammenhang beider Wachstumsparameter ausgegangen werden. Diese Abhängigkeit ist bei der Beurteilung des Blutdrucks zu berücksichtigen.

Querschnittstudien mit repräsentativen Stichproben zeigen eine allgemeine Zunahme im systolischen und diastolischen Blutdruckniveau von Kindern und Jugendlichen. Dieser Anstieg lässt sich teilweise auf eine erhöhte Übergewichtsprävalenz zurückführen (Muntner, He, Cutler, Wildman & Whelton, 2004; Sorof, Lai, Turner, Poffenbarger & Portman, 2004; Din-Dzietham, Liu, Bielo, Shamsa, 2007; Ostchega et al., 2009).

4.1 Referenzwerte

Mit dem Körperwachstum ändert sich auch der physiologische Blutdruckbereich bei Kindern und Jugendlichen. Um den beschriebenen altersbedingten Veränderungen des Kindes gerecht zu werden, erfolgt die Beurteilung des Blutdrucks verteilungsbasiert, d. h. anhand der alters-, geschlechts-, und größenabhängigen Perzentile. Sie geben an, wie viel Prozent der gleichaltrigen Kinder und Jugendlichen des gleichen Geschlechts unterhalb des Perzentilwertes liegen und ermöglichen so die verbindliche Beurteilung eines Messwertes im Vergleich zur Referenzpopulation.

Im Jahr 2011 wurden mit der KiGGS-Studie erstmals anhand $n=6210$ Jungen und $n=5989$ Mädchen aktuelle und repräsentative Referenzperzentilen für den Blutdruck von deutschen Kindern und Jugendlichen im Alter von 3 bis 17 Jahren zur Verfügung gestellt (Neuhauser et al., 2011). Für den Praxisalltag bieten die KiGGS-Referenzwerte damit die bislang einzige Möglichkeit den Blutdruck eines Kindes einzuordnen. Die Stärke der Daten liegt überdies darin, dass Kinder und Jugendliche mit einem BMI $\geq 90.$ Perzentile (Übergewicht bzw. Adipositas) aus der Referenzpopulation ausgeschlossen wurden; ebenso Kinder mit chronischen Erkrankungen und unter antihypertensiver Therapie.

Mit den KiGGS-Perzentilen existieren erstmals auf Alter, Größe und Geschlecht basierende repräsentative Referenzwerte für den Blutdruck von Kindern und Jugendlichen. Sie werden daher gegenüber den alten europäischen Perzentilen von

de Man et al. (1991) und den seit dem Jahr 2004 gängigen US-amerikanischen Referenzwerten (NHBPEP, 2004) bevorzugt. Der Einsatz beider Referenzsysteme war aufgrund der heterogenen und gepoolten europäischen Stichprobe sowie der unterschiedlichen Blutdruckverteilung im Ländervergleich ohnehin fraglich (de Man, 1991; Neuhauser et al., 2011, Park, Menard & Schoolfield, 2005; Blake et al., 2000; Wolf-Maier et al., 2003; Rosner, Prineas, Loggie & Daniels, 1993; Andre, Deschamps & Gueguen, 1980). In der erst kürzlich publizierten erstmals verfassten deutschen Leitlinie zur arteriellen Hypertonie bei Kindern und Jugendlichen der Deutschen Gesellschaft für Pädiatrische Kardiologie (DGPK) werden ebenfalls die deutschen Referenzwerte aus der KiGGS-Studie empfohlen (Hager et al., 2013).

Persistierende Messwerte oberhalb der entsprechenden alters-, geschlechts-, und größenabhängigen Perzentile werden als Bluthochdruck definiert. Blutdruckwerte zwischen der 90. und 95. Perzentile gelten als hoch normal und stellen wie bei Erwachsenen einen Risikofaktor für Hypertonie dar (Pletcher et al., 2008). Eine normotensive Blutdrucklage liegt demnach vor, wenn der Messwert unterhalb der 90. Perzentile liegt. Ein Vergleich mit den amerikanischen Referenzwerten zeigt, dass die 95. KiGGS-Perzentile im Altersverlauf mit Ausnahme der Jungen über 14 Jahre niedriger liegt (Neuhauser et al., 2011).

Angesichts der großen intra- und interindividuellen Schwankungen sind für eine Diagnosestellung wiederholte Einzelmessungen an verschiedenen Tagen nötig, die ein dauerhaftes Überschreiten des Grenzwertes bei wenigstens drei Messungen berichten (NHBPEP, 2004; Lurbe et al., 2009; Hager et al., 2013). Die klinische Diagnose gründet dann auf weiterführenden Untersuchungen (z. B. durch eine Langzeitblutdruckmessung), um den Verdacht auf eine arterielle Hypertonie durch weitere standardisierte Messmethoden zu verifizieren (vgl. Kapitel 4.4 und Kapitel 4.4.1).

Ein erhöhter Blutdruck ist in der Kindheit und Adoleszenz oftmals asymptomatisch. Kopfschmerzen, Schwindel oder etwa Lern- und Konzentrationsstörungen können jedoch auch bei Kindern und Jugendlichen mit erhöhten Blutdruckwerten einhergehen (Wühl & Mehls, 2007). Eine alleinige Diagnosestellung nach typischen Symptomen ist wenig zielführend (Croix & Feig, 2006). Zur Aufdeckung hoch normaler bzw. behandlungsbedürftiger Blutdruckwerte sind deshalb routinemäßige Blutdruckmessungen erforderlich. In der Praxis ist die Messung des

Gelegenheitsblutdrucks allerdings sowohl aus diagnostischer als auch aus prognostischer Sicht mit einigen Problemen behaftet.

Zum einen können mit der Festlegung von Blutdruckreferenzwerten anhand von Perzentilen keine risikobezogenen Aussagen getroffen werden. Da sich die Werte an einer rein statistischen Norm und somit völlig unzureichend am kardiovaskulären Risiko orientieren, darf ein als „normal“ eingestufte Messwert nicht zwingend als physiologisch interpretiert werden. In der Praxis ist die korrekte Beurteilung eines Messwertes daher problematisch, da kein pathologischer Blutdruckbereich definiert ist, ab dem das kardiovaskuläre Risiko ansteigt. Im Vergleich zur risikoadaptierten Definition bei Erwachsenen existieren derzeit keine eindeutigen Prognosedaten zu Blutdruckwerten im Kindes- und Jugendalter. Eine risikobezogene Analyse von Blutdruckmesswerten bei Heranwachsenden ist derzeit unmöglich. Mittels ausreichend großer Kohortenstudien mit langem Follow-up muss eine qualitative Erweiterung der Perzentilen angestrebt werden. Nur eine Definition von Norm- und Zielwerten, die mit einem unterschiedlichen gesundheitlichen Risiko verbunden sind, erlauben Aussagen zur prognostischen Bedeutung eines bestimmten Blutdrucks (Bachmann, 1985; Waiten & Hesse, 2005; Weisser, 2009; Lurbe et al., 2009; Thompson, Dana, Bougatso, Blazina & Norris, 2013).

Zum anderen sind reproduzierbare Messwerte aufgrund der Abhängigkeit von psychischen Einflüssen besonders in der Pädiatrie nur schwer zu realisieren (Franz, 1982; Bachmann, 1985; Franz, 1993). In diesem Problem liegt gleichzeitig die Motivation für die vorliegende Forschungsarbeit. Das Erkenntnisinteresse richtet sich dabei primär auf die Untersuchung des Blutdrucks während körperlicher Belastung und dessen Assoziation zu weiteren kardiovaskulären Risikofaktoren. Der Belastungsblutdruck von Heranwachsenden dürfte wertvolle Informationen für die Beurteilung des kindlichen Blutdruckniveaus mitbringen, die die mit einer alleinigen Messung des Gelegenheitsblutdrucks gewonnen Hinweise ergänzen oder sogar über sie hinausgehen.

4.2 Ätiologie und Prävalenz der arteriellen Hypertonie

Wie bei Erwachsenen werden primäre von sekundären Hypertonieformen unterschieden. Bei der primären Hypertonie handelt es sich um eine multifaktorielle Regulationsstörung, die sich mit der Zeit zu einer schweren Erkrankung entwickeln

kann. Diese Form wird inzwischen auch häufiger bei Heranwachsenden diagnostiziert (Middeke, 2011). Während der juvenile primäre Bluthochdruck eine wesentliche Folge genetischer und lebensstilassoziierter Faktoren ist (Sorof et al., 2004; Ostchega et al., 2009, Prineas & Elkwiry, 1992; Sorof & Daniels, 2002; Singh, 2006; Torrance, McGuire, Lewanczuk & McGavock, 2007; Keller, 2009), lässt sich die sekundäre Form auf eine spezifische Organerkrankung zurückführen. Je schlanker und jünger ein hypertensives Kind ist, desto wahrscheinlicher ist das Vorliegen einer sekundär bedingten Blutdruckerhöhung, welche als Folge einer anderen Pathologie in Erscheinung tritt (Flynn & Aldermann, 2005; Viera & Neutze, 2010; Hager et al., 2013). Dazu gehören vor allem renale Erkrankungen, wie die akute und chronische Glomerulonephritis, chronische Niereninsuffizienz, Refluxnephropathie oder die polyzystische Nierenerkrankung. Es folgen renovaskuläre Ursachen wie Aortenisthmusstenose, Nierenarterienstenose oder fibromuskuläre Dysplasie. Sehr seltene endokrine Hypertonieformen sind Erkrankungen der Nebenniere (Chushing-Syndrom, Hyperaldosteronismus, adrenogenitales Syndrom, Hyperthyreose) oder katecholaminproduzierende Tumoren wie Phäochromozytom oder Neuroblastom. Es ist unwahrscheinlich, dass bei sekundärer Hypertonie erhöhte Blutdruckwerte die alleinige klinische Manifestation der zugrunde liegenden Erkrankung sind (Sadowski & Falkner, 1996; Flynn, 2001; Kay, Sinaiko & Daniels, 2001; Viera & Neutze, 2010). Im Erwachsenenalter wird die sekundäre Form mit einer Häufigkeit von ca. 10% wesentlich seltener diagnostiziert als bei Kindern. Im prepubertären Alter sollte bei erhöhten Blutdruckwerten dagegen immer eine Diagnostik zum Ausschluss organischer Ursachen erfolgen. Insbesondere bei Kindern unter 10 Jahren ist ein Bluthochdruck häufig aber nicht zwangsläufig ein sekundäres Phänomen. Später kommen sekundäre Hypertonieformen immer seltener vor; die Zahl der Heranwachsenden mit einer essentiellen Hypertonie steigt dann als Folge des Zusammenwirkens genetischer, lebensstilassoziierter, sozioökonomischer und umweltbedingter Faktoren (Middeke, 2005; NHBPEP, 2004).

Letztlich wird am Beispiel der arteriellen Hypertonie deutlich, dass die Folgen gesundheitlichen Fehlverhaltens eben nicht erst im Erwachsenenalter ihre Wirkung zeigen. Da praktisch alle kardiovaskulären Risikofaktoren im Erwachsenenalter bereits bei Heranwachsenden relevant sind (vgl. Kapitel 5), verwundert es nicht, dass auch Kinder und Jugendliche zunehmend häufiger an der essentiellen Hypertonie erkranken (Fuiano, Luciano, Pilotto & Pietrobelli, 2006; Sorof et al., 2004; Chiolerio et al., 2007,

Díaz & Garin, 2007). Allerdings wird ein Teil der hypertensiven Kinder mit großer Wahrscheinlichkeit zu hypertensiven Erwachsenen heranwachsen – ein Phänomen, das als „Tracking“ (vgl. Kapitel 4.3) bezeichnet wird (Chen & Wang, 2008; Thompson et al., 2013).

Anders als in der Vergangenheit wird in der internationalen Literatur heute deutlich häufiger über Bluthochdruck in verschiedenen Bevölkerungen und dessen Ursachen und Folgen berichtet sowie Zusammenhänge mit weiteren kardiovaskulären Risikofaktoren im Kindes- und Jugendalter untersucht. Hansen, Gunn und Kaelber (2007) kamen in eigenen Untersuchungen zu dem Ergebnis, dass Bluthochdruck bei 3- bis 18-jährigen Kindern und Jugendlichen erheblich unterdiagnostiziert wird, da zur Diagnosestellung überwiegend Normwerte für Erwachsene zugrunde gelegt werden. Tatsächlich lassen sich mit zunehmendem Alter immer häufiger Blutdruckwerte messen, die im Bereich der international anerkannten Blutdruckgrenzen für Hypertonie bei Erwachsenen liegen (Chobanian et al., 2003; Mancia et al., 2013). Derartige Messwerte sind besonders besorgniserregend. Die Daten der KiGGS-Studie zeigen, dass die Hälfte der 14- bis 17-jährigen Jungen ($n=1002$) und ein Viertel der gleichaltrigen Mädchen ($n=475$) Messwerte aufwiesen, die bereits oberhalb des für Erwachsene als optimal geltenden Schwellenwertes von 120/80 mmHg lagen; darunter waren 6% männliche und 1,4% weibliche Jugendliche mit Messwerten $\geq 140/90$ mmHg (Neuhauser, Schaffrath Rosario, Thamm & Ellert, 2009). Bei jeweils mehr als der Hälfte der auffälligen Jugendlichen konnten weitere kardiovaskuläre Risikofaktoren diagnostiziert werden.

In den vergangenen zehn Jahren stieg die Hochdruckprävalenz in den USA um 1-2% (Din-Dzietham et al., 2007), in longitudinalen Blutdruckstudien zwischen 1963-2002 wird die Zunahme mit der Übergewichtsepidemie begründet (Muntner, He, Cutler, Wildman & Whelton, 2004; Din-Dzietham et al., 2007). Definitionsgemäß liegt die Prävalenz der essentiellen arteriellen Hypertonie im Kindes- und Jugendalter bei 1-5% (Sinaiko, Gomez-Martin & Prineas, 1989; Reinehr, Bürk & Andler; 2001; NHBPEP, 2004; Genovesi et al., 2005; McNiece et al., 2007; Lurbe, Álvarez & Redon, 2010; Obarzanek et al., 2010). Über wesentlich höhere Prävalenzen von bis zu 11% wird bei übergewichtigen und adipösen Kindern und Jugendlichen berichtet (Sorof et al., 2004; Chioloro et al., 2007).

Diese Zahlen sind allerdings vor dem Hintergrund zu betrachten, dass die Grenzen zwischen Normotonie und Hypertonie im Kindes- und Jugendalter willkürlich und auf Basis einer statistischen Verteilung gezogen werden. Prinzipiell aber ist dann ein Blutdruck pathologisch, der vom physiologischen Bereich abweicht und damit mit einem erhöhten kardiovaskulären Risiko einhergeht. Nur von einer statistischen Norm abweichende Blutdruckerhöhungen erfüllen diese Definition nicht zwangsläufig. Damit ist die Häufigkeit der arteriellen Hypertonie sicherlich nur scheinbar geringer als im Erwachsenenalter. Zudem gehen einige Autoren von einer erheblichen Dunkelziffer von hypertensiven Kindern und Jugendlichen aus (Hansen et al., 2007; Brady, Solomon, Neu, Siberry & Parekh, 2010).

4.3 Tracking

Die essentielle Hypertonie tritt weitaus früher als im Erwachsenenalter ein. Mit einem Screening des Blutdrucks von Kindern und Jugendlichen wird das Ziel verfolgt, einen Bluthochdruck frühzeitig zu diagnostizieren, ggf. zu intervenieren und so das Fortschreiten der Erkrankung bis ins Erwachsenenalter zu verzögern oder sogar aufzuhalten. Auf die mit einem Bluthochdruck verbundenen persönlichen und ökonomischen Belastungen könnte auf diese Weise eine positive Wirkung erzielt werden. Tatsächlich weist die Studienlage inzwischen darauf hin, dass erhöhte Blutdruckwerte in der Kindheit und Jugend bis ins Erwachsenenalter bestehen bleiben (Blutdruck-Tracking). Im Folgenden sollen die wichtigsten Ergebnisse zweier großer Übersichtsarbeiten aus dem Jahr 2008 (Chen & Wang, 2008) und dem Jahr 2013 (Thompson et al., 2013) in Kürze dargestellt werden.

Die Anzahl an durchgeführten Längsschnittstudien zur Beurteilung des Blutdruck-Trackings nahm in den zurückliegenden Jahren deutlich zu. Die Ergebnisse weisen weitgehend konsistent auf einen positiven Zusammenhang zwischen dem Blutdruck im Kindes- und Erwachsenenalter hin (Rosner, Hennekens, Kass & Miall, 1977; Clarke, Schrott, Leaverton, Connor & Lauer, 1978; Zinner, Margolius, Rosner & Kass, 1978; Voors, Webber & Berenson, 1979; Webber, Cresanta, Voors & Berenson, 1983; Berenson, Cresanta & Webber, 1984; Michels, Bergstralh, Hoverman, O'Fallon & Weidman, 1987; Lauer & Clarke, 1989; Nelson, Ragland & Syme, 1992; Yong & Kuller, 1994). Einige Studien berichten, dass die Stärke des Zusammenhangs wesentlich vom Geschlecht, Alter zum Zeitpunkt der Erstuntersuchung und der Länge der

Beobachtungszeit abhängig ist (de Swiet, Fayers & Shinebourne, 1980; Lauer, Clarke, Burns & Mahoney, 1991; Hait, Lemeshow & Rosenman, 1982; Suh et al., 1999). Hinweise auf ethnische Unterschiede können nicht eindeutig geklärt werden (Rosner et al., 1987; Gillman et al., 1991; Bao et al., 1995; Manatunga, Jones & Pratt, 1993; Dekkers, Snieker, Van den Oord & Treiber, 2002).

Die von Chen & Wang (2008) durchgeführte Meta-Analyse berichtet von Korrelationskoeffizienten zwischen $r=0,12-0,80$ für den systolischen und $r=0,16-0,70$ für den diastolischen Blutdruck. Insgesamt konnten im Durchschnitt schwache bis moderate Korrelationen (systolisch: $r=0,38$, diastolisch: $r=0,28$) zwischen kindlichem und adultem Blutdruck gefunden werden. Im Hinblick auf geschlechtsabhängige Unterschiede im Tracking konnten die Autoren keine eindeutigen Aussagen treffen, da die Studien zu divergierenden Ergebnissen kamen (Yong & Kuller, 1991; Lauer & Clarke, 1989; Woelk, 1994). Je älter die Kinder zum Zeitpunkt der Erstuntersuchung waren, desto stärker war der Zusammenhang mit dem späteren Blutdruckniveau ausgeprägt. Die Untersuchungen deuten darauf hin, dass das Blutdruck-Tracking bereits im Säuglingsalter beginnt und mit zunehmendem Wachstum stärker wird (de Swiet et al., 1980; Zinner, Rosner, Oh & Kass, 1985). In der Bogalusa Heart Study waren die Blutdruckwerte im Altersbereich von 10 bis 14 Jahren stärker mit dem Wert aus der Nachbeobachtung korreliert, als der Blutdruck im Kindheitsalter (5-9 Jahre) (Bao et al., 1995). Die Autoren begründen die schwächeren Tracking-Ergebnisse mit der Schwierigkeit, den Blutdruck insbesondere bei jüngeren Kindern korrekt zu messen. Die Länge der Beobachtung wirkte sich dagegen minimierend auf die Stärke des Zusammenhangs aus. Während die Korrelation mit dem späteren systolischen Blutdruck bei einem Follow-up von fünf Jahren noch bei $r=0,42$ lag, fand sich nach zehn Jahren nur noch ein Koeffizient von $r=0,38$.

Zudem bemerkten die Autoren, dass das Ausmaß des Trackings nicht wesentlich von der Anzahl der Blutdruckmessungen abhängig war; eine Analyse zur womöglich größeren Bedeutung von mehreren Messungen an verschiedenen Tagen (Gillman & Cook, 1995) konnte allerdings aufgrund der begrenzt verfügbaren Daten nicht durchgeführt werden. Wesentliche Tracking-Unterschiede zwischen Europäern und Amerikanern liegen den Autoren zufolge nicht vor; dagegen können ethnische Differenzen im Blutdruck-Tracking nicht abschließend bestätigt werden. Ergebnisse der Bogalusa Heart Study (Bao et al., 1995) und der Child and Adolescent Trial for

Cardiovascular Health Cohort Study (Kelder et al., 2002) waren hierbei insofern widersprüchlich, als dass bei Letzterem stärkere Tracking-Koeffizienten bei schwarzen gegenüber weißen Heranwachsenden gefunden wurden. Weiterhin ist der blutdrucksteigernde Effekt von Übergewicht und Adipositas bei Tracking-Befunden zu berücksichtigen (Burke, Beilin & Dunbar, 2001; Law et al., 2002).

In einem großen kürzlich erschienen systematischem Review ausschließlich englischsprachiger Literatur kamen die Autoren zu dem Fazit, dass sich die arterielle Hypertonie von der Kindheit bis ins Erwachsenenalter fortsetzt. Für die prädiktive Bedeutung eines Blutdrucks hinsichtlich späterer Endorganschäden liegt jedoch nur eine geringe Evidenz vor (Thompson et al., 2013).

Aufgrund der hohen Variabilität des Blutdrucks und unterschiedlich herangezogener Kriterien für die Definition von Bluthochdruck bei Kindern und Erwachsenen kommen Studien zu völlig divergierenden Tracking-Ergebnissen. Insgesamt können in sieben Längsschnittstudien Beweise für einen Zusammenhang zwischen erhöhten bzw. hohen Blutdruckwerten in der Kindheit und dem Erwachsenenalter geliefert werden. In zwei weiteren Studien zeigte sich eine signifikante Assoziation zur späteren Intima-Media-Dicke der Arteria Carotis; in einer anderen Untersuchung ließen sich Erkenntnisse hinsichtlich einer Mikroalbuminurie im Erwachsenenalter nachweisen. Ein Vergleich der Ergebnisse ist wegen methodischer Mängel und uneinheitlicher Grenzwerte oder gar fehlender Angaben schwierig. Die untersuchten Kohorten entstammen der Bogalusa Heart Study (Bao et al., 1995; Hoq, Chen, Srinivasan & Berenson, 2002; Li et al., 2003; Shear, Burke, Freedman, Webber & Berenson, 1987), Muscatine Study (Lauer, Clarke, Mahoney & Witt, 1993), Fels Longitudinal Study (Sun et al., 2007; Beckett, Rosner, Roche & Guo, 1992), Young Finns Study (Juhola et al., 2011; Raitakari et al., 2003) und einer Kohorte aus Boston (Gillman et al., 1993).

Die Cardiovascular Risk in Young Finns Study ist eine der größten Follow-up-Studien, in der zwischen 1980 und 2002 die Beziehung zwischen kardiovaskulären Risikofaktoren im Kindes- und Erwachsenenalter untersucht wurde. Nach knapp 20 Jahren konnten Daten von $n=2204$ Erwachsenen zwischen 30 und 45 Jahren ausgewertet werden, die 1980 zum ersten Mal im Alter von 3 bis 18 Jahren untersucht wurden. Dabei stellte sich heraus, dass hoch normale bzw. hohe Blutdruckwerte (NHBPEP, 2004) bei 3- bis 9-Jährigen bereits mit einer sicheren Vorhersage für Hypertonie bei Männern (Odds Ratio 2,8; 95% KI 1,5-5,1) und Frauen (OR 2,4; 95%

KI 1,1-5,2) einhergingen; ähnliche Ergebnisse ließen sich für den Altersbereich von 12 bis 18 Jahren finden (Juhola et al., 2011). Die Daten der Fels Longitudinal Study ($n=493$) stimmen mit der finnischen Studie überein; das Odds Ratio reichte von 3,5-3,8 für Jungen im Alter von 5 bis 13 Jahren und 2,7-4,5 für Mädchen im Alter von 5 bis 18 Jahren. Für 14- bis 18-jährige Jungen konnten keine signifikanten prädiktiven Aussagen für einen späteren Hochdruck getroffen werden (OR 1,1; 95% KI 0,5-2,4) (Sun et al., 2007). Gillman et al. (1993) kamen bei $n=317$ Kindern im Alter von 10 Jahren, deren Blutdruckwerte zwischen der 75. und 99. Perzentile lagen, nach zehnjährigem Follow-up zu einer moderaten Sensitivität (bis 0,66) und hohen Spezifität (bis $> 0,99$) sowie moderat positiven Vorhersagewerten von bis zu 0,65 für Blutdruckwerte oberhalb der 90. Perzentile. Insgesamt reichten die positiv prädiktiven Werte in dieser Studie von 0,19 bis 0,65. Aus den Datenanalysen der Bogalusa Heart Study wurde ersichtlich, dass mit einem Cut-off bei der 80. Perzentile das beste Gleichgewicht aus Sensitivität und Spezifität für die Vorhersage einer späteren Hypertonie gegenüber höheren Grenzwerten erzielt werden konnte (Shear et al., 1987). Eine spätere Untersuchung der Bogalusa Heart Study mit $n=1505$ Probanden und einer Nachbeobachtungszeit von 15 Jahren ergab, dass Kinder (5-14 Jahre), deren Blutdruck zu Studienbeginn in der höchsten Quintile lag, dreimal häufiger an Bluthochdruck erkrankten im Vergleich zu denjenigen, deren Blutdruckwerte sich in den unteren Quintilrängen befanden (Risk Ratio, systolisch: 3,6; 95% KI 2,5-5,1 und diastolisch: 2,5; 95% KI 1,8 bis 3,6) (Bao et al., 1995). Die Ergebnisse von Beckett et al. (1992) aus der Fels Longitudinal Study sowie aus der Muscatine Study von Lauer und Kollegen (1993) sprechen ebenfalls für positive Tracking-Befunde.

Zwei Beobachtungsstudien konnten zeigen, dass erhöhte Blutdruckwerte in der Kindheit wichtige Prädiktoren für kardiovaskuläre Morbidität im Erwachsenenalter sind. Als Endpunkte wurden dabei intermediäre Parameter wie die Intima-Media-Dicke der Arteria Carotis und die arterielle Steifigkeit herangezogen. Die mit Ultraschall gemessene Intima-Media-Dicke stellt einen verlässlichen Marker für präklinische Arteriosklerose dar (Hodis et al., 1998), da sie stark mit dem Risiko einer späteren vaskulären Erkrankung korreliert (Berenson, 2002; Poli et al., 1988). Gleiches trifft für die arterielle Steifigkeit zu (Wada, Kodeira & Fujishiro, 1994).

Die Befunde der Studien zum Zusammenhang zwischen einem in der Kindheit vorliegendem Bluthochdruck und der Intima-Media-Dicke im Erwachsenenalter sind

teilweise widersprüchlich. In der Young Finns Study fand sich für den Altersbereich von 12 bis 17 Jahren ein sehr schwacher, aber signifikanter Zusammenhang mit der Intima-Media-Dicke bei einer Beobachtungszeit von 21 Jahren ($R^2=0,013$; $p<0,001$); diese Assoziation war allerdings nicht unabhängig von weiteren Risikofaktoren wie LDL-Cholesterin, BMI und Rauchstatus (Raitakari et al., 2003). Dagegen kamen Li et al. (2003) mittels Daten der Bogalusa Heart Study zu keinen mit der Intima-Media-Dicke assoziierten signifikanten Ergebnissen (höchste vs. übrige Quintilen: OR 1; 95% KI 0,8-1,25). In einer älteren Arbeit mit derselben Kohorte erwies sich jedoch einzig der systolische Blutdruck in der Kindheit als statistisch signifikanter Prädiktor für die spätere arterielle Steifigkeit (Li, Chen, Srinivasan & Berenson, 2004).

In einer weiteren Studie der Bogalusa Heart Study mit $n=2122$ Kindern (mittleres Alter von 10 Jahren) ließen sich signifikante Zusammenhänge mit einer Mikroalbuminurie nach einer Beobachtungszeit von 16 Jahren nachweisen; diese betrafen allerdings ausschließlich farbige Studienteilnehmer (Hoq et al., 2002).

In Anbetracht der aus den Längsschnittstudien gewonnenen Befunde, ist davon auszugehen, dass der Blutdruck im Kindes- und Jugendalter wesentlich mit dem späteren kardiovaskulären Risiko assoziiert ist und als Prädiktor für eine adulte Hypertonie herangezogen werden kann. Die Sensitivität und Spezifität reichte von 0 bis 0,66 bzw. 0,77 bis 1. Der aus den Studien ermittelte positive prädiktive Vorhersagewert für eine manifeste arterielle Hypertonie im Erwachsenenalter bei bereits hoch normalen bzw. hohen Messwerten in der Kindheit betrug 19-65%; das Odds Ratio lag bei 1,1-4,5, das relative Risiko für einen adulten Bluthochdruck ist bei auffälligen Werten in der Kindheit bis zu 9-mal höher als bei optimalen Blutdruckwerten (Risk Ratio: 1,5-9). Deutsche Studien zum Tracking konnten nicht gefunden werden. Im Zusammenhang mit der hier dargestellten Datenlage stellt sich gleichzeitig die Frage, welche diagnostische und prognostische Aussagekraft ein Blutdruckwert bei unterschiedlich verwendeten Messtechniken hat. Die entsprechenden Methoden und Prinzipien werden nachfolgend erörtert und angesichts ihrer Relevanz für die vorliegende Untersuchung diskutiert.

4.4 Messung des arteriellen Blutdrucks

Weltweit ist die Messung des Blutdrucks in Millimeter Quecksilbersäule (mmHg) das am häufigsten durchgeführte medizinisch-technische Verfahren. In der Methodik der Blutdruckmessung wird die direkte (invasive, blutige) mittels Punktion einer Arterie von der indirekten (nicht-invasiven, unblutigen) Messung mit Hilfe einer Manschette an einer Extremität unterschieden.

Für die Praxis haben sich die nicht-invasiven Messmethoden aufgrund der schnellen, kostengünstigen und einfachen Durchführung etabliert. Die auskultatorische Bestimmung des Blutdrucks nach dem Messprinzip von Riva-Rocci und Korotkoff wird weltweit als Goldstandard empfohlen (WHO/ISH-Guidelines-Subcommittee, 1999; DHL, 2005; Mancia et al., 2007). Der Blutdruck wird hierbei durch ein Anaeroid-Manometer mittels Stethoskop auf der Innenseite des Oberarmes über der Arteria brachialis beim Auftreten und Verschwinden der Korotkoff-Geräusche bestimmt. Mit dem Aufpumpen der Manschette über 30 mmHg des palpatorisch bestimmten systolischen Blutdrucks wird die A. brachialis zunächst komprimiert, um dann die pulssynchronen Strömungsgeräusche bei sinkendem Manschettendruck auskultatorisch zu bestimmen. Der Druck, der zu Beginn der Geräusche abgelesen werden kann, entspricht dem systolischen Blutdruckwert (Phase I nach Korotkoff). Bei weiterem Ablassen des Manschettendrucks (Phase II/III) deutet ein Leiser- bzw. Dumpferwerden der Geräusche auf das allmähliche Nachlassen der Kompression auf die Arterie hin („Muffling“; Phase IV). Kann das Blut ungehindert und damit geräuschlos durch die Arterie fließen, verschwinden die Töne völlig. Dieser Punkt gilt als auskultatorisches Kriterium des diastolischen Blutdruckwertes (Phase V).

Die Erfassung des Blutdrucks sollte stets unter standardisierten Bedingungen stattfinden, um eine methodisch korrekte Messung sicherzustellen (DHL, 2005). Diese ist nach einer mindestens fünfminütigen Ruhephase in möglichst bequemer Sitzhaltung und stressfreier Umgebung zunächst an beiden Oberarmen durchzuführen. Größere Blutdruckseitendifferenzen können Hinweise für periphere arteriosklerotische Gefäßerkrankungen liefern und deuten auf ein erhöhtes kardiovaskuläres Risiko hin (Clarke, Taylor, Shore, Ukoumunne & Campbell, 2012). Die Manschette wird luftleer und auf Herzhöhe des entkleideten Oberarmes angelegt, sodass sie 2,5 cm oberhalb der Ellenbeuge abschließt. Die Breite des aufblasbaren Gummiteils sollte 2/3 der Oberarmlänge betragen und sich an der Innenseite des

Oberarmes befinden. Während der Messung ist der Arm leicht angewinkelt und völlig entspannt. Bei Erstmessung wird die Manschette unter Palpation des Radialis- oder Brachialis pulses schließlich auf 30 mmHg über dem Punkt des Verschwindens aufgepumpt, um Fehlinterpretationen des systolischen Blutdrucks infolge der „auskultatorischen Lücke“ zu vermeiden. Der Manschettendruck wird anschließend gleichmäßig mit einer Geschwindigkeit von 2-3 mmHg/Sekunde abgelassen, damit die Auskultation der Korotkoff-Geräusche möglichst exakt geschehen kann. Das Stethoskop ist dazu an der Innenseite des Oberarmes über der A. brachialis ohne Kompression der Arterie oder Kontakt mit der Manschette zu platzieren. Es sollten mehrere Messungen im Abstand von 1-2 Minuten erfolgen (DHL, 2005).

Neben der auskultatorischen Methode ist es zusätzlich möglich, den Blutdruck durch oszillometrische halbautomatische oder automatische Blutdruckmessgeräte zu ermitteln. Die oszillometrische Messtechnik nutzt die blutdruckabhängigen Druckschwankungen der Pulswelle (Oszillationen) in den Arterien. Entsprechende Blutdruckmessgeräte registrieren diese Oszillationen und rechnen diese in Blutdruckwerte um. Der Einsatz einer jeden Messmethode bringt Vor- und Nachteile mit sich, die in Abhängigkeit der Untersuchungsbedingungen abgewogen werden müssen (DHL, 2005).

Die Blutdruckmessung kann inzwischen in unterschiedlichen Settings als Praxis- oder Klinikmessung durch den behandelnden Arzt oder das ärztliche Personal sowie als Heim- bzw. Selbstmessung und ergänzend mittels ambulantem Langzeitblutdruckmonitoring erfolgen. Nationale und internationale Leitlinien empfehlen, dass die Gelegenheitsmessung bei Erwachsenen zumindest durch eine ambulante 24-Stunden-Blutdruckmessung, Selbstmessung oder Messung während ergometrischer Belastung ergänzt werden sollte (Deutsche Liga zur Bekämpfung des hohen Blutdrucks, 1997; Mancia et al., 2007). In den vergangenen Jahren haben sich Blutdruckselbstmessungen unter häuslichen Bedingungen und ambulante 24-Stunden-Messungen etabliert. Die Blutdruckselbstmessung durch den Patienten wird als sinnvolle Ergänzung zu den Praxismessungen gesehen. Die selbst gemessenen Werte korrelieren besser mit der kardiovaskulären Mortalität als die Praxismesswerte (Mancia et al., 1997; Sakuma et al., 1997). Weitere Vorteile der Selbstmessung liegen unter anderem in der Möglichkeit zur kostengünstigen Therapieüberwachung sowie der starken Einbeziehung des Patienten in das

Management seiner Krankheit und der daraus oft resultierenden Verbesserung der Compliance (Zarnke, Feagon, Mahon & Feldman, 1997). Die ambulante Langzeitmessung dient dazu, tageszeitabhängige Blutdruckveränderungen und Blutdruckspitzen zu erkennen. Damit ermöglicht sie eine genaue Risikoabschätzung bzw. eine Überprüfung der Wirkung antihypertensiver Medikamente. In Studien konnten die Vorteile der Langzeitdaten gegenüber der konventionellen Blutdruckmessung auch im Hinblick auf das kardiovaskuläre Risiko eindeutig belegt werden (Mancia et al., 1997; Fagard, Staessen & Thjis, 1997; Verdecchia et al., 1990; Mancia et al., 2001). Die Messung des Blutdrucks während ergometrischer Belastung hat sich zumindest bei Erwachsenen aufgrund der diagnostischen, prognostischen und therapeutischen Vorteile des Belastungsblutdrucks bewährt (Filipovski, Duchimetiere & Safar, 1992; Mundal et al., 1994). Für Kinder und Jugendliche gehen entsprechende Hinweise aus einer nur ungenügend vorhandenen Datenlage hervor, die es galt mittels umfangreicher Blutdruckmessungen während Belastung zu erweitern.

4.4.1 Blutdruckmessung bei Kindern und Jugendlichen

Das Ziel jeder Diagnostik ist der Nachweis dauerhaft erhöhter Blutdruckwerte sowie der Ausschluss bzw. Nachweis einer sekundären Hypertonie und von Endorganschäden (vgl. Kapitel 4.6) sowie die Identifizierung weiterer kardiovaskulärer Risikofaktoren. Es wird empfohlen den Blutdruck bei allen Kindern über 3 Jahren im Rahmen jeder körperlichen Untersuchung zu messen. Bei unter 3-Jährigen sollen einzelne Risikofaktoren über die Notwendigkeit weiterer Blutdruckmessungen entscheiden. Dazu zählen beispielsweise Adipositas, Früh- oder Mangelgeburtlichkeit, chronische Nierenerkrankungen, blutdruckwirksame Medikamente und Schlafapnoe (NHBPEP, 2004).

Nach nationalen und internationalen Richtlinien basiert die Diagnosesicherung der Hypertonie auf mehreren, über einen definierten Zeitraum (von Wochen bis Monaten), aufeinanderfolgenden standardisierten Messungen des Gelegenheitsblutdrucks (NHBPEP, 2004; Lurbe et al., 2009; Hager et al., 2013). Auf diese Weise sollen Messfehler und situative Blutdruckschwankungen, wie z. B. durch Angst oder Aufregung („Weißkittelhypertonie“), ausgeschlossen und sichergestellt werden, dass auch tatsächlich auffällige Werte einer weiteren klinischen Betrachtung unterzogen werden. Aus einer Kohortenstudie mit $n=14187$ Kindern in den Vereinigten Staaten

geht jedoch hervor, dass nur bei einem Viertel ($n=131$) aller Kinder mit erhöhten Blutdruckwerten ($n=507$) die Diagnose eines Bluthochdrucks gestellt wurde, was darauf hindeutet, dass Wiederholungsmessungen in der Praxis überwiegend selten eingeholt werden, um eine Hypertonie zu bestätigen oder auszuschließen (Hansen et al., 2007). Aktuelle Befunde einer US-amerikanischen Studie weisen ebenfalls darauf hin, dass die Empfehlungen zur Diagnostik wenig Berücksichtigung finden. Nur bei einem Fünftel der 3- bis 17-jährigen Kinder und Jugendlichen, bei denen im Rahmen einer Routineuntersuchung erstmalig erhöhte Werte aufgefallen waren, wurde eine erneute Blutdruckmessung innerhalb eines Monats durchgeführt. Hierbei fanden Daley und Kollegen (2013) anhand einer Datenbankrecherche dreier Gesundheitszentren heraus, dass multiple Blutdruckmessungen bei insgesamt $n=72625$ Kindern und Jugendlichen durchgeführt wurden. Unter ihnen waren bei $n=6108$ (8,4%) Heranwachsenden mindestens einmal erhöhte Blutdruckwerte festgestellt worden. Bei den unter 8-Jährigen überstieg überwiegend der diastolische Wert die 95. Perzentile, während bei den älteren Kindern und Jugendlichen eine systolische Druckerhöhung vorlag. Nur bei $n=1275$ Kindern (20,9%) ist der Blutdruck den Empfehlungen zufolge innerhalb eines Monats kontrolliert worden. Bei $n=2130$ Kindern (34,9%) lagen zwei bis sechs Monate und bei $n=1153$ sieben bis zwölf Monate zwischen der ersten und erneuten Kontrollmessung. Bei einem weiteren Viertel der Kinder und Jugendlichen war auch innerhalb eines Jahres keine wiederholte Messung erfolgt. Lediglich bei $n=84$ Kindern (1,4%) bestand schließlich eine durch drei aufeinanderfolgende Messungen gestellte persistierende Hypertonie. Für eine leitliniengerechte Kontrolle waren das Alter und die Anzahl der vorhergegangenen Konsultationen entscheidend. Ebenfalls erfolgte eine erneute Kontrolle bei denjenigen deutlich seltener, deren erhöhte Werte im Rahmen einer Vorsorgeuntersuchung aufgefallen waren, im Vergleich zu Kindern die aus anderen Gründen einen Arzt aufsuchten.

Tatsächlich ergeben sich während der Messung einige Fehlerquellen, die entweder durch den Messenden selbst, durch fehlerhafte oder ungenau messende Geräte oder aufgrund unterschiedlich empfohlener Messtechniken zustande kommen können (Weber, Tholl & Anlauf, 2004; Gillman & Cook, 1995). Hör- und Sehbeeinträchtigungen, mangelnde Aufmerksamkeit, Zahlenpräferenzen, Interpretationsprobleme der Korotkoff-Geräusche, Erinnerungsfehler beim Notieren der Werte oder die Verwendung der falschen Manschettengröße führen zu Mängeln in der Objektivität und Reliabilität des Parameters. Die meisten dieser Fehlerquellen

lassen sich durch gute Schulung sowie Selbst- und Fremdrelexion beseitigen. Für alle Messungen ist die individuelle Größenanpassung der Blutdruckmanschette bei unterschiedlichen Extremitätenumfängen unerlässlich. Die Wahl einer zu schmalen Manschette zieht eine Überschätzung des tatsächlichen Blutdrucks nach sich („Undercuffing“). Die Blutdruckmessung mit zu breiter Manschette führt zur Unterschätzung des tatsächlichen Blutdrucks („Overcuffing“) (DHL, 2005; NHBPEP, 2004).

Bei der Wahl der Manschettengröße sollte die breiteste, bequem am Oberarm sitzende Manschette gewählt werden, die wenigstens 2/3 des Oberarmes bedeckt (DHL, 2005; NHBPEP, 2004). Im klinischen Alltag sind im Zweifelsfall die jeweils breiteren den schmaleren Manschetten vorzuziehen, da diese weniger stark die Blutdruckmessung verfälschen (Bachmann, 1985; Weber et al., 2004, NHBPEP, 2004). Übliche Manschetten für Erwachsene besitzen je nach Hersteller einen aufblasbaren Gummiteil von 12x24 cm und geben bei Oberarmumfängen zwischen 24 und 32 cm weitgehend zuverlässige Blutdruckwerte ab. Für Kinder sind gegebenenfalls schmalere und bei Adipösen breitere Manschetten zu wählen. Bei Kindern handelt es sich zumeist um eine 9x18cm-Manschette, bei adipösen Kindern ist eine dementsprechend größere Manschette zu nutzen. Das Vorhandensein mehrerer Manschettengrößen im klinischen Alltag ist daher unabdingbar. Im individuellen Fall ist darauf zu achten, dass die in Abhängigkeit vom Oberarmumfang gewählte Manschette annähernd 2/3 der Oberarmlänge bedeckt (DHL, 2005).

Bei der Erstuntersuchung sollte die Blutdruckmessung nach Möglichkeit sowohl am rechten als auch am linken Arm durchgeführt werden. Seitendifferenzen sind vor allem bei Anomalien im Aortenbogenbereich möglich. Sie führen zu einer Minderdurchblutung des linken Armes, weshalb der rechte Arm des Kindes für die routinemäßige Blutdruckmessung dem linken vorzuziehen ist (Bachmann, 1985; NHBPEP 2004; Luma & Spiotta, 2006; Hager et al., 2013).

Auch bei wiederholten Blutdruckmessungen im Abstand von Minuten, Stunden oder Tagen weichen die Messwerte als Ausdruck der ausgeprägten Variabilität dieses Parameters oft erheblich voneinander ab. Der Informationswert einer einmaligen Blutdruckmessung ist daher begrenzt. Die Aussagekraft der Praxismessung ist weiterhin durch den Einfluss psychischer Komponenten eingeschränkt; die in der Praxis gemessene Blutdruckhöhe weicht daher teilweise deutlich vom Blutdruckniveau

in gewohnter Umgebung ab. Das Phänomen der „Praxis- oder Weißkittelhypertonie“ hat die Konsequenz, dass erhöhte Blutdruckwerte entweder bagatellisiert oder ungerechtfertigt medikamentös behandelt werden (Franz, 1982; Bachmann, 1985; Franz, 1993; Hansen et al., 2007).

Aufgrund unterschiedlicher oder fehlender Referenzwerte für die verschiedenen Messmethoden werden Prävalenzdaten für die Praxishypertonie bei Kindern und Jugendlichen mit 1-45% angegeben (Sorof, Paffenbarger, Franco & Portman, 2001; Stabouli et al., 2005; Lurbe et al., 2005; Wühl, Hadtstein, Mehls & Schäfer, 2004). Unter einer maskierten Hypertonie werden dagegen normale Gelegenheitsblutdruckwerte in der Praxis, aber erhöhte Werte im Tagesprofil oder während der Selbstmessung verstanden. Die Häufigkeit dieses Phänomens wird in zwei Studien mit etwa 10% der Fälle angegeben (Sorof et al., 2001; Stabouli et al., 2005). Sowohl bei Erwachsenen als auch bei Kindern werden Assoziationen beider Formen mit einer höheren linksventrikulären Masse berichtet (Sorof et al., 2001; Stabouli et al., 2005; Lurbe et al., 2005).

Die Gelegenheitsblutdruckmessung eignet sich durch ihre hohe Sensitivität sehr gut als Screening-Methode. Zur endgültigen Bestätigung einer Hypertonie sollte sie angesichts der geringen Spezifität etwa gegenüber der Langzeitblutdruckmessung jedoch nicht herangezogen werden (Wühl et al., 2004). Die Deutsche Gesellschaft für Pädiatrische Kardiologie schlägt daher bei risikogefährdeten Kindern vor, auch frühzeitig schon Langzeitblutdruckmessungen durchzuführen (Hager et al., 2013). Die ambulante 24-Stunden-Blutdruckmessung und Blutdruckselbstmessung bei Heranwachsenden bietet einige Vorteile gegenüber der Praxismessung, da sie wiederholt sowie zu verschiedenen Zeitpunkten an unterschiedlichen Tagen stattfinden kann und somit das tatsächliche kindliche Blutdruckniveau möglicherweise besser abbildet, als es durch Praxismessungen möglich ist (Lurbe et al., 2005; Stergiou et al., 2008; Acosta & McNiece, 2008; Parati & Stergiou, 2003; Stergiou, Karpettas, Kapoyiannis, Stefanidis & Vazeou, 2009). In der Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Pädiatrische Kardiologie wird zur Abklärung und Therapie einer arteriellen Hypertonie daher die ambulante 24-Stunden-Blutdruckmessung empfohlen (Hager et al., 2013). Auch die Erfassung des Blutdrucks während körperlicher Aktivität ist bei Kindern und Jugendlichen als sinnvolle Messmethode in Betracht zu ziehen. Mocellin und Rutenfranz (1970) konnten zeigen, dass sich der Blutdruck durch den

Einfluss psychischer Komponenten oberhalb einer Belastung von 1 Watt/kg Körpergewicht nicht mehr wesentlich verändern lässt.

Für eine korrekte und aussagekräftige Messung des kindlichen Blutdrucks ist bestenfalls diejenige Methode anzustreben, die bei der Erstellung der herangezogenen Referenzperzentilen genutzt wurde. Im klinischen Alltag stellt sich daher immer die Frage, ob der Blutdruck des Kindes auskultatorisch oder oszillometrisch gemessen werden sollte. Die Bestimmung des Blutdrucks mittels Auskultation der Korotkoff-Töne ist die am häufigsten gebrauchte und in den meisten Fällen auch für Kinder und Jugendliche empfohlene Messmethode. Der Vorteil gegenüber oszillometrisch messenden elektronischen Geräten liegt in der höheren Genauigkeit und besseren Reproduzierbarkeit (NHBPEP, 2004; Deutsche Liga zur Bekämpfung des hohen Blutdrucks, 1994, 1997; Li et al., 2004). Oszillometrisch messende Geräte, die den arteriellen Mitteldruck ermitteln und über Algorithmen den systolischen und diastolischen Blutdruck bestimmen, kommen jedoch zunehmend auch im Kindes- und Jugendalter zum Einsatz. Da besonders bei Kindern häufig fehlerhafte Messungen resultieren können (Lurbe et al., 1999), ist es wichtig, validierte und geprüfte Geräte zu nutzen, die von den Fachgesellschaften wie der European Society of Hypertension (O' Brien et al., 2002) oder der Deutschen Hochdruckliga (DHL, 2005) empfohlen werden. Oszillometrisch erfasste Messwerte sollten mit den mittels Goldstandard erfassten Werten hinreichend übereinstimmen; Differenzen gegenüber auskultatorisch gemessenen Blutdruckwerten können bis zu 10 mmHg betragen (Park, Menard & Yuan, 2001). Oszillometrisch erfasste hohe Blutdruckwerte müssen in der Praxis durch die auskultatorische Bestimmung bestätigt werden (DHL, 2005; NHBPEP, 2004; Lurbe et al., 2009). Die Vorteile der automatischen Geräte liegen in der Benutzerfreundlichkeit, Standardisierung der Untersuchungsbedingungen und Minimierung von Untersucherbias sowie Zahlenpräferenzproblemen (Gillman & Cook, 1995; Butani & Morgenstern, 2003).

Da bei jungen Probanden das komplette Verschwinden der Korotkoff-Töne oftmals erst bei sehr geringen Werten nahe Null auftritt, wurde in der Literatur anfangs auf das Leiser- bzw. Dampferwerden der Töne („Muffling“) in Phase IV verwiesen. Inzwischen hat sich als auskultatorisches Kriterium für den systolischen und diastolischen Blutdruck auch für das Kindes- und Jugendalter das leise Auftreten (Phase I) bzw. vollständige Verschwinden (Phase V) der Korotkoff-Töne etabliert (NHBPEP, 2004).

Gegenüber dem systolischen Blutdruck ist die Erfassung des diastolischen Wertes bei Kindern und Jugendlichen in Ruhe, aber insbesondere bei Ergometrie problematisch (Hebestreit, Lawrenz, Zegler, Kienast & Jüngst, 1997; Löllgen, Predel & Franz, 2010; Hebestreit, 2010).

4.4.2 *Effektivität des Blutdruck-Screenings*

Routinemäßige Screening-Untersuchungen des Blutdrucks werden bei Kindern ab 3 Jahren von zahlreichen Organisationen empfohlen; die Diagnose der arteriellen Hypertonie muss durch mindestens zwei aufeinanderfolgende Einzelmessungen bestätigt werden (NHBPEP, 2004; Pickering et al., 2005; Expert Panel on Integrated Guidelines for Cardiovascular Health and Risk Reduction in Children and Adolescents, 2011; Lurbe et al., 2009; Hager et al., 2013). Die Effektivität dieser Screenings wird jedoch kontrovers diskutiert. Nach Auffassung der American Academy of Pediatrics existieren keine ausreichenden Beweise für oder gegen das Blutdruck-Screening bei Kindern (Luma & Spiotta, 2006). Thompson et al. (2013) fanden in ihrem Review keine Studie, in der die direkte Wirksamkeit derartiger Screenings auf den Eintritt oder die Reduktion gesundheitlicher Folgeerscheinungen durch Bluthochdruck untersucht bzw. herausgestellt werden konnte. Ein empirischer Beweis für entsprechende routinemäßige Messungen ab einem Alter von 3 Jahren lag den Autoren zufolge ebenfalls nicht vor; unklar ist auch in welchem Intervall der Blutdruck idealerweise gemessen werden sollte. Lediglich zwei Studien lieferten Hinweise zur Sensitivität und Spezifität des Screenings auf erhöhten Blutdruck, die allerdings wegen verschiedener Referenzstandards und selektiver Stichproben mit eingeschränkter Aussagekraft zu beurteilen sind. In einer prospektiven Studie mit $n=105$ griechischen Kindern (mittleres Alter von 13 Jahren) wurde die diagnostische Genauigkeit der Praxis- und ambulanten Blutdruckmessung verglichen (Stergiou, Nasothimiou, Giovas, Kapoyiannis & Vazeou, 2008). Der Praxismessung konnte eine Sensitivität von 0,65 (95% KI 0,45-0,80) und eine Spezifität von 0,75 (95% KI 0,63-0,84) zugesprochen werden; der positive prädiktive Wert betrug 0,37 (95% KI 0,28-0,47). Fixler und Laird (1983) berichten bei $n=9017$ Jugendlichen mit erhöhten Blutdruckwerten von einer Sensitivität von 0,72 (95% KI 0,65-0,78) bzw. einer Spezifität von 0,92 (95% KI 0,91-0,92) bei einer erneuten Messung nach 2 Jahren, aber nur einem begrenzt positivem prädiktivem Wert von 0,17 (95% KI 0,15-0,20) für anhaltend erhöhte Blutdruckwerte. In weiteren

Studien ließen sich positiv prädiktive Werte von 0,04-0,53 feststellen, für die allerdings unterschiedliche Grenzwerte genutzt wurden bzw. die herangezogene Referenzmessung unklar war (Thompson et al., 2013).

Trotz aller Kritik bleibt festzuhalten, dass eine frühzeitige Erfassung von gesundheitlich gefährdeten Kindern zur Prävention und Reduktion des kardiovaskulären Risikos sowie späterer Folgeschäden im Erwachsenenalter beiträgt. Da hypertensive Kinder überwiegend zu hypertensiven Erwachsenen werden, sollte es allein aus rationaler Sicht das Ziel sein, erhöhte Blutdruckwerte rechtzeitig zu identifizieren – auch wenn ein langfristiger Nutzen des frühen Screenings bislang konträr diskutiert wird (Chiolero, Bovet & Paradis, 2013; Daniels & Gidding, 2013). So ist jeder gemessene Wert des Gelegenheitsblutdrucks nur eine Momentaufnahme aus der Bandbreite der täglich vorkommenden Blutdruckwerte (Franz, 1982). Erhöhte Messwerte müssen daher aufgrund der ausgeprägten Schwankungen des Blutdrucks wiederholt und bestenfalls unter identischen Bedingungen bestätigt werden, da die Prävalenz mit der Anzahl an Messungen deutlich sinkt (Sinaiko et al., 1989, Sorof et al., 2007; McNiece et al., 2007). Dies könnte eine Erklärung dafür sein, dass trotz der statistisch festgelegten Hypertonieprävalenz von 5% zum Teil deutlich geringere Häufigkeiten angegeben werden (Sinaiko et al., 1996) und sich die Prävalenz hoch normaler Blutdruckwerte wegen des Regression-to-the-Mean-Phänomens mit wiederholten Messungen sogar erhöht (McNiece et al., 2007).

Eine Normierung bzw. Standardisierung der Messung des Ruheblutdrucks ist aufgrund der erheblichen Variabilität weitgehend unmöglich. Eine bessere Beurteilung erlaubt die Blutdruckmessung während standardisierter ergometrischer Belastung, die sich bei Erwachsenen bestens bewährt hat (Franz, 1982).

4.5 Blutdruckverhalten während körperlicher Belastung

Bei körperlicher Aktivität ist der Stoffwechsel um ein Vielfaches seines Ruhewertes erhöht. Der ansteigende Sauerstoffbedarf des Organismus bei dynamischer Belastung geht mit einer Durchblutungssteigerung einher, die durch die Verringerung des peripheren Widerstands und durch eine Zunahme des Herzzeitvolumens ermöglicht wird (de Marées & Mester, 1991). In Ruhe ist eine Blutdrucksteigerung hauptsächlich das Resultat der sympathischen Stimulation; unter körperlicher Belastung wird der

Blutdruck außerdem durch Chemo- sowie Muskelrezeptoren reguliert. Steigt der Blutdruck unter körperlicher Belastung ungewöhnlich hoch an, so geht dies auf eine unverhältnismäßige Zunahme des Schlagvolumens und/oder der Herzfrequenz sowie auf eine unzureichende Abnahme des peripheren Widerstands oder der Kombination aus beidem zurück (Franz, 1982; Bar-Or, 1983; de Marées & Mester, 1991; Löllgen, 2005). Physiologisch fällt der Gefäßwiderstand bei Gesunden unter Belastung ab, während Schlagvolumen und Herzfrequenz ansteigen. Der Anstieg der Herzfrequenz als Ausdruck eines erhöhten Sympathikotonus ist der wichtigste Mechanismus, um eine Vergrößerung des Herzzeitvolumens unter körperlicher Belastung herbeizuführen (de Marées & Mester, 1991). Während der Belastung steigen arterieller Blutdruck, Herzfrequenz und Sauerstoffaufnahme annähernd proportional zur Leistung an. Dies betrifft im Wesentlichen den systolischen Blutdruck, während der diastolische Blutdruck nur gering zunimmt oder gleich bleibt bzw. leicht abfällt (Astrand, 1960; 1965; Franz, 1993; Löllgen, 2005; Löllgen, Predel & Franz, 2010). Ähnliche Blutdruckreaktionen ließen sich auch bei Kindern beobachten (Strong, Miller, Striplin & Salebhai, 1978; Andre, Spyckerelle, Gueguen & Deschamps, 1983).

Das Blutdruckniveau schwankt je nach physischer oder psychischer Anforderung. Insofern ist die reine Gelegenheitsblutdruckmessung oft nicht aussagekräftig genug. Erst unter möglichst gleichen äußeren Bedingungen und durch eine gute Reproduzierbarkeit sind Blutdruckwerte richtig einzuschätzen und zu beurteilen (Franz, 1982). Krankhafte Blutdruckreaktionen werden meist erst während körperlicher Belastung sichtbar und lassen Rückschlüsse auf das kardiovaskuläre Risiko zu. So ist der systolische Blutdruckanstieg bei Hochdruckkranken unter Belastung im Vergleich zu Gesunden deutlich stärker ausgeprägt; bei trainierten Personen gegenüber Untrainierten deutlich geringer (Franz, 1978). Ursächlich hierfür sind die bei gegebener Belastungsintensität niedrigeren bzw. höheren Herzfrequenzen sowie unterschiedliche Reaktionen der Gefäßwand und eine veränderte Herzfunktion. Zusätzlich ist die bei Gesunden unter Belastung einhergehende Abnahme des peripheren Gefäßwiderstands bei Hochdruckkranken eingeschränkt, weshalb auch der diastolische Blutdruck ansteigt und daher ein wichtiges Kriterium für Normotonie und Hypertonie ist (Franz, 1982; Julius, Pascual, Sannerstedt & Mitchell, 1971; Julius & Schork, 1971; Lund-Johansen, 1981). Hypertoniker sind deshalb nicht nur durch einen erhöhten Ruheblutdruck gefährdet. Ihr kardiovaskuläres Risiko wird zusätzlich durch pathologische Blutdruckanstiege während körperlicher Belastung und einen

verlangsamten Blutdruckabfall nach Belastungsende bestimmt (Rowlands et al., 1982; Franz, 1986; Littler, Honour, Pugsley & Sleight, 1975; Taylor, 1975). Zusätzlich weisen unzureichende Blutdruckanstiege während Belastung auf eine linksventrikuläre Funktionsstörung hin (Löllgen & Steinberg, 2010; Löllgen et al., 2010).

Im Gegensatz zum Ruheblutdruck liefert der Belastungsblutdruck nach Franz (1982; 1996) gut reproduzierbare und damit vergleichbare sowie valide Messergebnisse (Woodward, Clifton, McCoy, Smith & Harrison, 1995; Kjeldsen et al., 2001; Löllgen, 2005), die aufgrund ihrer Objektivität und Unabhängigkeit von der emotionalen Lage des zu Untersuchenden eine hohe diagnostische und prognostische Aussagekraft besitzen. Die Messung des Belastungsblutdrucks während standardisierter Ergometrie wird wegen der diagnostischen, prognostischen und therapeutischen Vorteile dieses Parameters daher als zusätzliches Testverfahren zur Hypertoniediagnostik herangezogen (Franz, 1982, 1986, 1996; Franz & Lohmann, 1982; Löllgen, Ullmer & Crean, 1988). Sie ermöglicht die Früherkennung der arteriellen Hypertonie sowie eine sichere Diagnosestellung bei auffälligen Ruheblutdruckwerten.

Die meisten Studien zeigen, dass ein erhöhter systolischer Belastungsblutdruck auch unabhängig vom Ruheblutdruck ein guter Indikator für eine spätere manifeste arterielle Hypertonie ist, während eine Erkrankung bei normalem Belastungsblutdruck nahezu auszuschließen ist (Franz, 1982; 1986; 2004; Rost, Heck & Amecke, 1984; Chaney & Eyman, 1988; Franz, 2004; Singh et al., 1999; Miyai, Arita, Morioka, Takeda & Miyashita, 2007; Fagard & Grassi, 2008; Le, Mitiku, Sungar, Myers & Froelicher, 2008; Holmqvist et al., 2012). Die Datenlage zur Vorhersage einer zukünftigen Hypertonie ist insgesamt jedoch sehr widersprüchlich (Tsao, Wright & Tan, 1998; Manolio et al., 1994; Pescatello et al., 2004, Kjeldsen et al., 2001, Le et al., 2008). Angesichts einiger Einschränkungen, beispielsweise in Form mangelhafter Standardisierung in der methodischen Herangehensweise, wird die ergometrische Untersuchung des Blutdrucks von der European Society of Hypertension (ESH) und European Society of Cardiology (ESC) nicht zur Bestimmung einer späteren Hypertonie empfohlen (Mancia et al., 2013).

Überhöhte Blutdruckwerte während alltäglicher Belastungen bestimmen die Prognose des Menschen wesentlich mit. Studien weisen darauf hin, dass der Blutdruckanstieg bei Belastung das kardiovaskuläre Risiko genauer vorhersagt als der Ruheblutdruck (Filipovski et al., 1992; Mundal et al., 1994) und der bessere Prädiktor für Tod durch

Myokardinfarkt ist (Mundal et al., 1996; Kjeldsen et al., 2001). In anderen Untersuchungen wurde dem Belastungsblutdruck eine engere Korrelation mit der linksventrikulären Masse nachgewiesen als dem Ruheblutdruck (Ren et al., 1985; Nathwani, Reeves, Marquez-Julio, Leenen, 1985; Polónia et al., 1992, Ketelhut & Franz, 1993). Weiterhin erwies sich der Blutdruckanstieg während Belastung als starker Prädiktor für eine linksventrikuläre Hypertrophie (LVH) bei Probanden mit normalen (Gottdiener, Brown, Zoltick & Fletcher, 1990) und hoch normalen Ruheblutdruckwerten (Kokkinos et al., 2007). Auch ließen sich Assoziationen zwischen überhöhten Blutdruckanstiegen während Belastung und einer endothelialen Dysfunktion (Stewart et al., 2004) sowie arteriosklerotischen Läsionen der Arteria Carotis (Jae et al., 2006) nachweisen. Demgegenüber stehen allerdings Untersuchungen, in denen sich eine signifikante Beziehung zwischen der Blutdruckreaktion während dynamischer Belastung und einer LVH nicht mehr zeigte, wenn für den Ruheblutdruck adjustiert wurde (Fagard, Staessen & Amery, 1991; Filipovsky et al., 1992; Lauer, Levy, Anderson & Plehn, 1992; Smith et al., 1992; Fagard, Staessen, Thijs & Amery, 1995; Markovitz et al., 1996; Fagard, Pardaens, Staessen & Thijs, 1998; Fagard & Grassi, 2008; Le et al., 2008).

Aufgrund der guten Reproduzierbarkeit der Blutdruckwerte bei Belastung (Franz, 1996) ist der Belastungsblutdruck ein geeigneter Parameter zur Therapiekontrolle und -überwachung. In einer ersten Metaanalyse und systematischen Übersichtsarbeit zur prognostischen Bedeutung einer hypertensiven Blutdruckreaktion bei Belastung wurde ein überschießender Belastungsblutdruck bei moderater Intensität als Prädiktor (unabhängig von Alter, Ruheblutdruck und anderen kardiovaskulären Risikofaktoren) und somit als unabhängiger Risikofaktor für kardiovaskuläre Morbidität und Mortalität identifiziert (Schultz et al., 2013).

Ob der systolische Belastungsblutdruck weitere Detailinformationen liefern kann, hängt jedoch auch von der kardialen Auswurfleistung ab, die bei schwerer Hypertonie häufig gestört ist. Die prognostische Relevanz des Belastungsblutdrucks ist in diesen Fällen kritisch zu beurteilen (DHL, 2005, Mancia et al., 2007). Fagard und Kollegen (1996) sowie Palatini (1998) berichten dagegen, dass eine gestörte Reduktion des systemischen Gefäßwiderstands bei Belastung mit einer schlechten gesundheitlichen Prognose einhergeht. Tatsächlich spielen beide hämodynamischen Komponenten für den Blutdruckanstieg während Belastung eine wichtige Rolle: Eine eingeschränkte

Reduktion des systemischen vaskulären Widerstands gilt als entscheidender prognostischer Faktor (Fagard & Grassi, 2008; Fagard et al., 1996), der zugleich jedoch stark von der Herzleistung abhängig ist. Während eine übertriebene Blutdruckantwort bei normotensiven Probanden und ausreichendem Anstieg des Herzzeitvolumens mit einer schlechteren Prognose einhergeht (Smith et al., 2009; Kjeldsen et al., 2001), ist die prognostische Bedeutung des Belastungsblutdrucks bei Probanden mit kardialer Dysfunktion und Hypertonie fraglich (Fagard et al., 1996). Zumindest für Hypertoniker wird der klinische Nutzen ergometrischer Blutdruckmessungen für diagnostische und prognostische Zwecke daher angezweifelt, wenngleich abnorme Blutdruckreaktionen in jedem Fall durch weitere Untersuchungen abgeklärt werden müssen (Mancia et al., 2013).

Das Blutdruckverhalten während Belastung wird wesentlich durch Alter, Geschlecht, Ruheblutdruck, Ethnizität, Familienanamnese und andere genetische Faktoren sowie durch die arterielle Steifigkeit, Hyperlipidämie, Adipositas und körperliche Fitness beeinflusst (Sawada, Lee, Muto, Matuszaki & Blair, 2003; Sawada et al., 1993; Alvarez, Halliwilli, Ballard, Beske & Davy, 2005; Fagard & Grassi, 2008; Le et al., 2008; Smith, Rubin & Ellestad, 2009; Huot et al., 2011; Sung, S.H. Choi, Y.H. Choi, Kim & Park, 2012).

4.5.1 Blutdruckmessung während Ergometrie

Mit der ergometrischen Belastungsuntersuchung des Blutdrucks wird geprüft, ob der periphere Gefäßwiderstand während dynamischer Belastung sinkt oder ob die endothelvermittelte Vasodilatation der Gefäße bereits eingeschränkt ist. Bei ansteigendem Herzzeitvolumen müssen angesichts einer derartig veränderten Hämodynamik erhöhte systolische und diastolische Blutdruckwerte resultieren (Franz, 1993; 1996). In der Praxis beschränkt sich die Überprüfung des Blutdrucks während körperlicher Belastung jedoch auf die systolische Blutdruckantwort, da der diastolische Blutdruck in der Regel schwer zu erfassen und schlecht reproduzierbar ist. Wegen der erhöhten Strömungsgeschwindigkeit des Blutes sind die Korotkoff-Geräusche häufig bis „Null“ („Nullphänomen“) zu hören (DHL, 2005; Löllgen et al., 2010). In den aktuellen Leitlinien der European Society of Hypertension wird darauf hingewiesen, dass nur der systolische Belastungsblutdruck hinreichend reliabel mit nicht-invasiven Methoden gemessen werden kann (Mancia et al., 2013).

Ergometrische Untersuchungen dienen der Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Gesunden und Kranken anhand eines standardisierten Vorgehens (Löllgen, 2005). Sie stellen eine der wichtigsten Methoden dar, Aussagen über den Ist-Zustand der körperlichen Leistungsfähigkeit insbesondere des Herz-Kreislauf-Systems zu treffen (Löllgen, 2010). Für die Ermittlung des Belastungsblutdrucks haben sich in der Praxis die Fahrrad- und Laufbandergometrie durchgesetzt, bei der die Belastung in Watt bzw. km/h ausgedrückt und stufenweise gesteigert wird. Die Fahrradergometrie ist das in Europa bevorzugte Verfahren; ihr größter Vorteil gegenüber der Durchführung auf dem Laufband liegt sicherlich in der geringen Sturzgefahr und besseren Messbarkeit des Blutdrucks. Sie kann sitzend, liegend oder halbliegend durchgeführt werden (Löllgen, 2010; Löllgen & Fahrenkrog, 2010). Es werden mechanisch gebremste, drehzahlabhängige von elektrisch gebremsten drehzahlunabhängigen Fahrradergometern unterschieden. Letztere sind aufgrund der Drehzahlunabhängigkeit für Patientenuntersuchungen besser geeignet (Löllgen, 2010).

Für die Durchführung bieten sich zahlreiche, standardisierte Belastungsprogramme an, die sich je nach Eingangsstufe, Stufendauer, Steigerung und Anwendungsbereich unterscheiden (Löllgen & Fahrenkrog, 2010). Je nach Untersuchungsverfahren und Belastungsprogramm werden verschiedene Normwerte für den Belastungsblutdruck von Erwachsenen empfohlen (Löllgen, 2005). In der Routinediagnostik hat sich für die fahrradergometrische Untersuchung im Sitzen der submaximale Belastungsbereich zwischen 50 und 100 Watt bewährt, da dieser am ehesten alltäglichen Belastungsintensitäten entspricht (Franz, 1982). Verschiedene Studien konnten zeigen, dass es hierbei bereits zu erheblichen Blutdruckanstiegen kommen kann (Krönig, 1981; Franz, 1979). Der Vorteil eines submaximalen Belastungstests liegt in seiner von einer Maximalbelastung unabhängigen praxisnahen und ungefährlichen Durchführung, bei der sich die Blutdruckwerte besser beurteilen lassen und somit ohne den Einfluss der Tagesform und Motivation des Probanden erfolgt (Franz, 1993, 1996; Meyer, 2007). Zudem sind die bei maximalen Belastungen häufig erreichten hohen systolischen Blutdruckwerte von 250 mmHg und mehr bei normotensiven Ausdauertrainierten aufgrund ihrer großen maximalen Herzzeitvolumina nur schwer zu beurteilen (Franz, 1982). Für den submaximalen Bereich ist eine Drehzahl von 60-70 U/min anzustreben (Löllgen, 2005). Bei 100 Watt wird ein oberer Blutdruckgrenzwert von 200/100 mmHg für 20- bis 50-jährige Frauen und Männer

angegeben (Franz, 1982, 1993). International herrscht allerdings kein Konsens über eine einheitliche Definition der Belastungshypertonie (Mancia et al., 2013).

Auch bei Kindern und Jugendlichen können ergometrische Untersuchungen Aufschluss über das Blutdruckverhalten während körperlicher Belastung geben. Die Kontraindikationen ähneln denen bei Erwachsenen: Bei akuten Erkrankungen (z. B. Fieber, Asthma, Diabetes mellitus, Myokarditis) und Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems (z. B. schwere Hypertonie, Herzinsuffizienz, rheumatisches Fieber mit Karditis) verbieten sich ergometrische Untersuchungen. Bei gesunden Kindern und Jugendlichen ist die Anwesenheit eines Arztes nicht zwingend erforderlich (Washington et al., 1994). Die Herzfrequenz sollte vor, während und nach jeder Ergometrie überwacht werden; telemetrische Systeme liefern gegenüber einer EKG-Überwachung valide Ergebnisse und genügen bei gesunden Probanden (Hebestreit et al., 1997). Herzfrequenzen von 200 oder mehr Schlägen pro Minute stellen bei Kindern per se kein Abbruchkriterium dar, sofern keine auffälligen Reaktionen des Herz-Kreislauf-Systems, wie tachykarde Rhythmusstörungen, zu beobachten sind. Nach den Kriterien der American Heart Association ist eine Ergometrie bei Kindern abubrechen, wenn u. a. ein unphysiologisch schneller Anstieg der Herzfrequenz und/oder des Blutdrucks über 250 mmHg systolisch bzw. 125 mmHg diastolisch zu beobachten ist. Bei einem unzureichenden Anstieg bzw. einem Abfall beider Parameter sollte die Untersuchung ebenfalls vorzeitig beendet werden (Hebestreit et al., 1997; Paridon et al., 2006). Aus Kosten-, Platz- und Zeitgründen findet die Ergometrie in der Pädiatrie in der Regel auf dem Fahrrad statt, obgleich das Laufband gegenüber der Fahrradergometrie den Vorteil hat, dass es der natürlichen Bewegung von Kindern und Jugendlichen entspricht. Allerdings lässt sich der Blutdruck aufgrund der geringeren Bewegung des Oberkörpers auf dem Fahrradergometer besser messen und ist, im Gegensatz zum Laufband, mit keinem großen Sturzrisiko verbunden. Maximale Belastungen sind auf dem Fahrrad dagegen eher durch das frühe Einsetzen einer muskulären Erschöpfung begrenzt als durch die kardiopulmonale Leistungsfähigkeit. Kurbellänge, Sattel- und Lenkerhöhe sollten kindgerecht einzustellen sein; für Kinder und Jugendliche sind drehzahlunabhängige Ergometer mit geringem Minimalwiderstand vorzuziehen. Die Messung des Blutdrucks erfolgt bei Kindern und Jugendlichen zumeist im Rahmen einer ergometrischen Untersuchung zur Feststellung der Ausdauerleistungsfähigkeit.

Je nach Fragestellung der Untersuchung ist das entsprechende Belastungsprogramm zu wählen; die Belastung sollte dabei solange stufenweise ansteigen, bis in der Regel eine Ausbelastung erreicht wurde. In besonderen Fällen, z. B. bei kranken Kindern oder wenn eine Gefährdung des Kindes vermieden werden soll, kann die Leistungsfähigkeit anhand der submaximalen Belastung (PWC170) beurteilt werden (Lawrenz & Hebestreit, 2002). Es stellt sich jedoch auch hierbei grundsätzlich die Frage, ob submaximale Belastungen für die klinische Praxis in der Pädiatrie nicht besser geeignet sind als Maximalbelastungen. Auch motivationale Probleme, die auch bei Erwachsenen die Ergebnisse verzerren können, werden diskutiert (Møller et al., 2010; Franz, 1993, 1996; Meyer, 2007).

Bei Kindern sollte jede Belastungsstufe mindestens zwei Minuten andauern, um einen Zustand nahe des Steady State zu erreichen (Hebestreit et al., 1997; Hebestreit, 2010). Für fahrradergometrische Belastungsuntersuchungen bei Kindern ist eine Vielzahl verschiedener Belastungsprogramme beschrieben, die nach den zugrunde liegenden Fragestellungen ausgewählt werden. Eine Standardisierung stellt bei jedem Testprogramm das anzustrebende Ziel dar. Es empfehlen sich für die Ergometrie bei Kindern gewichtsbezogene Belastungen. Da sich die Leistung jedoch nicht proportional zum Körpergewicht verhält, bergen gewichtsbezogene Untersuchungsprogramme die Gefahr, übergewichtige Kinder zu hoch zu belasten (Lawrenz & Hebestreit, 2002; Kindermann, 1987). Nach Löllgen (2005) bietet sich für die fahrradergometrische Untersuchung in der Pädiatrie eine Anfangslast von 1 Watt/kg Körpergewicht an, bei der die Belastung alle 3 Minuten um 0,5 Watt/kg Körpergewicht ansteigt. Die Messung des Blutdrucks erfolgt am Ende jeder Belastungsstufe in den letzten 15-30 Sekunden (DGSP, 2002; Löllgen, 2005). Die Gesamtdauer der Untersuchung sollte bei Kindern nicht länger als 12 Minuten betragen.

Wie bei Erwachsenen steigt auch der systolische Blutdruck bei Heranwachsenden unter Belastung an, während Aussagen zum diastolischen Blutdruck widersprüchlich sind (Fixler et al., 1979; James et al., 1974; Nudel et al., 1980; Wanne & Haapoja, 1988; Hebestreit et al., 1997). Bisher fehlt es an Norm- und Grenzwerten für den Blutdruck während submaximaler ergometrischer Belastung bei Mädchen und Jungen; im Vergleich zu Erwachsenen fallen diese jedoch deutlich niedriger aus (Wiewel, Franz & Mellerowicz, 1985). Auch herrscht kein Konsens darüber, welche Belastungsstufe

den Belastungsblutdruck bei submaximaler Belastung am besten abbildet. In den vorhandenen Studien wird der Belastungsblutdruck überwiegend bei 1 Watt/kg Körpergewicht bzw. 50 bis 100 Watt herangezogen (Franz, 1982; Wiewel et al., 1985; Ketelhut et al., 2011). In Analogie zum Erwachsenenalter könnten die durchschnittlichen Blutdruckwerte während eines Belastungstests bei 100 Watt inklusive Standardabweichung als oberer Grenzwert herangezogen werden (Franz, 1982). Bei Ketelhut et al. (2007) gingen Blutdruckwerte oberhalb eines auf diese Weise abgeleiteten Grenzwertes für 13- bis 15-Jährige mit einer Zunahme von Endorganveränderungen einher. Für 6-Jährige berechneten Ketelhut et al. (2011) einen Grenzwert von 140/85 mmHg bei 50 Watt. Wiewel und Kollegen (1985) formulierten für 12- bis 15-jährige Jungen einen oberen Grenzwert von 167/83 mmHg bei 100 Watt Belastung bzw. 151/80 mmHg bei 1 Watt/kg Körpergewicht. Andere Autoren wählten den Blutdruck bei maximaler Belastung als Parameter (Wanne & Haapoja, 1988; Møller et al., 2010). Bis heute existieren keine einheitlich standardisierten und altersdifferenzierten, vor allem aber keine risikobezogenen Normwerte für den Belastungsblutdruck von Kindern und Jugendlichen.

In den Leitlinien der Deutschen Hochdruckliga (2005) sowie der European Society of Hypertension und European Society of Cardiology wird die Messung des Belastungsblutdrucks zwar nicht zur Routinediagnostik, jedoch als sinnvolles Messverfahren zur Verifizierung einer arteriellen Hypertonie empfohlen, welches einige prognostisch bedeutsame Zusatzinformationen liefern kann (Mancia et al., 2007; 2013). Die Messung des Belastungsblutdrucks ist daher ein obligates Verfahren, welches gut geeignet ist, um eine Gefährdung durch überschießende oder gar inadäquate Blutdruckanstiege während Belastung zu erkennen und eine latente Hypertonie zu diagnostizieren (Löllgen, 2005; Löllgen et al., 2010; Franz, 1982, 1991, 1993).

Da der Belastungsblutdruck weitgehend unabhängig von der emotionalen Verfassung des zu Untersuchenden ist, dürfte er insbesondere für die Beurteilung des Blutdruckverhaltens bei Kindern und Jugendlichen von großer Bedeutung sein. Für diese Altersgruppe wird die ergometrische Untersuchung des Blutdrucks jedoch in keiner der nationalen und internationalen Leitlinien erwähnt (DHL, 2005; Lurbe et al., 2009; Hager et al., 2013; NHBPEP, 2004), obwohl die Blutdruckmessung gerade bei

jüngeren Personen mit Schwierigkeiten verbunden ist. Ganz offensichtlich wurde die Messung dieses Parameters bislang vernachlässigt.

4.5.2 *Der Belastungsblutdruck bei Kindern und Jugendlichen*

Da der Blutdruck einer großen Schwankungsbreite unterliegt und von der körperlichen Aktivität sowie emotionalen Lage abhängt, lassen unter Ruhebedingungen gemessene Blutdruckwerte Zweifel an der Reproduzierbarkeit aufkommen. Insbesondere in der Kindheit und Adoleszenz sind in Ruhe gemessene Werte nur schwer einzuschätzen und prognostisch zu beurteilen. Abgesehen davon bleiben erhöhte Blutdruckwerte während alltäglicher körperlicher Belastungen verdeckt. Angesichts dieser Problematik bietet sich auch im jüngeren Alter eine ergometrische Belastungsuntersuchung an.

Schon frühzeitig konnten bei hypertensiven Kindern ähnlich überschießende Blutdruckreaktionen unter Belastung wie bei Erwachsenen beobachtet werden (Fixler et al., 1979; James, 1974; Nudel et al., 1980). Auch bei Kindern mit Hypercholesterinämie (Kavey, Kveselis & Gaum, 1997) oder einer familiären Vorbelastung (Treiber et al., 1991) war ein solches hämodynamisches Verhalten des Blutdrucks während Belastung zu erkennen. Zur Relevanz belastungsinduzierter Messwerte – insbesondere bei gesunden Heranwachsenden – sowie deren Assoziation zu weiteren kardiovaskulären Risikofaktoren besteht dagegen noch dringend Forschungsbedarf (Wanne & Haapoja, 1988; Møller et al., 2010; R.G. Ketelhut, Akman & S. Ketelhut, 2011).

Der positive Zusammenhang zwischen Belastungsblutdruck und Alter konnte in Studien belegt werden. Wanne und Haapoja (1988) zeigten bei $n=497$ finnischen Kindern, dass die postpubertäre Gruppe (14-18 Jahre) einen höheren systolischen Blutdruck bei einer Herzfrequenz von 170 Schlägen pro Minute aufweist, als die prepubertäre Gruppe (9-12 Jahre). Der mittlere Belastungsblutdruck der Jungen war in jeder Altersstufe höher als der Blutdruck der Mädchen; der Blutdruckanstieg fiel bei Mädchen zudem nachweislich schwächer aus (Wanne & Haapoja, 1988; Andre et al., 1983; Lawrenz & Hebestreit, 2002). Derartige altersspezifische Beobachtungen fanden sich auch in der European Youth Heart Study bei $n=803$ Heranwachsenden mit verwertbaren Blutdruckwerten während Belastung (Møller et al., 2010). Der geschlechtsabhängige Unterschied zeigte sich allerdings erst in der Pubertät (14-16

Jahre) und nicht bereits im frühen Schulkindalter (8-10 Jahre). Der mittlere Belastungsblutdruck der 8- bis 10-jährigen Jungen ($n=171$) lag beispielsweise nach einer Belastungszeit von 6 Minuten (40-50 Watt) bei $123,6 \pm 11,8$ mmHg im Vergleich zu den 14- bis 16-Jährigen ($n=164$), deren Blutdruck unter Belastung nach derselben Zeit (100 Watt) im Mittel $154,4 \pm 23,0$ mmHg betrug. Bei den Mädchen gleichen Alters ($n=191$ vs. $n=163$) wurden Blutdruckwerte von $123,6 \pm 12,1$ mmHg bzw. $136,5 \pm 16,0$ mmHg bei 40-50 Watt bzw. 80 Watt gemessen.

Die bei Wanne und Haapoja (1988) ermittelten geschlechtsspezifischen Unterschiede in den oberen Belastungsstufen können den Autoren zufolge auf das höhere maximale Schlagvolumen der Jungen zurückgeführt werden (Bar-Or, 1983). Bei Ahmad, Kavey, Kveselis, Gaum und Smith (2001) trat der Geschlechtsunterschied ab dem 13. Lebensjahr auf. In der European Youth Heart Study wiesen nur vereinzelt Jungen aus der Gruppe der 14- bis 16-Jährigen systolische Blutdruckwerte von knapp über 200 mmHg auf. Die Mädchen derselben Altersgruppe zeigten deutlich niedrigere Werte. Bei den 8- bis 10-Jährigen wurde ein systolischer Wert von 150 mmHg während Belastung nicht überschritten (Møller et al., 2010). In der finnischen Studie mit $n=497$ Kindern waren zudem 22 Probanden, bei denen ein Blutdruck von 200 mmHg und mehr während Belastung gemessen wurde, aber nur zwei dieser Probanden hatten einen erhöhten Ruheblutdruck. Noch höhere Blutdruckwerte unter Belastung wurden bei trainierten Jungen ermittelt, die möglicherweise aus einem größeren enddiastolischen Volumen bei Athleten resultieren (Dlin, Hana-Paparo & Tenenbaum, 1985). Die Autoren wiesen darauf hin, dass anhand der Ruhewerte allein keine ausreichende Vorhersage für den Blutdruckanstieg unter Belastung getroffen werden kann (Wanne & Haapoja, 1988).

Zu den weiteren Faktoren, die die arterielle Blutdruckreaktion auf körperliche Anstrengung bei Kindern und Jugendlichen beeinflussen, zählen der Ruheblutdruck (Schieken, Clarke & Lauer, 1983), Alter und Geschlecht (Ahmad et al., 2001), ethnische Herkunft (Alpert, Dover, Booker, Martin & String, 1981; Treiber, Musante, Strong & Levy, 1989), Übergewicht und Adipositas (Tulio, Eglé & Greily, 1995), Dyslipidämie (Kavey et al., 1997), Genetik (Van den Bree, Schieken, Moskowitz & Brewitz, 1996), körperliche Fitness (Ferrara et al., 1991) und Familiengeschichte (Rongling, Alpert, Walker & Somes, 2007).

Für den Blutdruck während und nach Ergometrie existieren für 20- bis 50-jährige Frauen und Männer einheitliche Normwerte. Referenzwerte für Kinder und Jugendliche sind dagegen noch nicht ausreichend definiert (Franz, 1982), obwohl den belastungsinduzierten Blutdruckwerten bereits in jungen Lebensjahren möglicherweise eine ebenso wichtige Rolle zukommt. So geht wie auch bei Erwachsenen ein belastungspositiver Test in der Jugend mit einer wahrscheinlichen Hypertonie im Erwachsenenalter einher (Lauer, 1991; Briedigkeit, 1981; Franz, 1993; Grøntved et al., 2011). Franz (1993) zeigte bei normotensiven Jugendlichen mit familiärer Hypertonie erhebliche Blutdruckanstiege während einer Belastung von 100 Watt. Ebenso können mit Hilfe der Ergometrie auch hoch normale Blutdruckmesswerte im kindlichen und jugendlichen Alter einer genaueren Zuordnung zum normotensiven und hypertensiven Blutdruckbereich unterzogen werden. Die Blutdruckregulation unter Ergometrie lässt somit das Stellen einer Frühdiagnose zu (Strong et al., 1978; Fixler et al., 1979; Briedigkeit, Tittmann & Honigmann, 1979; Briedigkeit, 1981; Wanne & Haapoja, 1988).

Die prognostische Wertigkeit von Blutdruckwerten während körperlicher Belastung steigt, wenn weitere mit einem Bluthochdruck eng assoziierte Faktoren, wie Übergewicht und eine positive Familienanamnese, Berücksichtigung finden (Briedigkeit et al., 1979; Molineux & Steptoe, 1988; Lauer, 1991; Briedigkeit, 1993). So werden die bei erwachsenen Übergewichtigen beobachteten Anzeichen veränderter Blutdruckreaktionen auf körperliche Belastung schon früh im Leben erkennbar (Carletti, Rodrigues, Perez & Vassallo, 2008; Dipla, Zafeiridis, Koidou, Galedas & Vrabas, 2010). Molineux und Steptoe (1988) konnten schon bei 14- bis 16-jährigen Jugendlichen Unterschiede im systolischen Belastungsblutdruck bei 100 Watt zwischen denjenigen mit positiver und negativer Anamnese für Hypertonie zeigen, obwohl ihre Ruheblutdruckwerte nicht voneinander verschieden und zudem normal waren. Den Autoren zufolge geht eine übertriebene Blutdruckreaktion unter Belastung einer späteren manifesten Hochdruckerkrankung um Jahre voraus. In der European Youth Heart Study (Møller et al., 2010) ließen sich zudem signifikante Zusammenhänge zwischen dem Belastungsblutdruck und weiteren kardiovaskulären Risikofaktoren bei $n=803$ gesunden Heranwachsenden der 3. und 9. Klasse nachweisen (vgl. Kapitel 5).

Nach Briedigkeit (1993) werden normotensive Kinder und Jugendliche in Ruhe und während Belastung auch im Erwachsenenalter überwiegend normotensiv bleiben, weshalb auch der Belastungsblutdruck möglicherweise ein „Tracking“ zeigt.

Ein wesentliches Ziel dieser Arbeit ist die Bildung von Grenzwerten für den Belastungsblutdruck bei Heranwachsenden im Alter von 12 bis 17 Jahren, da entsprechende Angaben für diesen Altersbereich in der Literatur fehlen.

4.6 Risiken und Folgeschäden

Die arterielle Hypertonie ist ein pathophysiologisches Korrelat der Arteriosklerose und auf diese Weise an den resultierenden Folgeerkrankungen und spezifischen Endorganschäden beteiligt. Bei Kindern und Jugendlichen sind nicht nur häufiger schon erhöhte Blutdruckwerte messbar, sondern es lassen sich ebenso Folgeschäden an Organen und Gefäßen nachweisen, die auch bei Erwachsenen mit Bluthochdruck assoziiert sind. Chronisch erhöhte Blutdruckwerte rufen bereits in der Kindheit und Jugend typische blutdruckbedingte Veränderungen an Herz und Gefäßen, der Niere und Netzhaut sowie am Gehirn hervor (Spagnolo et al., 2013). Symptome, wie Sehstörungen, Nasenbluten, Atemnot oder Krämpfe, sind meist Hinweise auf einen Endorganschaden. Langfristige Folgeerkrankungen, etwa in Form arteriosklerotischer Veränderungen oder eines Myokardinfarkts, treten schließlich im Zusammenspiel mit weiteren kardiovaskulären Risikofaktoren im Erwachsenenalter in Erscheinung. Die primärprophylaktische Bekämpfung der Risikofaktoren muss daher im Kindes- und Jugendalter beginnen (Hager et al., 2013). Sobald erhöhte Blutdruckwerte diagnostiziert werden können, ist es daher auch bei Kindern und Jugendlichen ratsam nach vorhandenen Folgeschäden zur Stratifizierung des kardiovaskulären Risikos zu suchen.

Die LVH stellt einen unabhängigen Risikofaktor für kardiovaskuläre Morbidität und Mortalität dar (Ren et al., 1985; Levy, Garrison, Savage, Kannel & Castelli, 1990; Franz, 1991) und gehört auch bei hypertensiven Kindern und Jugendlichen zu den am häufigsten dokumentierten Organerkrankungen. So konnten schon frühzeitig blutdruckabhängige Veränderungen anatomischer und funktioneller Art am Myokard beobachtet werden (Rode, Ketelhut, Schröter & Rorsch, 2003; Ketelhut, Rode & Schröter, 2007). Strukturveränderungen der linken Herzkammer mit einer

Dickenzunahme der Myokardwand zeigten sich bereits im Rahmen der Bogalusa Heart Study (Burke et al., 1987; Urbina et al., 1995). Des Weiteren waren sowohl physiologische als auch pathologische Blutdruckanstiege mit Veränderungen der Herzmasse assoziiert (Kavey, Kveselis, Atallah & Smith, 2007); Richey et al. (2008) fanden Zusammenhänge zwischen der linksventrikulären Masse und dem systolischen Langzeitblutdruck.

Da Auftreten und Progression der LVH positiv mit dem Alter und der Höhe des systolischen Blutdrucks korrelieren (Levy et al., 1990; Joyce et al., 2004) und selbst bei einer Normalisierung des Blutdrucks und der Ventrikelmasse von einem weiterhin erhöhten kardiovaskulären Risiko auszugehen ist (Koren, Ulin, Koren, Laragh & Devereux, 2002), stellt die frühzeitige Diagnostik in der Prävention der LVH eine wichtige Aufgabe dar. In Untersuchungen an Erwachsenen wurde deutlich, dass der Blutdruck bei Belastung gegenüber dem Ruhe- bzw. Gelegenheitsblutdruck eine signifikant stärkere Korrelation zur linksventrikulären Masse aufweist (Ren et al., 1985; Nathwani et al., 1985; Polónia et al., 1992). Auch bei normalem Blutdrucktagesprofil, aber hohen Blutdruckwerten bei Belastung ließen sich höhere Werte in der linksventrikulären Masse gegenüber Probanden mit normaler Blutdruckreaktion während Belastung nachweisen (Franz & Müller, 2003). Für das Kindes- und Jugendalter herrscht hierzu noch weitgehend Forschungsbedarf. Ketelhut et al. (2007) fanden in Untersuchungen an Kindern eine Korrelation zwischen der Höhe des Belastungsblutdrucks und der linksventrikulären Masse, während bei Brady, Fivush und Parekh (2008) ein Zusammenhang zwischen der LVH sowohl mit dem Ruhe- als auch mit dem 24-Stunden-Blutdruck ausblieb. Letztlich ist die LVH infolge der Strukturveränderungen, endothelialen Dysfunktion und Mediahypertrophie charakteristisch für bestehendes Übergewicht (Lechleitner, 2002), welches für die zunehmende Hypertonieprävalenz im Kindes- und Jugendalter mit verantwortlich ist. Rechtzeitige standardisierte Untersuchungen sind zur Vorbeugung frühzeitiger Organveränderungen und Identifizierung gesundheitlich gefährdeter Kinder von besonderem Interesse. Die Durchführung von Belastungsuntersuchungen erscheint insgesamt auch bei Kindern und Jugendlichen im Hinblick auf die Entwicklung einer LVH sinnvoll.

Auch arteriosklerotische Vorgänge sind nicht mehr nur Ausdruck alterungsbedingter Prozesse, sondern finden bereits im Jugendalter ihren Ursprung. Frühe

arteriosklerotische Läsionen zeigen sich am ehesten in einer Verdickung der Intima-Media der Arteria Carotis (Sorof, Alexandrov, Cardwell & Portman, 2003; Sorof et al., 2003; Litwin et al., 2004; Lande, Carson & Roy, 2006; Jarvisalo et al., 2001; Li et al., 2003). Daten der Young Finns Study (Raitakari et al., 2003) und Bogalusa Heart Study (Berenson et al., 1998) weisen darauf hin, dass bestehende kardiovaskuläre Risikofaktoren in der Jugend spätere Endorganveränderungen und -schäden begünstigen.

Bei hypertensiven Kindern konnte mit der Blutdrucksenkung eine Regression der Intima-Media-Dicke erzielt werden (Litwin et al., 2010). In einer Querschnittstudie mit $n=247$ Jugendlichen lag die Intima-Media-Dicke bei 38,8% der hypertensiven Probanden zwei Standardabweichungen über dem Normalwert (Litwin et al., 2006, Jordan et al., 2005). Brady et al. (2013) fanden bei $n=101$ Kindern mit chronischen Nierenerkrankungen eine mit einer Hypertonie und Dyslipidämie signifikant assoziierte Verdickung der Intima-Media im Vergleich zum gesunden Kontrollkollektiv. Von einer erhöhten arteriellen Steifigkeit bei hypertensiven Kindern berichten Sinha und Reid (2007).

Die zentrale Rolle der Niere in der Entwicklung der Hypertonie ist bei Erwachsenen hinreichend bekannt. Anders als bei Erwachsenen werden blutdruckbedingte Nierenveränderungen bei Kindern und Jugendlichen klinisch nicht sofort erkennbar. Die Frage nach renalen Veränderungen bei hoch normalen Blutdruckwerten kann daher kaum beantwortet werden. Die Beobachtung einer reduzierten glomerulären Filtrationsrate sowie einer Proteinurie und Mikroalbuminurie weisen bei Kindern auf das Vorliegen einer sekundären Hypertonie hin (Spagnolo et al., 2013). LVH und Mikroalbuminurie werden dagegen häufig gemeinsam bei Kindern mit essentieller Hypertonie diagnostiziert (Assadi, 2008). Bei Kindern mit chronischen Nierenerkrankungen haben sich eine Hypertonie und Proteinurie als die wesentlichen Prädiktoren für die Entwicklung einer chronischen Niereninsuffizienz herausgestellt (Wingen, Fabian-Bach, Schäfer & Mehls, 1997). In einer europäischen randomisierten multizentrischen Studie mit chronisch niereninsuffizienten Kindern wurde außerdem deutlich, dass sich ein Zielblutdruck unterhalb der 50. Perzentile deutlich positiver auf die Progression der Erkrankung auswirkte als bei Blutdruckzielwerten zwischen der 50. und 90. Perzentile (The Escape Trial Group, 2009).

Von einer reduzierten reflektorischen Sensitivität der Barorezeptoren bei Kindern mit hoch normalen und erhöhten Blutdruckwerten gegenüber normotensiven Kindern berichten Genovesi und Kollegen (2008). Eingeschränkte neurokognitive Funktionen können Tfelt-Hansen und Olesen (2012) belegen. Beobachtungen von George et al. (2011) sprechen für eine deutliche Zunahme der Schlaganfall-Inzidenz durch Bluthochdruck im Kindes- und Jugendalter.

Derzeit existieren nur wenige Studien, die der Beziehung zwischen Blutdruckhöhe und Gefäßschäden der Retina bei Heranwachsenden nachgehen. Daniels, Lipman, Burke und Loggie konnten bereits 1991 Veränderungen der Netzhaut bei hypertensiven Kindern nachweisen. In einer weiteren Studie zeigte sich bei 6- bis 8-Jährigen eine zunehmende Verengung der retinalen Arteriolen bei jeder weiteren systolischen Blutdrucksteigerung um 10 mmHg (Mitchell et al., 2007).

Mit der Analyse der forschungsrelevanten Literatur dürfte deutlich geworden sein, dass der Blutdruckanstieg während der Kindheit und Pubertät nicht unabhängig von der damit einhergehenden Änderung der Körpermaße, den hormonellen Umstellungen und dem Reifungsprozess erfolgt. Trotzdem weisen Kinder und Jugendliche kein speziell erhöhtes Risiko auf, in dieser Phase eine Hypertonie zu entwickeln. Die Gründe für das frühe Auftreten einer arteriellen Hypertonie müssen daher woanders liegen (Bachmann, 1985). Ein Bluthochdruck stellt unabhängig vom Lebensalter einen der wichtigsten kardiovaskulären Risikofaktoren dar, welche als solche die Eigenschaft besitzen, nicht etwa monokausal sondern in einem komplexen Gefüge mehrerer Risikofaktoren die Gesundheit negativ zu beeinträchtigen (Schettler & Mörl, 1982). Die häufig mit einem hohen Blutdruck koexistenten Risikofaktoren wurden bereits in ihrer Bedeutsamkeit für die Gesundheit von Erwachsenen genannt (vgl. Kapitel 3). Im Rahmen der folgenden Kapitel wird ihre Relevanz ausschließlich für das in dieser Untersuchung wesentliche Kindes- und Jugendalter diskutiert.

5 Weitere kardiovaskuläre Risikofaktoren im Kindes- und Jugendalter

Obwohl sich arteriosklerotische Erkrankungen symptomatisch erst später im Leben zu erkennen geben, kann die frühzeitige Identifizierung von prädisponierenden Faktoren sowie Veränderungen des Lebensstils erheblich zur Verringerung der Inzidenz beitragen (Kelishadi et al., 2002). Das Kindes- und Jugendalter stellt daher eine besonders kritische Phase dar, um Risikofaktoren nachzuweisen und künftige Folgeschäden zu verhindern. Von Befunden, die einen frühen Beginn arteriosklerotischer Veränderungen belegen, wurde bereits 1915 in Studien mit Autopsien junger Patienten berichtet; seit etwa 1965 gilt die Arteriosklerose auch als pädiatrisches Problem (Strong & Kelder, 1996). Kardiovaskuläre Risikoprofile sind heutzutage ebenso bei Kindern und Jugendlichen zu erkennen. Praktisch alle bekannten Risikofaktoren des Erwachsenen (vgl. Kapitel 3) sind nun mehr auch in der Kindheit und Jugend existent. Ihre Untersuchung und Minimierung ist daher für jede Phase des Lebens von grundlegender Bedeutung, da ihre Auswirkungen die gesundheitliche Perspektive in jedem Alter beeinflussen (Williams et al., 2002; Lenfant & Savage, 1995; Akerblom et al., 1999).

Das Ausmaß der Arteriosklerose bei Heranwachsenden ist mit denselben Risikofaktoren korreliert, die auch bei Erwachsenen identifiziert werden können. Kinder und Jugendliche weisen daher gleichermaßen ein erhöhtes Risiko für die Entwicklung eines Metabolischen Syndroms auf. Jenes beschreibt ein Muster multipler pathologischer Merkmale, die bekanntermaßen häufig gemeinsam auftreten, wahrscheinlich pathophysiologisch miteinander verknüpft sind und zusammen ein erhöhtes Risiko für kardiovaskuläre Erkrankungen bergen (Hahn, 2009). Bei Kindern besteht derzeit kein Konsens bezüglich der Definition und Diagnostik des Metabolischen Syndroms (Halpern et al., 2010). Prospektive Studien haben gezeigt, dass Übergewicht als der wichtigste Risikofaktor gilt und dem Auftreten einer Insulinresistenz häufig mehrere Jahre vorausgeht (A.P. Brandão, A.A. Brandão, Berenson & Fuster, 2005). Schätzungsweise 1 Million Jugendliche der USA erfüllen bereits die Kriterien für ein Metabolisches Syndrom mit einer Prävalenz von 4% im Alter von 12 bis 19 Jahren (Daniels et al., 2005). Darüber hinaus kann bei 30-50% der übergewichtigen Kinder ein Metabolisches Syndrom festgestellt werden (Weiss et al., 2004; Cook, Weitzmann, Auinger, Nguyen & Dietz, 2003).

Verschiedene Faktoren, die beim Erwachsenen im Zusammenhang mit einer Hypertonie stehen, werden auch bei Kindern und Jugendlichen beobachtet (Rosa & Ribeiro, 1999) und wirken sich multiplikativ auf das Risiko für Erkrankungen des kardiovaskulären Systems aus (Chobanian et al., 2003).

Die Bedeutung einzelner Risikofaktoren für den arteriellen Blutdruck von Heranwachsenden wird im Folgenden beschrieben. Die Darstellung des aktuellen Forschungsstands konzentriert sich angesichts der in dieser Arbeit betrachteten Variablen auf einzelne relevante Risikofaktoren, deren Zusammenhänge mit dem Ruhe- und Belastungsblutdruck diskutiert werden. Auf die ausführliche Erklärung weiterer hier nicht untersuchter Risikofaktoren, wie z. B. der Salzkonsum, Dyslipidämie oder Diabetes mellitus, wird an dieser Stelle verzichtet. Es sei zusätzlich noch einmal betont, dass im Zentrum der theoretischen Betrachtung der Blutdruck des Kindes steht. Für eine spätere Modellerstellung soll im Folgenden dessen Zusammenhang und Beeinflussung durch weitere relevante Risikofaktoren erarbeitet werden.

5.1 Übergewicht und Adipositas

Übergewicht und Adipositas haben sich in den vergangenen Jahren geradezu epidemisch ausgebreitet. Der Anteil übergewichtiger Kinder in Europa wird auf 14 Millionen geschätzt; davon sind drei Millionen Kinder adipös (International Obesity Task Force, 2004). In einer aktualisierten Analyse der von 2003-2006 durchgeführten KiGGS-Studie sind bundesweit 14,8% der 2- bis 17-Jährigen übergewichtig, 6,1% leiden an Adipositas; dies entspricht einer Zahl von 1,7 Millionen übergewichtigen und 750.000 adipösen Heranwachsenden. In der Altersgruppe 14 bis 17 Jahre betrug der Anteil übergewichtiger 17,1%; die Hälfte davon war adipös (Kurth & Schaffrath Rosario, 2010)

Im Vergleich zu der bei Kromeyer-Hauschild et al. (2001) herangezogenen Referenzpopulation von 1985 bis 1990 nahm der Anteil der Übergewichtigen um 50% zu; die Prävalenz an Adipositas hat sich dagegen verdoppelt. In der KiGGS-Studie werden folgende Risikofaktoren für Übergewicht und Adipositas angeführt: niedriger Sozialstatus, Migrationshintergrund, elterliches Übergewicht, hohes Geburtsgewicht, mütterliches Rauchen während der Schwangerschaft, wenig Schlaf, wenig körperliche Aktivität, hohe Medienzeiten, überkalorische Ernährung und psychische Faktoren

(Kurth & Schaffrath Rosario, 2007). Tatsächlich liegen der Entstehung eines Übergewichts multimodale Ursachen zugrunde; zunehmend kausale Beziehungen zum Übergewicht werden dem Bewegungsmangel und der Fehlernährung beigemessen (Maffeis, 2000; AGA, 2008). Die familiäre bzw. elterliche Anamnese ist dagegen ein wichtiger Indikator für das genetisch bedingte Risiko für Übergewicht bzw. Adipositas des Heranwachsenden (Birbilis, Moschonis, Mougios & Manios, 2013; Ness, 2004; Yang, Kelly & He, 2007). Neben einem erhöhten genetischen Risiko spiegelt sich der Lebensstil übergewichtiger Eltern nicht selten auch in einer ebenso ungünstigen Lebensweise ihrer Kinder wider (Whitaker, 2004), welche die Entstehung von Übergewicht begünstigt.

Weltweit hat sich der Gebrauch des Body-Mass-Index (BMI = Körpergewicht in kg/Körpergröße in m²) zur indirekten Bestimmung von Übergewicht und Adipositas durchgesetzt (Himes & Dietz, 1994; Poskitt, 1995). Aus den Ergebnissen der KiGGS-Studie geht hervor, dass der BMI bei Säuglingen und Kleinkindern in den ersten Lebensmonaten bis zu einem Alter von 9 Monaten kontinuierlich ansteigt, daraufhin zunächst fällt und schließlich wieder umso früher und stärker ansteigt, je höher der Perzentilenrang des BMI ausfällt. Mädchen weisen ab einem Alter von 10 Jahren höhere BMI-Werte auf als Jungen. 18-jährige Mädchen und Jungen unterscheiden sich dagegen nicht mehr wesentlich im BMI (Schaffrath Rosario, Kurth, Stolzenberg, Ellert & Neuhauser, 2010).

Während für das Erwachsenenalter feste Normwerte zur Definition von Übergewicht und Adipositas gelten, muss im Kindes- und Jugendalter entsprechend den physiologischen Veränderungen der prozentualen Körperfettmasse der Einfluss von alters- und geschlechtsspezifischen Besonderheiten berücksichtigt werden. Wie der juvenile Blutdruck wird der BMI von Kindern und Jugendlichen daher anhand alters- und geschlechtsabhängiger Perzentilen auf Grundlage populationsspezifischer Referenzwerte beurteilt (AGA, 2008). Für Deutschland wird hierfür der Datensatz von Kromeyer-Hauschild et al. (2001) empfohlen, der auf Basis von 17 regionalen Querschnittstudien anhand der Daten von $n=17147$ Jungen und $n=17275$ Mädchen erstellt wurde. Die 90. bzw. 97. alters- und geschlechtsspezifische Perzentile gilt als Grenzwert zur Definition von Übergewicht bzw. Adipositas. Für den Verzicht der Referenzwerte, die aus der aktuelleren KiGGS-Studie resultieren (Schaffrath Rosario et al., 2010), spricht die zu diesem Untersuchungszeitpunkt (2003-2006) bereits hohe

Zahl an übergewichtigen und adipösen Heranwachsenden in Deutschland (Neuhauser et al., 2011). Für die Definition von Übergewicht und Adipositas sind die älteren Referenzperzentilen daher eher geeignet.

Im Hinblick auf gesundheitliche Risiken ist nicht nur die Quantifizierung des Körperfetts, sondern auch dessen Verteilung im Körper maßgebend. Neben der fehlenden Differenzierung zwischen fettfreier Masse und Fettmasse ist dies ein wesentlicher Schwachpunkt des BMI. In der Anthropometrie werden daher weitere Messgrößen herangezogen, um das individuelle Risikoprofil besser zu beurteilen. Die Messung des Taillenumfangs (Bauchumfang) und die Bestimmung des Waist-to-Height Ratios (WtHR) sowie Waist-to-hip Ratios (WHR) kommen als weitere indirekte Verfahren zur Anwendung, um eine im Bauchraum vorhandene Fettansammlung zu beschreiben. Welcher dieser Parameter am besten geeignet ist, um abdominales Übergewicht zu erfassen, wird in der Literatur kontrovers diskutiert. Die Messung des Bauchumfangs ist bei Kindern und Jugendlichen inzwischen eine gängige Methode und ein zuverlässiger Parameter für eine zentralbetonte Adipositas (Brambilla et al., 2006). Das Waist-to-Height Ratio ist dagegen noch nicht in gleichem Maße verbreitet und anerkannt, gewinnt jedoch immer mehr an Bedeutung (Ashwell, Gunn & Gibson, 2012; Serrano et al., 2013; Brambilla, Bedogni, Heo & Pietrobelli, 2013). In einzelnen Studien unterschieden sich BMI und WtHR nicht darin, risikogefährdete Kinder zu identifizieren (Hara, Saitou, Iwata, Okada & Harada, 2002; Freedmann et al., 2007). Andere Untersuchungen wiederum bezeichnen Taillenumfang und WtHR als bessere Parameter für das kardiovaskuläre Risiko (Kahn, Imperatore & Chen, 2005; Savva et al., 2000). Der Taillenumfang weist eine enge Korrelation zur computertomographisch ermittelten viszeralen Fettmasse auf, die wegen ihrer hohen Stoffwechselaktivität besonderen Stellenwert als endokrines Organ besitzt. Dem androiden Fettverteilungstyp, bei dem das Fettgewebe in erster Linie im Bauchraum platziert ist, wird daher ein höheres Gesundheitsrisiko als dem gynoiden Typ zugeschrieben, bei dem das Fettgewebe vorwiegend an Oberschenkeln und Hüften sitzt (Snijder, van Dam, Visser & Seidell, 2006). Die Wirksamkeit der Umfangsmessung kann bei Erwachsenen u. a. durch Studienergebnisse von Janssen, Katzmaryk und Ross (2002) untermauert werden. Wie im Erwachsenenalter besteht eine enge Korrelation zwischen Bauchumfang und kardiovaskulären Risikofaktoren auch bei Kindern und Jugendlichen (Goran & Gower, 1999). Die Erhöhung des Bauchumfangs geht einem steigenden BMI sogar oft voraus, weshalb der Bauchumfang ergänzend bestimmt

werden sollte (Fredriks, van Buuren, Fekkes, Verloove-Vanhorick & Wit, 2005). Messwerte zum Bauchumfang werden bei Heranwachsenden ebenfalls mit Hilfe verteilungsbasierter Referenzwerte nach Alter und Geschlecht eingeordnet, da unterschiedliche Wachstumsmuster der Körperkomposition zugrunde liegen. Für deutsche Kinder und Jugendliche stehen inzwischen repräsentative alters- und geschlechtsabhängige Perzentilen für den Taillenumfang aus den Daten der KiGGS-Studie zur Verfügung. Hierfür wurden die Bauchumfänge von $n=3345$ Jungen und $n=3221$ Mädchen im Alter von 11 bis 17 Jahren als Referenzpopulation herangezogen (Kromeyer-Hauschild, Dortschy, Stolzenberg, Neuhauser & Schaffrath Rosario, 2011). In der Literatur existiert weltweit kein standardisiertes Verfahren zur Messung des Bauchumfangs, weshalb Studienergebnisse zum Teil erheblich voneinander abweichen können (Hitze et al., 2003). Wang und Kollegen (2003) berichteten von bis zu vier verschiedenen Messstellen. Auch herrscht bislang kein Konsens über anerkannte Normwerte für einen erhöhten Taillenumfang. Bei beiden Geschlechtern nimmt der Bauchumfang mit steigendem Alter zu. Der Umfang der Jungen ist nicht nur durchgehend höher als bei Mädchen, sondern zeigt zwischen 11 und 17 Jahren einen annähernd linearen Perzentilverlauf, während es bei Mädchen ab einem Alter von etwa 14 Jahren dagegen nicht mehr zu einer weiteren Zunahme kommt (Kromeyer-Hauschild et al., 2011). BMI und Bauchumfang korrelieren in einem hohen Maße miteinander. Kromeyer-Hauschild, Gläßer und Zellner (2008) berichten von Werten zwischen $r=0,901$ bis $r=0,907$; bei Brunet, Chaput und Trembley (2007) konnten ähnliche Korrelationen bei Kindern im Alter von 7 und 10 Jahren beobachtet werden. Fredriks et al. (2005) stellten an $n=14500$ dänischen Kindern und Jugendlichen fest, dass der Zusammenhang zwischen beiden Parametern mit dem Alter in einer Größenordnung von $r=0,57$ bis $r=0,8$ zunimmt.

5.1.1 Gesundheitliche Risiken und Folgen

Übergewichtige und adipöse Kinder weisen gegenüber Normalgewichtigen eine höhere Komorbidität für chronische Erkrankungen auf (Must & Strauss, 1999; Lobstein, Baur & Uauy, 2004). Bei mehr als der Hälfte der betroffenen Kinder lassen sich Adipositas-assoziierte Begleiterkrankungen diagnostizieren (Wabitsch, 2004); es besteht ein erhöhtes Risiko bereits vor dem Erwachsenenalter ein Metabolisches Syndrom zu entwickeln (Lobstein et al., 2004). Knapp ein Viertel der adipösen Kinder

und Jugendlichen zeigt eine gestörte Glukosetoleranz; die Zahl der Kinder mit Diabetes mellitus Typ 2 nahm in den zurückliegenden Jahrzehnten rasant zu (Sinha et al., 2002). Das für den Diabetes mellitus typische Risiko einer Hyperinsulinämie steigt bei einem BMI ab der 95. Perzentile und noch stärker ab der 97. Perzentile exponentiell an (Freedman, Srinivasan & Berenson, 2002). In der Bogalusa Heart Study traten gehäuft Fettstoffwechselstörungen bei übergewichtigen Kindern auf (Freedman, Dietz, Srinivasan & Berenson, 1999). Das Risiko erhöhter Blutdruckwerte ist bei übergewichtigen und adipösen Kindern und Jugendlichen gegenüber Normalgewichtigen um das Neunfache erhöht (Lauer & Clarke, 1989). Adipöse Kinder entwickeln bis zu 4,5-mal häufiger eine arterielle Hypertonie (Freedman et al., 1999). Daten der Bogalusa Heart Study zufolge weisen 58% der übergewichtigen Kinder einen weiteren Risikofaktor und 50% sogar zwei oder mehr Risikofaktoren auf (Freedman et al., 1999). Zu den weiteren Folgeerscheinungen der Adipositas zählen Leber- und Gallenwegserkrankungen (Wabitsch, 2000). Ferner stellt die Adipositas auch im Kindes- und Jugendalter einen wichtigen Risikofaktor für das Schlafapnoesyndrom dar (König, 2001). Eine juvenile Adipositas begünstigt weitere obstruktive Atemstörungen wie die chronisch obstruktive Bronchitis, das Belastungsasthma oder Asthma bronchiale (Rodriguez, Winkleby, Ahn, Sundquist & Kraemer, 2002). Neben zahlreichen metabolischen Folgeerscheinungen treten orthopädische Störungen wie Fuß-, Knie- und Hüftgelenksveränderungen gehäuft auf (Riddiford-Harland, Steele & Storlien, 2000; Oliveria, Felson, Cirillo, Reed & Walker, 1999). Die Bedeutung eines bereits im Kindesalter bestehenden Übergewichts besteht nicht zuletzt darin, dass betroffene Kinder auch im Erwachsenenalter adipös bleiben und folglich ein deutlich erhöhtes Risiko für Morbidität und Mortalität haben. Eine kindliche Adipositas steht mit dem adulten Lipidmuster, Blutdruck, BMI, Insulinspiegel und Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems in enger Beziehung (Freedman, Kettel Khan, Dietz, Srinivasan & Berenson, 2001; Whitaker, Wright, Pepe, Seidel & Dietz, 1997). In der Bogalusa Heart Study wurde dieser Fragestellung nachgegangen, indem bei $n=9597$ 2-bis 17-Jährigen nach 17 Jahren nochmals der BMI gemessen wurde: Von den adipösen Kindern ($\text{BMI} \geq 95.$ Perzentile) blieben 77% adipöse Erwachsene mit einem $\text{BMI} \geq 30 \text{ kg/m}^2$. Im Gegensatz dazu entwickelten nur 7% der Normalgewichtigen eine spätere Adipositas. Von allen adipösen Erwachsenen waren 25% schon als Kind übergewichtig; 22% hatten einen BMI zwischen der 85. und 94. Perzentile. Der geschätzte BMI im Erwachsenenalter stieg rapide, wenn dieser im

Kindesalter über dem Median lag. Den stärksten Zusammenhang zum BMI-Anstieg zeigte der Insulinspiegel (Freedman et al., 2001). Kinder mit einem BMI zwischen der 75. und 84. Perzentile hatten ein 20-fach höheres Risiko für späteres Übergewicht als diejenigen, mit einem BMI < 50. Perzentile (Field, Cool & Gillman, 2005).

Auch zwischen der abdominalen Fettverteilung und kardiovaskulären Risikofaktoren, wie erhöhte LDL-, Triglyzerid-, Insulin- und Blutdruckwerte, bestehen Zusammenhänge (Freedman et al., 1999; Caprio et al., 1996; Maffei, Pietrobelli, Grezzani, Provera & Tato, 2001). Zudem weisen die Ergebnisse von Maffei und Kollegen (2001) darauf hin, dass Kinder mit einem Taillenumfang oberhalb der 90. Perzentile mit größerer Wahrscheinlichkeit multiple Risikofaktoren vorweisen, als es bei Kindern unterhalb der 90. Perzentile der Fall ist. Es bleibt festzuhalten, dass einer kindlichen Adipositas aus verschiedenen Gründen vermehrte Aufmerksamkeit zu schenken ist: Übergewicht und Adipositas gelten als wichtigste Risikofaktoren für Insulinresistenz, Diabetes mellitus Typ 2, arterielle Hypertonie, Dyslipidämie, Arteriosklerose und Defizite im Fitnessniveau. Eine Adipositas bleibt tendenziell bis ins Erwachsenenalter bestehen. Adipöse Kinder weisen ein bedenklich hohes Risiko für spätere Morbidität und Mortalität auf (Boreham & Riddoch, 2001).

Nachfolgend werden die Assoziationen zwischen BMI bzw. Taillenumfang und dem kindlichen Blutdruck im Einzelnen beschrieben.

5.1.2 BMI, Taillenumfang und Blutdruck bei Kindern und Jugendlichen

Die zugrunde liegenden Mechanismen an der Entstehung eines Bluthochdrucks bei adipösen Kindern und Jugendlichen werden kontrovers diskutiert und sind bislang nicht vollständig identifiziert. Generell werden Änderungen in den reflektorischen Regulationsmechanismen des arteriellen Drucks und Störungen des sympathischen Systems angenommen, die für die erhöhte Prävalenz von Bluthochdruck bzw. Herz-Kreislauf-Erkrankungen bei Adipositas verantwortlich sind. Aufgrund der altersphysiologischen Änderungen vieler Parameter von der Kindheit bis ins Erwachsenenalter sind die Informationen, die aus Studien an Erwachsenen resultieren, nicht einfach auf das Kindesalter übertragbar. Bei Kindern wird eine Adipositas überwiegend mit einer Dysfunktion des autonomen Nervensystems in Verbindung gebracht (Jamerson & Julius, 1991; Davy & Hall, 2004); es bleibt jedoch

unklar, welche konkreten Mechanismen bei adipösen Kindern zu Bluthochdruck führen (Dipla, Nassis & Vrabas, 2012).

Insgesamt werden drei Hauptmechanismen angenommen: die Aktivierung des sympathischen Nervensystems, eine Insulinresistenz und eine vaskuläre Dysfunktion. Schon seit längerer Zeit wird in der Aktivierung des sympathischen Nervensystems eine Ursache für die enge Beziehung zwischen Adipositas und Hypertonie gesehen (Rocchini, Katch, Schork & Kelch, 1987; Sorof, Poffenbarger, Franco, Bernard & Portman, 2002). In den Untersuchungen der Bogalusa Heart Study korrelierte die Herzfrequenz mit dem Blutdruck. Außerdem fanden Sorof und Kollegen (2002) bei adipösen hypertensiven Jugendlichen eine höhere Ruheherzfrequenz als bei normalgewichtigen normotensiven Jugendlichen desselben Alters. Weiterhin resultierte ein Gewichtsverlust in einer signifikanten Abnahme der Herzfrequenz bei adipösen Jugendlichen. Dies hatte eine reduzierte sympathische Aktivität sowie niedrigere Blutdruckwerte zur Folge (Rocchini et al., 1987).

Insulinresistenz und Bluthochdruck treten bei Adipösen häufig gemeinsam auf. Doch auch Normalgewichtige mit Bluthochdruck können in geringem Maße eine Insulinresistenz aufweisen. Diese Beobachtung veranlasste verschiedene Autoren dazu, die Insulinresistenz oder Hyperinsulinämie als Determinante des gesteigerten systemischen Gefäßwiderstands bei Adipösen anzusehen (Landsberg, 1992). Es ist davon auszugehen, dass eine Insulinresistenz auch bei Kindern und Jugendlichen an der Entwicklung einer Hypertonie beteiligt ist (Rocchini, 1991; Sorof & Daniels, 2002). In einer Studie von Kanai et al. (1990) zeigten Kinder, die auf einen Glukosetoleranztest mit einer Hyperinsulinämie oder Hyperglykämie reagierten, signifikant erhöhte systolische Blutdruckwerte im Vergleich zur Kontrollgruppe.

Beim adipösen Erwachsenen ist eine arterielle Steifigkeit und Wandverdickung der Arteria Carotis als Zeichen vaskulärer Veränderungen in Folge der Adipositas zu beobachten. Die Studienlage bei Kindern und Jugendlichen gibt diesbezüglich zwar nur begrenzt Aufschluss, aber weist ähnliche Ergebnisse über derartige funktionale Veränderungen vor. Rocchini et al. (1989) dokumentierten bei übergewichtigen Jugendlichen ein gesteigertes Herzzeitvolumen, welches aber nicht die Folge eines erhöhten Gefäßwiderstands, sondern vielmehr auf ein vergrößertes Schlagvolumen zurückzuführen war. Sie stellten fest, dass ein erhöhter Blutdruck direkt mit einem durch die Zunahme des Blutvolumens induzierten gesteigerten Schlagvolumens

assoziiert ist, welches sich wiederum durch eine salzarme Diät verringern ließ. Insgesamt führte eine Gewichtsabnahme nicht nur zur Senkung des Blutdrucks, sondern ging auch mit einer geringeren Salzsensitivität der Jugendlichen einher. Eine hohe Salzsensitivität vermittelt demnach eine volumenabhängige Zunahme des Schlag- bzw. Herzzeitvolumens und führt so zu einem Anstieg des Blutdrucks. Nebenbei brachte ein Gewichtsverlust auch Veränderungen des Sympathikotonus und dementsprechend blutdrucksenkende Effekte mit sich. Grundsätzlich ähneln die Beobachtungen zur vaskulären Dysfunktion bei übergewichtigen Kindern den Mechanismen bei Erwachsenen. Kinder sind grundsätzlich nicht vor den kardiovaskulären Risiken einer Adipositas geschützt. Eine Abnahme der arteriellen Dehnungsfähigkeit war genauso mit dem BMI assoziiert wie Funktionsstörungen des Endothels einschließlich der bereits erörterten pathologischen Folgen für das Herz-Kreislauf-System (Tounian et al., 2001).

Die mit einer Hypertonie und Adipositas assoziierten gesundheitlichen Störungen sind auch vom Alter bei Beginn der Erkrankung abhängig. Dies hat insofern eine Bedeutung, als dass eine Manifestation in jüngeren Lebensjahren ein erhöhtes Gesundheitsrisiko impliziert. Eine Adipositas in der Kindheit führt schon früh zu myokardialen Veränderungen sowie Pathologien der Arteria Carotis. Berenson et al. (1998) stellte diesbezüglich eine Korrelation zwischen BMI, systolischem bzw. diastolischem Blutdruck und dem Vorliegen arteriosklerotischer Frühläsionen und Plaquebildungen in der Aorta und den koronaren Arterien fest. Außerdem zeigte die Intima-Media-Dicke der Arteria Carotis einen positiven Zusammenhang zum Gewicht, BMI und zur linksventrikulären Masse.

Die LVH ist auch im Kindesalter schon eng mit Fettleibigkeit und Bluthochdruck verknüpft (Rode et al., 2003; Friberg et al., 2004; Eisenmann, Malina, Tremblay & Bouchard, 2007). Einer ausgeprägten abdominalen Adipositas folgt eine Zunahme des Schlagvolumens, um Organe und Muskulatur genügend zu durchbluten. Gleichzeitig führen erhöhte Blutdruckwerte und eine Steigerung des peripheren Widerstands zu einer zusätzlichen Druckbelastung des linken Ventrikels. Eine LVH wird infolge der Strukturveränderungen, der endothelialen Dysfunktion und Mediahypertrophie als charakteristisch für die Adipositas angesehen. Neben diesen hamodynamischen Veränderungen tragen auch humorale Mechanismen über die Aktivitätssteigerung des RAAS zur Entwicklung der LVH bei (Lechleitner, 2002). Kardiale Veränderungen sind

daher bereits bei übergewichtigen und adipösen Kindern und Jugendlichen zu befürchten (Freedman et al., 2002; Ayer, Sholler & Celermajer, 2008; Baker, Olsen & Sørensen, 2008).

Grundsätzlich kann jeder durch ein Übergewicht hervorgerufene pathophysiologische Vorgang zu einem hohen Blutdruck über ein gesteigertes Herzzeitvolumen oder einen erhöhten systemischen Gefäßwiderstand führen. Ein Überschuss an Fettmasse ist unabhängig vom Alter mit einem erhöhten Blutdruck verbunden. Das Ausmaß des Blutdruckanstiegs unterscheidet sich unwesentlich von dem bei Erwachsenen. Auch im Hinblick auf die Blutdruckantwort während körperlicher Belastung werden als wesentliche Einflussfaktoren eine Adipositas sowie eine eingeschränkte Insulinsensitivität diskutiert (Møller et al., 2010).

Die Folge einer bereits in jungen Jahren ausgeprägten Adipositas ist ein beschleunigter atherogener Prozess. Als beweiskräftig haben sich hierfür die autoptischen Befunde der Bogalusa Heart Study erwiesen, wonach der Anteil arteriosklerotischer Plaques in der Aorta mit der Anzahl an Risikofaktoren zunahm (Berenson et al., 1998). Angesichts des Phänomens des Trackings ist daher sowohl einer Hypertonie als auch einer Adipositas besondere Aufmerksamkeit zu schenken (Torrance et al., 2007). Beide Erkrankungen führen als Einzelfaktoren sowie im Rahmen des Metabolischen Syndroms zu einer signifikanten Zunahme des kardiovaskulären Risikos (Sorof & Daniels, 2002; Torrance et al., 2007).

Übergewicht und Adipositas sind in über der Hälfte der Fälle ursächlich für chronisch erhöhten Blutdruck bei Heranwachsenden (Torrance et al., 2007; Berenson, 2005). Im Zusammenhang mit hohen Blutdruckwerten bei Kindern und Jugendlichen scheint ein hoher BMI daher als einer der wichtigsten Risikofaktoren (Chobanian et al., 2003). Da übergewichtige Kinder häufig bis ins Erwachsenenalter übergewichtig bleiben und ein damit einhergehendes hohes Risiko für Hypertonie aufweisen, gehört ein kindliches Übergewicht auch unter diesem Aspekt zu den wesentlichen Risikofaktoren für Bluthochdruck (Lurbe et al., 2009; Lloyd, Langley-Evans & McMullen, 2010). Sorof et al. (2004) und Paradis et al. (2004) führen die steigende Prävalenz erhöhter systolischer Blutdruckwerte bei Schulkindern primär auf die zunehmende Verbreitung von Übergewicht und Adipositas der vergangenen Jahre zurück. Sorof und Kollegen (2004) berichten bei $n=5102$ Jugendlichen (mittleres Alter von 14 Jahren) von einer Hypertonieprävalenz von etwa 2% bei denjenigen mit einem BMI ≤ 5 . Perzentile im

Vergleich zu 11% bei BMI-Werten oberhalb der 95. Perzentile. In einer Meta-Analyse stellten Friedeman und Kollegen (2012) fest, dass der Blutdruck bei Übergewichtigen im Mittel 4,5 mmHg ($n=12169$, $p<0,001$) und bei Adipösen 7,5 mmHg ($n=8074$, $p<0,001$) höher im Vergleich zu Normalgewichtigen war.

In der Literatur gehören BMI, Bauchumfang und WtHR zu den am häufigsten eingesetzten Indizes für eine Hypertonie. Bislang konnte kein Konsens gefunden werden, welcher dieser Parameter am besten zur Identifikation einer arteriellen Hypertonie geeignet ist. Zusammenhänge zwischen BMI und arteriellem Blutdruck bei Kindern und Jugendlichen sind gut belegt (Clarke, Woolson & Lauer, 1986; Muntner et al., 2004; Weiss et al., 2004). Bereits in der Bogalusa Heart Study ließ sich zeigen, dass der systolische Blutdruck in den oberen Perzentilrängen des BMI oder Körpergewichts signifikant höher ist. Zudem konnte in späteren Untersuchungen an derselben Kohorte nachgewiesen werden, dass Heranwachsende aus den oberen BMI-Perzentilrängen im Laufe der Jahre einen überproportional hohen Anstieg des systolischen Blutdrucks zeigen im Vergleich zu denjenigen die in den unteren Rängen verblieben (Aristimuno et al., 1984). Weiterhin hatten Jungen mit einem BMI zwischen der 75. und 85. Perzentile ein vierfach erhöhtes Risiko und Jungen über der 85. Perzentile ein fünffach erhöhtes Risiko, Bluthochdruck zu entwickeln (Field et al., 2005). Eine Studie von Ullrich-French, Power, Daratha, Bindler und Steele (2011) mit $n=135$ Heranwachsenden im Alter von 11 bis 15 Jahren weist signifikante Korrelationen zwischen der BMI-Perzentile sowie dem systolischen und diastolischen Blutdruck nach ($r=0,39$ bzw. $r=0,27$; $p<0,01$). In einer Analyse von Reich et al. (2003) an $n=2365$ Schulkindern im Alter von 8 bis 16 Jahren erwies sich der BMI als der am stärksten mit dem Blutdruck assoziierte Parameter. Gaya et al. (2009) konnten nur 20% der Varianz des Ruheblutdrucks mittels Kombination von Körpergröße, BMI, Alter, Geschlecht und körperlicher Aktivität bei 11- bis 17-Jährigen erklären. Der BMI erwies sich hierbei als bester Prädiktor. BMI und Körpergröße erklärten hingegen allein 12,4% der Varianz des systolischen Blutdrucks bei 5- bis 6-jährigen Kindern (Simonetti et al., 2011).

Eine Analyse von Rosner, Cook, Portman, Daniels und Falkner (2009), die Daten von $n=58698$ Kindern und Jugendlichen unterschiedlicher ethnischer Herkunft im Alter von 1 bis 17 Jahren untersuchten, belegt eine Hypertonieprävalenz (NHBPEP, 2004) von 4,8-6,5% bei Jungen und 4,8-5,3% bei Mädchen mit einem BMI unterhalb der 85.

Perzentile. Oberhalb dieses Grenzwertes trat eine Hypertonie bei 14-16% der Jungen und 13-16% der Mädchen auf. Eine weitere Studie von Falkner und Kollegen (2006) mit $n=18618$ Probanden im Alter von 2 bis 19 Jahren kam zu signifikanten Assoziationen zwischen Blutdruck und BMI bei Jungen und Mädchen in allen Altersgruppen (Falkner et al., 2006).

Zur Aussagekraft des Bauchumfangs kann die Studie von Maffeis et al. (2001) herangezogen werden. Maffeis und Kollegen weisen auf eine positive Korrelation zwischen systolischem bzw. diastolischem Blutdruck und Taillenumfang unabhängig von Alter, Geschlecht und BMI hin. Auch bei Lu et al. (2013) hingen bei $n=78114$ chinesischen Heranwachsenden BMI und Bauchumfang unabhängig von Alter und Geschlecht signifikant mit dem Blutdruck zusammen. Ähnliche Ergebnisse finden sich bei Genovesi et al. (2008) und Choy et al. (2011), die den Bauchumfang als einen geeigneten Indikator für abdominale Fettleibigkeit und zuverlässigen Parameter für Bluthochdruck bei Kindern hervorheben. Serrano et al. (2013) kamen bei 6- bis 16-Jährigen und Beck, Lopes und Pitanga (2011) bei 14- bis 19-Jährigen zu ähnlichen Befunden für das WtHR, obgleich BMI und Bauchumfang in diesen Studien in gleichem Maße mit dem Blutdruck assoziiert waren. Bekkers et al. (2012) schlussfolgern aus einer Untersuchung mit $n=1432$ Kindern im Alter von 12 Jahren, dass neben dem BMI auch zusätzlich der Taillenumfang erhoben werden sollte, um das kardiovaskuläre Risiko von Heranwachsenden zu bestimmen.

Gegenüber dem Ruheblutdruck existieren bezüglich eines Zusammenhangs zwischen BMI und Belastungsblutdruck nur wenige Studien, welche teilweise mit nur eingeschränkter Aussagekraft zu bewerten sind. Für den Taillenumfang ließen sich dagegen keine Untersuchungen finden.

Carletti und Kollegen (2008) konnten bei 11- bis 15-jährigen übergewichtigen Jungen ($n=56$) im Mittel 10 mmHg höhere Blutdruckwerte unter maximaler Belastung im Vergleich zur normalgewichtigen Gruppe messen. Die Untersuchungen von Dipla et al. (2010) und Burger, Serne, Nolte und Smulders (2009) an $n=27$ bzw. $n=24$ männlichen Probanden stimmen mit diesen Ergebnissen überein. Auch Møller und Kollegen (2010) konnten im Rahmen der European Youth Heart Study feststellen, dass bei 8- bis 10-jährigen ($n=280$) und 14- bis 16-jährigen Jungen ($n=206$) eine positive Korrelation zwischen BMI und Belastungsblutdruck auf allen durchgeführten Belastungsstufen besteht. Weiterhin erwies sich in einem multivariaten

Regressionsmodell der BMI und nicht der Bauchumfang als signifikanter Prädiktor für den Belastungsblutdruck. Für den geschlechtsabhängigen Unterschied ziehen die Autoren u. a. hormonelle Einflüsse in Betracht. Tulio, Eglé und Greily (1995) sehen eine Adipositas ebenfalls als blutdruckwirksamen Faktor während körperlicher Belastung. Ihre Schlussfolgerung gründet auf Untersuchungen an $n=100$ Jungen, deren Blutdruck bei maximaler Belastung gemessen wurde. Becker, Silva, Moreira und Victor (2007) kamen bei 10- bis 19-jährigen Jungen und Mädchen ($n=218$) zu dem Ergebnis, dass der während Ausbelastung gemessene Blutdruck neben Alter und Körpergröße auch mit dem BMI korrelierte. Die Untersuchungsergebnisse von Ketelhut et al. (2011) deuten auf einen Zusammenhang zwischen Belastungsblutdruck und BMI bei 6-Jährigen hin ($n=180$).

Die unzureichende Datenlage verdeutlicht den Bedarf weiterer Untersuchungen zur Frage, in welchem Maße BMI und Belastungsblutdruck miteinander korrelieren. Überdies ist ein deutlicher Mangel an Studien festzustellen, in denen entsprechenden Assoziationen zum Bauchumfang nachgegangen wurde. Die in dieser Arbeit geprüften Zusammenhänge sollen beiden Erfordernissen gerecht werden.

Ein Mangel an Bewegung ist heute ein charakteristisches Merkmal für die Lebensweise der jüngeren Bevölkerung. Körperliche Inaktivität ist in Verbindung mit chronischer Überernährung ein wesentlicher Grund für die zunehmende Inzidenz von Übergewicht und Adipositas im Kindes- und Jugendalter (Beneke & Leithäuser, 2008). Weiterhin sind die antihypertensiven Effekte von Bewegung in der Literatur zumindest für Erwachsene gut dokumentiert. Körperliche Inaktivität, Übergewicht und arterielle Hypertonie scheinen auch bei Heranwachsenden eng miteinander verknüpft zu sein und stehen daher im Fokus dieser Untersuchung.

5.2 Körperliche Inaktivität

Körperliche Aktivität ist ein Lebensstilfaktor, der inzwischen in sämtlichen Empfehlungen zur Prävention und Rehabilitation einer Vielzahl von Erkrankungen fester Bestandteil ist. Die gezielte Förderung einer aktiven Lebensweise wirkt der Entwicklung von Krankheiten in jedem Alter entgegen – dies betrifft in erster Linie Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Diabetes mellitus, Osteoporose und Beschwerden des Bewegungsapparates. Physiologische und verhaltensbezogene Risikofaktoren im Rahmen chronisch degenerativer Erkrankungen wie Übergewicht und Hypertonie

lassen sich durch ausreichende Bewegung reduzieren – ganz abgesehen von den positiven Effekten auf die psychische Gesundheit und Lebensqualität (U.S. Department of Health and Human Services, 1996a). Die epidemiologische Evidenz körperlicher Aktivität im Erwachsenenalter ist unbestritten (vgl. Kapitel 3.2). Der Grundstein für einen gesunden und aktiven Lebensstil wird dabei überwiegend im Kindesalter gelegt (Malina, 1996). Wie bei Erwachsenen sind Basisempfehlungen zur körperlichen Aktivität und Maßnahmen zur Bewegungsförderung eine zentrale Herausforderung. Folgen eines kindlichen Bewegungsmangels spiegeln sich in einer Verschlechterung der motorischen Leistungsfähigkeit, einer erhöhten Gesundheitsgefährdung und Zunahme von Haltungsschäden sowie psychomotorischen Störungen wider (Ketelhut & Bittmann, 2001).

Körperliche Aktivitäten schließen sämtliche körperliche Bewegungen ein, die durch die Skelettmuskulatur verursacht werden und folglich mit einem substanziellen Energieverbrauch verbunden sind. Der Schulweg, Haus- und Gartenarbeiten, Freizeitaktivitäten sowie spielerische und sportliche Aktivitäten werden damit zu körperlichen Aktivitäten gezählt (Caspersen, Powell & Christenson, 1985). Körperliche Aktivität kann in verschiedenen Settings stattfinden (Trost, 2007): Für Heranwachsende betrifft dies körperliche Aktivität in der Schule (zum Beispiel Schulsport), Freizeitsport in Vereinen, Freizeitsport außerhalb von Vereinen und Alltagsaktivitäten. In allen bisher entwickelten Aktivitätsempfehlungen besteht Einigkeit in der Bedeutung täglicher Bewegung für die Gesundheit des Heranwachsenden (Cale & Harris, 2005). Bereits 1995 hat die WHO Guidelines für ein Mindestmaß an täglicher Aktivität für Kinder im Sinne eines gesundheitsfördernden Verhaltens ausgesprochen. Aktuell wird international das von der United Kingdom Health Education Authority sowie von der WHO empfohlene Mindestmaß an Aktivität von täglich einer Stunde moderater bis intensiver körperlicher Aktivität herangezogen (Biddle, Cavill & Sallis, 1998; Cavill, Biddle & Sallis, 2001; WHO, 2010c). Auch innerhalb der KiGGS-Studie wurde eine Bewegungszeit von mindestens 60 Minuten pro Tag als Empfehlung zugrunde gelegt (Lampert, Mensink, Rohmahn & Woll, 2007). Die Analyse dieser Daten beweist, dass die Empfehlung nur von einer Minderheit erreicht wird: 28,2% der Jungen und 17,3% der Mädchen im Alter von 11 bis 17 Jahren ($n=6667$) sind fast täglich aktiv. Im Laufe der Adoleszenz zeigt sich eine altersabhängige Abnahme; während mit 11 Jahren noch 34,9% der Jungen und 27,6% der Mädchen annähernd täglich aktiv sind, waren es im Alter von 17 Jahren nur noch

18,4% der Jungen und 11,2% der Mädchen. Die Chance auf Inaktivität stieg bei Jungen und Mädchen mit jedem Lebensjahr um 30%. Auch im internationalen Vergleich lassen sich ähnliche Entwicklungen im Altersgang beobachten. In der von der WHO geförderten HBSC-Studie (The Health Behaviors In School-age Children) zeigt sich in den meisten Ländern Europas eine vom 11. bis zum 15. Lebensjahr abnehmende Häufigkeit an körperlich-sportlicher Aktivität von täglich einer Stunde. Während noch 28% der 11-jährigen Jungen und 19% der gleichaltrigen Mädchen den Mindestempfehlungen nachkamen, waren es im Alter von 15 Jahren nur noch 19% der Jungen und 10% der Mädchen. Deutsche Jungen und Mädchen lagen im Ländervergleich diesbezüglich im unteren Mittelfeld; die entsprechenden Anteile betragen 25% bzw. 13% für Jungen und 20% bzw. 9% für Mädchen (Currie et al., 2012). Aktuelle NHANES-Daten ($n=1218$) von 2009-2010 bei 6- bis 11-jährigen Kindern belegen, dass 70% den Aktivitätsempfehlungen nachkommen (Fakhouri, Hughes, Brody, Kit & Odgen, 2013).

In der KiGGS-Studie gaben 89,9% der Jungen und 78,5% der Mädchen an, regelmäßig, d. h. mindestens einmal pro Woche, körperlich-sportlich aktiv zu sein. Durchschnittlich verbrachten die 11- bis 17-jährigen Mädchen nur 4,5 Stunden pro Woche mit körperlichen Aktivitäten, wohingegen der Anteil bei den Jungen mit 7,8 Stunden pro Woche größer ausfiel. Im Altersgang nahm der wöchentliche Zeitumfang von 8,0 Stunden bei den 11- bis 13-Jährigen auf 7,8 Stunden bei den 14- bis 17-Jährigen nur leicht ab. In der weiblichen Gruppe geht er dagegen von 5,1 auf 4,2 Stunden pro Woche deutlicher zurück. Körperlich inaktiv, d. h. weniger als einmal die Woche körperlich-sportlich betätigt, sind schon 21,5% der jugendlichen Mädchen, aber nur 10,1% der gleichaltrigen Jungen (Lampert et al., 2007). Mit dem an die KiGGS-Studie angeschlossenen Motorik-Modul (MoMo) gehen weitere $n=4091$ Datensätze in die statistische Analyse ein (Bös, Opper, Worth, Oberger & Woll, 2009), anhand derer inzwischen neue Informationen über das Bewegungsverhalten der Kinder und Jugendlichen gewonnen werden können. Die Ergebnisse zeigen, dass 15,3% der 4- bis 17-Jährigen die WHO-Empfehlung erfüllen. 91,3% der Jungen und 93,4% der Mädchen im Alter von 11 bis 17 Jahren befolgten diese nicht. 4- bis 6-Jährige kommen den Empfehlungen signifikant häufiger nach als die 7- bis 10-Jährigen und diese wiederum häufiger als die 11- bis 17-Jährigen. Anhand der MoMo-Daten zeigt sich tendenziell eine Verschlechterung der Aktivitätssituation

innerhalb der vergangenen Jahre (Bös et al., 2009; Krug, Jekauc, Poethko-Müller, Woll & Schlaud, 2012).

Werden die Ergebnisse der European Youth Heart Study berücksichtigt (Andersen et al., 2006), wären selbst die Empfehlungen der WHO aus präventiver Sicht unzureichend. Etwa 90 Minuten an täglich körperlich-sportlicher Aktivität bieten den Autoren zufolge den besten Schutz vor kardiovaskulären Erkrankungen. Die erst kürzlich für Deutschland empfohlenen Richtlinien zur Förderung körperlich-sportlicher Aktivität von Kindern und Jugendlichen sehen ähnlich abweichende Bewegungszeiten vor (Graf et al., 2013). Die Zahl der ungenügend aktiven Heranwachsenden in Deutschland würde unter diesen Empfehlungen enorm ansteigen (Oppen, Worth, Wagner & Bös, 2007).

Es ist denkbar, dass die altersabhängige Abnahme körperlich-sportlicher Aktivität auf eine Veränderung in der Art der Ausübung zurückzuführen ist: Während jüngere Kinder überwiegend im Freien spielen, nehmen Ältere zunehmend an organisierten und strukturierten Aktivitäten in Sportvereinen teil (Malina, 1991). Insgesamt zeigt sich, dass zu viele Heranwachsende den aktuellen Empfehlungen nicht nachkommen. Die Ergebnisse eines Reviews ergeben jedoch nur wenige Hinweise für erfolgreiche Interventionsmaßnahmen (van Sluijs, McMinn & Griffin, 2007).

Ein Großteil des Sports, der aktuell in der Freizeit betrieben wird, findet im Verein statt. So sind, den Ergebnissen des Motorik-Moduls folgend, etwa 58% der 4- bis 17-jährigen Kinder und Jugendlichen Mitglied in einem Sportverein; 12,9% davon sind in mehreren Vereinen aktiv. Fast ein Fünftel der befragten Heranwachsenden waren zwar nicht mehr aktuell, aber in ihrer Vergangenheit schon einmal Vereinsmitglied. 23,6% der Kinder waren dagegen noch nie an institutionalisierten sportlichen Aktivitäten beteiligt. Die Vereine erreichen durch Kinder im Vor- und Grundschulalter (4 bis 10 Jahre) ihre höchsten Mitgliederzahlen, ehe sie mit dem Schulwechsel und der eintretenden Pubertät wieder sinken. Während noch 61% der Heranwachsenden im Alter von 11 bis 13 Jahren Vereinsmitglied waren, reduziert sich der Anteil auf knapp die Hälfte der 14- bis 17-Jährigen. Über die Zeit betrachtet treten mehr Kinder wieder aus einem Verein aus, als Neue hinzukommen. Gegenüber den Jungen sind Mädchen seltener in einem Sportverein aktiv (63% vs. 52%). Jungen wählen bevorzugt Fußballvereine (40%), während Mädchen am liebsten Turnen (18%). In der Regel trainieren Kinder und Jugendliche einmal pro Woche

(52,3%); nur 13,6% sind dreimal oder häufiger aktiv. Aus Sicht der Autoren kann das Defizit an Alltagsaktivität durch eine Stunde Bewegung im Sportverein nicht ausgeglichen werden (Bös et al., 2009).

Insgesamt ist es entscheidend, vor allem regelmäßig aktiv zu sein – dies schließt sämtliche Lebensstilaktivitäten mit ein. Die Unterstützung und Vorbildfunktion der Eltern spielt in diesem Zusammenhang eine nicht unwesentliche Rolle; Studien zufolge sind Kinder, deren Eltern einen aktiven Lebensstil pflegen, deutlich aktiver als Kinder, deren Eltern sich selten oder gar nicht körperlich betätigen (Baur, 1994; Graf et al., 2003). Weitere Einflussfaktoren der körperlichen Aktivität sind der Wohnort, die Familiensituation, der Sozialstatus, die Herkunft, das Alter und Geschlecht (Sallis, Prochaska & Taylor, 2000) sowie Einflüsse durch Freunde und Peer-Group (MacDonald-Wallis, Jago & Sterne, 2012). Einen Überblick über potentielle interne und externe Determinanten körperlich-sportlicher Verhaltensweisen geben Sallis und Owen (1999) sowie Dishman, Washburn und Heath (2004).

Der soziale Kontext gehört zu den wichtigsten Prädiktoren für die Gesundheit junger Menschen. In Bezug auf die körperliche Aktivität können Kinder gerade aus sozial schwachen Familien kostenpflichtige Aktivitätsangebote nur selten wahrnehmen (Zambon et al., 2006; Boraccino et al., 2009; Bös et al., 2009). Dies wird auch in den Befunden der KiGGS-Studie sichtbar: Sportlich inaktive Kinder, d. h. weniger als einmal pro Woche, zwischen 3 und 10 Jahren kamen signifikant häufiger aus Familien mit niedrigem Sozialstatus, Migrationshintergrund und aus den neuen Bundesländern. Defizite in der körperlich-sportlichen Aktivität in der Altersgruppe der 11- bis 17-Jährigen betrafen überwiegend Mädchen mit niedrigem Sozialstatus und Migrationshintergrund (Lampert et al., 2007). Soziale Gradienten hinsichtlich der Partizipation in Sportvereinen fanden auch Krug und Kollegen (2012).

Eine weitere Bewegungsquelle stellt der Transport dar, in dem wie auch bei Erwachsenen ein deutliches Aktivitätspotenzial gesehen wird (Andersen, Hein, Schnohr & Schroll, 2000). Chillón et al. (2013) wiesen in eigenen Untersuchungen an 9-jährigen Kindern ($n=262$) nach einem Follow-up von sechs Jahren eine signifikante Verbesserung der kardiorespiratorischen Fitness bei denjenigen nach, die mit dem Fahrrad zur Schule kamen. Ähnliche Ergebnisse von Lubans, Boreham, Kelly und Foster (2010) unterstützen diese Befunde. Inwieweit sich eine aktive Schulweggestaltung günstig auf das kardiovaskuläre Risikoprofil auswirkt ist relativ

unklar. Eine Studie mit dänischen 15-jährigen Kindern und Jugendlichen fanden keine Unterschiede im gesundheitlichen Risiko zwischen aktiven und passiven Schülern; allerdings wurde das Risikoprofil von Radfahrern im Allgemeinen als günstiger bewertet (Andersen et al., 2011). Chillón und Kollegen (2011) sahen ebenfalls keine signifikanten Zusammenhänge zwischen dem Transportmittel zur Schule und kardiovaskulären Risikofaktoren in einer Längsschnittstudie mit schwedischen Kindern.

Die körperliche Aktivität stellt ein komplexes Konstrukt dar, welches in der Praxis nur schwer korrekt und standardisiert zu erfassen ist. Ist es das Ziel, bei der Messung des tatsächlichen Bewegungsverhaltens neben den bewährten Gütekriterien eines Tests auch eine möglichst große Testökonomie und Robustheit gegenüber Störfaktoren zu gewährleisten, so kann keines der gängigen Verfahren die körperliche Aktivität kriteriengerecht wiedergeben (Müller, Rosenbaum & Winter, 2010). Im Ganzen werden drei Gruppen von Messinstrumenten unterschieden: Die Referenzmethoden oder „Goldstandards“ (Methoden erster Kategorie), wie z. B. die indirekte Kalorimetrie, objektive Verfahren (Methoden zweiter Kategorie), wie z. B. die Herzfrequenzmessung und subjektive Verfahren (Methoden dritter Kategorie), wie beispielweise Tagebücher, Interviews oder Fragebögen. Methoden erster Kategorie dienen neben der direkten Messung der körperlichen Aktivität bzw. des damit verbundenen Energieverbrauchs auch der Validierung von Verfahren zweiter und dritter Kategorie (Beneke & Leithäuser, 2008). Dabei stehen Validität der Messverfahren und Anwendbarkeit in einer reziproken Beziehung. Die Methoden der ersten Kategorie sind zwar valide, aber auch sehr zeit-, personal- und kostenintensiv; ihr Einsatz bietet sich nahezu ausschließlich bei kleinen Stichproben an. Zudem erfordern diese Methoden in der Regel eine hohe Compliance, weshalb sie für Kinder weniger geeignet sind (Beneke & Leithäuser, 2008). Objektive und subjektive Methoden empfehlen sich bei größeren Kollektiven, da sie preiswerter und weniger aufwändig sind. Jedoch geht dies auf Kosten der Validität und Reliabilität (Müller et al., 2010). Die in diesem Fall retrospektive Beschreibung der körperlichen Aktivität verlangt ein gutes Erinnerungsvermögen des Befragten; Irrtümer, Fehlinterpretationen und sozialkonformes Verhalten beeinflussen die Ergebnisse. Im Vergleich zur direkten Verhaltensbeobachtung werden bei Kindern zum Teil nur 50% der Aktivitäten genau wiedergegeben (Maffeis & Schutz, 2005). Bei jüngeren Kindern (< 10 Jahre) ist ein Fragebogen aufgrund wenig verlässlicher Informationen kein geeignetes

Erhebungsinstrument (Rice & Howell, 2000). In Anbetracht der jeweiligen Vor- und Nachteile hat sich ein methodischer Goldstandard bislang nicht etabliert (Beneke & Leithäuser, 2008). Die Auswahl der passenden Methode richtet sich stets nach der Stichprobe, den zu interessierenden Dimensionen (Intensität, Häufigkeit, Dauer, Art) und nach forschungsökonomischen Aspekten. Fragebogenerhebungen werden gerade zur Untersuchung größerer Kollektive herangezogen, da sie einen Mittelweg zwischen Anwendbarkeit und Validität darstellen (Müller et al., 2010).

5.2.1 Bildschirmzeit

Die Beschäftigung mit elektronischen Medien nimmt im kindlichen Alltag eine immer größere Rolle ein – der mediale Einfluss ist bei Kindern und Jugendlichen in den vergangenen Jahrzehnten stetig gestiegen. Die Medienzeit ist gekennzeichnet durch eine geringe physische Aktivität und einen niedrigen Energieverbrauch (Pate, O’Neill & Lobelo, 2008). Fernseher und Computer scheinen heute attraktiver zu sein als Freizeitaktivitäten im Freien (Feierabend & Klingler, 2001, 2002; Richter & Settertobulte, 2003). Die American Academy of Pediatrics (2001) empfiehlt die Fernseh- und Computerzeit von Kindern und Jugendlichen auf maximal zwei Stunden am Tag zu begrenzen. Den Daten der aus dem Jahr 2009/2010 gewonnenen HBSC-Studie zufolge, nimmt der Anteil der Jugendlichen, die täglich zwei und mehr Stunden fernsehen, mit dem Alter zu. Waren es im Alter von 11 Jahren noch 58% der Jungen und 54% der Mädchen, stieg der Anteil bei 15-Jährigen auf 64% bzw. 62% an. Deutsche Jungen und Mädchen nahmen im Ländervergleich mit zunehmendem Alter einen höheren Rangplatz ein. Der Anteil derjenigen, die den Empfehlungen nicht nachkamen, lag im Alter von 11 Jahren noch bei weniger als der Hälfte der Jungen und Mädchen und stieg mit 15 Jahren auf knapp zwei Drittel an (Currie et al., 2012).

Von 1999 bis 2009 erhöhte sich die durchschnittliche Fernsehzeit bei 8- bis 18-jährigen US-amerikanischen Heranwachsenden von drei Stunden und 45 Minuten auf 4,5 Stunden am Tag (Rideout, Foehr & Roberts, 2010). Aktuellen Ergebnissen der NHANES-Studie zufolge erfüllen 54% der 6- bis 11-Jährigen die Empfehlungen nicht; mit zunehmendem Alter stieg zudem der Anteil derjenigen, die mehr als zwei Stunden täglich vor dem Bildschirm saßen (Fakhouri et al., 2013).

95,9% der 11- bis 17- Jährigen gaben im Rahmen der KiGGS-Studie an täglich fernzusehen; Computer und Internet wurden mit 76,0% in dieser Altersgruppe nicht

weniger häufig täglich genutzt. Jungen verbrachten mit 3,8 Stunden mehr Zeit am Tag mit Fernsehen, Computer und Spielkonsole als Mädchen mit 2,7 Stunden. Zwei Drittel der 11- bis 17-jährigen Jungen beschäftigten sich drei und mehr Stunden täglich mit diesen Medien, ein Drittel davon sogar mehr als fünf Stunden. Für gleichaltrige Mädchen lagen die entsprechenden Häufigkeiten bei 43,2 % und 18,0%. Im Altersgang nimmt die tägliche Nutzung elektronischer Medien zu: Der Anteil der Vielnutzer (fünf und mehr Stunden täglich) lag bei Jungen der Altersgruppe 11 bis 13 Jahre noch bei 27,5%, während es bei den 14- bis 17-Jährigen schon 38,3% waren. Bei den gleichaltrigen Mädchen stieg die Häufigkeit von 14,7% auf 20,3% (Lampert, Sygusch & Schlack, 2007).

Zusammenhänge mit der Häufigkeit an körperlicher Aktivität sind nicht eindeutig geklärt; tendenziell ist mit zunehmender Fernsehnutzung jedoch eine Abnahme in der Aktivität zu beobachten. Von den 10,1% der 11- bis 17-jährigen Jungen, die als inaktiv eingestuft werden konnten (Lampert et al., 2007), schauten 8,9% weniger als eine Stunde und 8,6% etwa ein bis zwei Stunden pro Tag Fernsehen. Unter den Vielsehern (drei und mehr Stunden täglich) waren dagegen 14,7% der körperlich inaktiven Jungen. Bei den Mädchen desselben Alters befand sich der größte Anteil der Inaktiven ebenfalls in der Gruppe der Vielseher (31,6%). Differenziert nach Alter erwiesen sich nur bei den 11- bis 13-jährigen Jungen statistisch signifikante Zusammenhänge, während körperliche Inaktivität bei Mädchen der Altersgruppe 14 bis 17 Jahre ebenfalls mit der Fernsehnutzung assoziiert war. Hinsichtlich der Nutzung von Computer und Internet zeichnete sich dagegen ein deutliches Bild ab: Von den 11- bis 17-jährigen Mädchen und Jungen, die drei und mehr Stunden am Tag entsprechende Medien nutzten, waren 32,1% bzw. 15,6% inaktiv. Im Vergleich dazu waren nur 20,1% bzw. 7,9% der Gleichaltrigen unter den inaktiven Wenignutzern (weniger als eine Stunde am Tag). In der Gesamtbetrachtung zeigt sich, dass die Nutzung elektronischer Medien erst ab einem gewissen Stundenumfang mit Inaktivität assoziiert war; endgültige kausale Rückschlüsse können jedoch nicht gezogen werden (Lampert et al., 2007). Dies steht im Einklang mit anderen Studien, in denen eindeutige Korrelationen zwischen Mediennutzung und körperlich-sportlicher Aktivität nicht eindeutig nachgewiesen werden konnten (Sygusch, 2005; Brettschneider & Naul, 2004).

Es offenbarten sich ebenso signifikante Unterschiede hinsichtlich der sozialen Schicht und des Migrationshintergrunds. Mangelnde Bildung, finanzielle Nachteile der Eltern,

aber auch fehlende oder begrenzte Zugangsmöglichkeiten zu präventiven Angeboten werden als mögliche Erklärungen genannt (Schlicht & Brand, 2007). Bleakley, Jordan und Hennessy (2013) befragten $n=1550$ US-amerikanische Eltern zu ihren und den Fernsehgewohnheiten ihrer 6- bis 17-jährigen Kinder. Die Autoren stellten fest, dass die Zeit, die die Eltern vor dem Fernseher verbrachten, signifikant mit der Bildschirmzeit der Kinder in allen Altersgruppen assoziiert war. Die Vorbildrolle der Eltern wirkte sich stärker auf die Gewohnheiten der Kinder aus als elterliche Regeln oder die Anzahl der Fernsehgeräte im Haushalt.

5.2.2 Körperliche Aktivität und kardiovaskuläres System

In Abhängigkeit vom Umfang und der Intensität führt regelmäßiges ausdauerorientiertes Training zu kardiovaskulären Adaptationen. Dabei kann zwischen funktionellen und strukturellen Anpassungen im Sinne dimensionaler Veränderungen des Herzens unterschieden werden (Kindermann, 2003).

Im Rahmen gesundheitlicher bzw. Breitensportorientierter Belastungen lassen sich schon funktionelle Anpassungen erzielen: Ein aerobes dynamisches Training geht mit einer Senkung des myokardialen Sauerstoffverbrauchs in Ruhe und während Belastung einher, da Herzfrequenz ab- und Schlagvolumen bei unverändertem Herzzeitvolumen zunehmen (Keul, Dickhuth, Lehmann & Staiger, 1982). Die sich daraus ergebende Ökonomisierung der Herzarbeit erfolgt über zentral und peripher bedingte hämodynamische Veränderungen. Über die Steuerung der linksventrikulären Füllungsdynamik und gleichzeitiger Abnahme des peripheren Gefäßwiderstands steigt das Schlagvolumen. Zusätzlich kommt es zu einer vermehrten Kapillarisation und Zunahme von Mitochondrien sowie oxidativer Enzyme. Die kardiovaskuläre Regulation erfolgt vorwiegend über das autonome Nervensystem. Dabei ist die Abnahme der Herzfrequenz, Kontraktilität und Senkung des peripheren Gefäßwiderstands im Wesentlichen auf eine reduzierte Sympathikusaktivität zurückzuführen (Kindermann, 2003).

Neben der direkten Wirkung auf Organe des Herz-Kreislauf-Systems begünstigt körperliche Aktivität vor allem die bekannten beeinflussbaren kardiovaskulären Risikofaktoren. Regelmäßige Bewegung führt über eine Abnahme der sympathischen Aktivität und Herzfrequenz zur Reduktion des Sauerstoffverbrauchs bei gleicher Belastung. Die Folge ist eine Ökonomisierung der Herzarbeit (Graf & Rost, 2001).

Außerdem kann eine Steigerung der Lipolyse mit gleichzeitiger Erhöhung des HDL-Cholesterins und Verringerung der atherogenen LDL-Partikel nachgewiesen werden (Halle et al., 1999). Einen positiven Einfluss hat körperliche Aktivität nicht nur auf das Gerinnungssystem, sondern auch auf den Kohlenhydratstoffwechsel. Die gesteigerte Aktivität der Muskulatur und Zunahme der Muskelmasse führen zu einer verbesserten Insulinsensitivität und reduzierten Insulinresistenz (Shephard & Balady, 1999). Die endotheliale Dysfunktion bei KHK wird durch körperliche Aktivität ebenfalls positiv beeinflusst (Hambrecht et al., 2000) und wirkt sich damit günstig auf Hypertonie, Diabetes mellitus, Adipositas und Dyslipidämie aus. Selbst das Fortschreiten oder Auftreten eines neuen kardialen Ereignisses kann durch Bewegung verzögert werden (Knight, Bermingham & Mahajan, 1999).

Hinsichtlich Übergewicht und Adipositas ist ausreichende körperliche Aktivität ein bewährtes Mittel zur Gewichtsreduktion. Dem Abbau des Fettgewebes steht der Erhalt bzw. die Zunahme der metabolisch aktiven fettfreien Masse gegenüber, wodurch die körperliche Leistungsfähigkeit und der Grundumsatz bestehen bleiben oder sogar steigen (Ballor & Keeseey, 1991).

Direkte Zusammenhänge zwischen körperlicher Aktivität und gesundheitlichen Risiken sind trotz der guten Studienlage für das Erwachsenenalter bei Kindern und Jugendlichen nicht eindeutig belegt (Sygusch, Wagner, Opper & Worth, 2006). Die Mehrheit der dazu existierenden Studien untersucht die präventiven Effekte körperlicher Aktivität auf kardiovaskuläre Erkrankungen, Übergewicht, motorische Leistungsfähigkeit und seelische Gesundheit (Rowland, 2007; Urhausen et al., 2004; Biddle, Gorley & Stensel; 2004; Jungreithmayr, 2010; Haugland, Wold & Torsheim, 2003). Zum Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und selbst eingeschätzter Gesundheit bei Kindern und Jugendlichen berichten auch Krug und Kollegen (2011) in einer erweiterten Auswertung der KiGGS- und MoMo-Daten. Spielen im Freien und Vereinssportaktivität bei 3- bis 10-jährigen weiblichen Kindern sowie intensive Alltagsaktivitäten bei älteren Mädchen (11-17 Jahre) waren auch nach Adjustierung für Alter, Sozialstatus und Migrationshintergrund positiv mit dem Gesundheitszustand assoziiert. Bei Jungen traf dies zusätzlich hinsichtlich der körperlichen Aktivität außerhalb des Sportvereins zu. In Bezug auf die von der WHO (2010c) formulierten Aktivitätsempfehlung fanden sich allerdings keine statistisch signifikanten Zusammenhänge.

Sygyusch (2005) und Strong et al. (2005) fassen die Studien für den deutschsprachigen und internationalen Raum im Überblick zusammen. In der für Deutschland dargestellten Datenlage bleibt ein eindeutiger Zusammenhang zwischen Aktivität und Gesundheit im Kindes- und Jugendalter aus, wenn auch insgesamt bestätigt wird, dass Bewegungsmangel das Risiko für gesundheitliche Störungen erhöht. So zeichnet sich körperliche Aktivität auch im Kindes- und Jugendalter insgesamt durch positive kurz- und langfristige Effekte auf die körperliche und geistige Gesundheit aus (Department of Health, 2004; Hallal, Victora, Azevedo & Wells, 2006; Malina, 1991; Strong et al., 2005). Der Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und Übergewicht gehört zu den wohl am häufigsten untersuchten Beziehungen in der pädiatrischen Forschung. Die Beweise sind jedoch wenig eindeutig, wenn auch überwiegend inverse Beziehungen zugrunde liegen (Rauner, Mess & Woll, 2013). Langzeitdaten von Aires et al. (2010) bei Jugendlichen im Alter von 11 bis 19 Jahren kamen bei wenig aktiven Jugendlichen zu keiner signifikanten Erhöhung des BMI über eine Zeit von drei Jahren. Bei 8- bis 13-jährigen Heranwachsenden konnten He und Kollegen (2011) keine Assoziationen im Längsschnitt nachweisen. Auch in Querschnittstudien wurden widersprüchliche Ergebnisse gefunden, die u. a. auf unterschiedliche Messverfahren zurückzuführen sind (Rauner et al., 2013). In einem Review sämtlicher Quer- und Längsschnittstudien fanden Must und Tybor (2005) inkonsistente Ergebnisse.

Die European Youth Heart Study kam zu dem Ergebnis, dass die körperliche Aktivität im Gegensatz zur kardiorespiratorischen Fitness unabhängig von einer Adipositas eine inverse Beziehung zu kardiovaskulären Risikofaktoren zeigt (Ekelund et al., 2007). Darüber hinaus wird das Aktivitätsverhalten in der Kindheit überwiegend im Erwachsenenalter beibehalten. Abgesehen von einer direkten Verbesserung des kindlichen Gesundheitsstatus beeinflusst ausreichende Bewegung in jungen Lebensjahren daher positiv die Gesundheit im Erwachsenenalter (Malina, 1991, 2001; Blair, Clark, Cureton & Powell, 1989; Ianotti et al., 2009) und kann das Risiko für chronische Erkrankungen und Herz-Kreislauf-Krankheiten reduzieren (Thompson et al., 2003).

Die Annahme, dass körperlich-sportliche Aktivitäten durch hohe Bildschirmzeiten verdrängt oder ersetzt werden und so etwa Übergewicht begünstigt wird, bestätigen die Befunde der KiGGS-Studie nur teilweise (Lampert et al., 2007). Andere Untersuchungen konnten dagegen auch aktive Jugendliche mit hohem

Fernsehkonsument sowie Inaktive mit geringer Mediennutzung identifizieren (Burmans, 2003; Fromme, 2000; Marshall, Biddle, Salis, McKenzie & Conway, 2000; Opper et al., 2007). Der kombinierte Einfluss von Aktivität und sitzendem Verhalten auf die Fitness wurde in einer Studie mit $n=2506$ portugiesischen 10- bis 18-jährigen Heranwachsenden untersucht. Darin stellte sich heraus, dass die Gruppen hoch aktiv/wenig sitzend sowie wenig aktiv/wenig sitzend noch immer fitter waren als diejenigen, die wenig aktiv waren und sich zumeist sitzend beschäftigten (adjustiert für Alter, Geschlecht und BMI). Sitzende und aktive Verhaltensweisen wirken sich demnach nicht nur unabhängig voneinander auf die Fitness aus. Ein hoher Aktivitätsstatus reicht außerdem alleine nicht aus, um den negativen Einfluss sitzend geprägter Verhaltensweisen auszugleichen (Santos et al., 2013). Insgesamt ist die Beweislage dazu unübersichtlich; eine nationale Umfrage in den USA ergab, dass sich der Umfang an körperlicher Aktivität nicht zwischen Viel- und Wenigsehern unterscheidet (Rideout et al., 2010). In zwei randomisierten kontrollierten Interventionsstudien wurde durch reduzierte Medienzeiten einer weiteren Gewichtszunahme entgegen gewirkt ohne dass damit eine Steigerung an körperlicher Aktivität einher ging (Epstein et al., 2008; Robinson, 1999). Auch Befunde der US-amerikanischen NHANES-Studie weisen darauf hin, dass geringe Medienzeiten nicht unbedingt auf hohe Bewegungszeiten hindeuten (Fakhouri et al., 2013). Diese Beobachtung bestätigen auch Sygusch (2005) sowie Brettschneider und Naul (2004).

Aus weiteren Studien gehen übereinstimmend Hinweise auf den Zusammenhang zwischen hohen Fernsehzeiten bzw. Bildschirmzeiten und dem Auftreten von Übergewicht und motorischen Defiziten hervor (Pardee, Lustig, Norman, Preud'homme & Schwimmer, 2007; Ekelund et al., 2006; Burmann, 2003; Robinson; 1999; Hancox, Milne & Poulton, 2004). Von den in der KiGGS-Studie 11- bis 17-jährigen Jungen, die weniger als eine Stunde vor dem Bildschirm verbrachten, waren 5,3% adipös. 11,5% litten hingegen in der Gruppe der Vielseher an Adipositas. Bei Mädchen desselben Alters waren die Unterschiede zwischen Wenig- und Vielsehern mit 5,9% gegenüber 12,1% ähnlich. Bei den 11- bis 13-Jährigen fielen die Zusammenhänge gegenüber 14- bis 17-Jährigen noch stärker aus. Zudem waren Mädchen, die sich lange Zeit vor dem Computer und im Internet aufhielten, 2,8-mal häufiger adipös als diejenigen, die wenig Zeit dafür investierten. Ein erhöhtes Auftreten von Übergewicht und Adipositas zeigte sich bezogen auf die gesamte

Nutzungsdauer elektronischer Medien erst ab einer Zeit von 6 und mehr Stunden pro Tag (Lampert et al., 2007).

In der Gesamtheit der Studien lassen sich Zusammenhänge zwischen Fernsehzeit und dem Risiko für Übergewicht und Adipositas ausmachen (Hancox & Poulton, 2006; Ullrich-French et al. (2011) stellten bei 11- bis 15-Jährigen, die den Empfehlungen zur täglichen Bildschirmzeit nachkamen, niedrigere BMI-Perzentilwerte auch unabhängig von der Fitness und vom Geschlecht fest. Andere Studienbefunde beziehen sich dagegen nur auf bestimmte ethnische und geschlechtsspezifische Assoziationen (Robinson & Killen, 1995), die unter Einbeziehung weiterer Variablen zum Teil verschwanden (Wake, Hesketh & Waters, 2003) oder gar nicht erst bestanden (DuRant, Baranowski, Johnson & Thompson, 1994; Vandewater, Shim & Caplovitz, 2004). Noch weniger evident sind die Beweise für einen Zusammenhang zwischen Computernutzung oder Videospielen und Adipositas (Wake et al., 2003, Vandewater et al., 2004; Kautiainen, Koivusilta, Lintonen, Virtanen & Rimpelä, 2005). Es bleibt daher festzuhalten, dass die Nutzung elektronischer Medien ein komplexes Verhalten darstellt, welches nicht zwingend mit gesundheitlichen Beeinträchtigungen verbunden ist. Auch deshalb erscheinen die vorliegenden Forschungsergebnisse weitgehend inkonsistent. In der Vergesellschaftung von Bildschirmzeit und Übergewicht sind weitere Verhaltensweisen und Mechanismen zu berücksichtigen, wie eine erhöhte Energieaufnahme oder der Einfluss durch Werbung (Wiecha et al., 2006; Chaput et al., 2011).

5.2.3 Körperliche Aktivität, Bildschirmzeit und Blutdruck

Akuteffekte von Bewegung auf den arteriellen Blutdruck ergeben sich zunächst aus dem Zusammenwirken des Herzzeitvolumens und des totalen peripheren Widerstands (vgl. Kapitel 4.5). So führen dynamische aerobe Belastungen über die Steigerung des Herzzeitvolumens trotz gleichzeitiger Abnahme des Gefäßwiderstands zu einem signifikanten Anstieg des systolischen Blutdrucks. Der diastolische Blutdruck bleibt dagegen unverändert oder steigt lediglich geringfügig an. Bei einem Hypertoniker ist der systolische Blutdruckanstieg bei gleicher Belastung stärker als bei einem Normotoniker (Predel, 2007). Mit zunehmender statischer Muskelarbeit wird ein Anstieg des peripheren Gefäßwiderstands durch die Druckerarbeit des Herzens und Kompression intramuskulärer Gefäße forciert, was an einer überproportionalen

Erhöhung des systolischen und diastolischen Blutdrucks zu beobachten ist. Nach einer akuten Belastung setzt sowohl bei Normotonikern als auch bei Hypertonikern ein Blutdruckabfall ein, bei dem die Blutdruckwerte durchaus niedriger als unter Ruhebedingungen liegen können. Diese zunächst vorübergehende Blutdrucksenkung ist womöglich auf die Abnahme des Schlagvolumens und die eintretende Vasodilatation zurückzuführen (Kenney & Seals, 1993; Kindermann, 2003).

Zwischen arteriellem Blutdruck und körperlicher Aktivität besteht auch dauerhaft eine inverse Beziehung (Montoye, Metzler & Keller, 1972). Der langfristig blutdrucksenkende Effekt in Ruhe und während Belastung durch regelmäßiges körperliches Training kann bei Normotensiven und Hypertensiven offenbar auch unabhängig von Geschlecht und Alter bestätigt werden (Fagard, 2001; Predel, 2007). Körperliche Aktivitäten im Sinne einer blutdrucksenkenden Bewegungstherapie müssen daher geplant, dosiert und dauerhaft stattfinden. Abgesehen von der Blutdrucksenkung kann so das gesamte kardiovaskuläre Risikoprofil nachhaltig verbessert werden. Insgesamt sind die antihypertensiven Effekte umso ausgeprägter, je höher die Ausgangslage des Blutdrucks ist (Predel, 2007). Die beteiligten Mechanismen sind vielseitig. Neben einer Reduktion des peripheren Gefäßwiderstands wird auch die Verbesserung einer endothelialen Dysfunktion diskutiert. Außerdem können die Steigerung der Insulinsensitivität des arbeitenden Muskels und eine Verbesserung des Lipidprofils zur Blutdrucksenkung beitragen. Weiterhin bewirkt ein Verschieben der vegetativen Balance zugunsten des parasympathischen Tonus sowie die Modulation der Barorezeptoren-Sensitivität eine Senkung des Blutdrucks. Als Folge davon wird die Herzfrequenz bei gleichzeitiger Zunahme des Schlagvolumens gesenkt. Auch antithrombogene Effekte sowie der Verlust von Kochsalz durch vermehrte Schweißbildung werden als ursächliche Mechanismen angenommen. Über eine negative Kalorienbilanz und der daraus resultierenden Reduktion des Körpergewichts wird überdies ein blutdruckwirksamer Effekt erzielt (Predel, 2007).

Die epidemiologische Evidenz für die protektive Wirkung körperlicher Aktivität in der Prävention und Behandlung von Bluthochdruck bei Erwachsenen ist unbestritten. So geht regelmäßige Bewegung nicht nur mit einem geringeren Risiko für Hypertonie einher (Blair, Goodyear, Gibbons & Cooper, 1984), sondern hat darüber hinaus blutdrucksenkende Wirkung bei (übergewichtigen) Hypertonikern (Hagberg, Park &

Brown, 2000). Die erhöhte Mortalität von Hypertonikern kann durch körperliches Training gesenkt werden und sogar das Niveau inaktiver normotensiver Personen erreichen (Blair, Kampert & Kohl, 1996).

Im Kindes- und Jugendalter ist die Evidenz dagegen weniger eindeutig, was nicht zuletzt an der Vielzahl an verschiedenen Erhebungsmethoden liegen mag. In ihrer Gesamtheit deuten die dazu existierenden Studien jedoch darauf hin, dass körperliche Aktivität effektiv den Blutdruck senkt (Torrance et al., 2007). Eine 40-minütige moderate bis intensive Aktivität an drei bis fünf Tagen pro Woche ist den Autoren zufolge mit einer verbesserten Gefäßfunktion und einem niedrigerem Blutdruck bei adipösen Kindern verbunden. Die Wirkung einer damit einhergehenden Gewichtsreduktion muss in diesem Zusammenhang jedoch berücksichtigt und sollte stets zusätzlich erhoben werden (Torrance et al., 2007). Diese Beobachtung ähnelt anderen Studien, in denen das antihypertensive Ausmaß einer gemeinsamen Intervention von Bewegung und Diät untersucht wurde. Demnach sinkt der systolische Blutdruck bei adipösen Kindern stärker, wenn sie neben einer Ernährungsintervention auch eine Bewegungstherapie bekamen im Vergleich zu denjenigen, die ausschließlich eine Diät durchführten (Pescatello et al., 2004). In beiden Interventionsgruppen konnte zudem ein ähnlicher Gewichtsverlust verzeichnet werden. Offensichtlich fällt der blutdrucksenkende Effekt mittels körperlicher Aktivität stärker aus, als es bei einer alleinigen Gewichtsreduktion der Fall ist (Becque, Katch, Rocchini, Marks & Moorehead, 1988).

Der Entwicklung eines kardiovaskulären Risikoprofils kann durch ausreichende regelmäßige körperliche Aktivität frühzeitig vorgebeugt werden. In einer entsprechenden Untersuchung an $n=160$ Kindern im Vorschulalter wurde die Wirksamkeit einer derartigen Bewegungserziehung beurteilt. Nach zweijähriger Intervention ließen sich signifikant niedrigere diastolische Blutdruckwerte in Ruhe ($p=0,03$) und unter Belastung ($p<0,001$) als Hinweis einer bereits verbesserten Vasodilatationsfähigkeit bei körperlicher Belastung nachweisen. Systolisch waren hingegen keine Veränderungen zu erkennen (K. Ketelhut, Mohasseb, Gericke, Scheffler & R.G. Ketelhut, 2005). Ferner weisen die Daten von Hagberg, Eshani und Goldring (1984) sowie Rocchini et al. (1988) auf eine signifikante Blutdrucksenkung durch Bewegung bei adipösen Kindern hin – wobei unklar ist, ob dieser Effekt das

Resultat der körperlichen Aktivität oder vielmehr der tatsächlich begleiteten Gewichtsreduktion ist.

Hagberg und Kollegen (1984) machten hämodynamische Veränderungen als Ursache für die Blutdrucksenkung bei adipösen Kindern verantwortlich. Weitere Studien gehen davon aus, dass eine dauerhafte aerobe körperliche Aktivität allein oder in Kombinationen mit einer hypokalorischen Diät für eine Verbesserung der vaskulären Funktion bei adipösen normotensiven Kindern und Jugendlichen hinreichend ist (Ribeiro et al., 2005). Allerdings konnte in dieser Studie keine weitere Blutdrucksenkung trotz verbesserter endothelialer Funktion beobachtet werden. Zusätzlich stellte sich heraus, dass die vaskulären Adaptationen durch körperliche Aktivität nur von kurzer Dauer sind, wenn infolge eines erneuten Bewegungsmangels die negativen Effekte der Adipositas überwiegen. Ribeiro et al. (2005) konnten ebenfalls eine präventive Wirkung körperlicher Aktivität auf die Entstehung einer endothelialen Dysfunktion bei übergewichtigen Kindern ausmachen. In der European Youth Heart Study nahm bei 9- und 15- Jährigen die Wahrscheinlichkeit für das Vorliegen multipler Risikofaktoren mit abnehmendem Aktivitätslevel zu; das Risiko war in der untersten Quintile im Vergleich zu den aktivsten Probanden 3,3-mal so hoch. Systolischer und diastolischer Blutdruck korrelierten signifikant mit der körperlichen Aktivität adjustiert für Alter und Geschlecht (Andersen et al., 2006).

Um die Frage nach der Beziehung zwischen körperlicher Aktivität und der Höhe des Blutdrucks während körperlicher Belastung zu beantworten, fehlen bislang wissenschaftliche Studien. Dies ist insofern überraschend, als dass kardiovaskuläre Adaptationen auf körperliche Aktivität über alle Altersstufen hinweg hinreichend bekannt sind (Kindermann, 2003) und sich bei Erwachsenen (Fagard, 2001) sowie zum Teil bei Kindern (Ketelhut et al., 2005) auch unter Belastung zeigten.

Die Datenlage hinsichtlich Bildschirmzeit und Blutdruck bzw. kardiovaskulären Risikofaktoren ist widersprüchlich. Bei Ullrich-French und Kollegen (2011) korrelierte die Bildschirmzeit ($\leq 2\text{h}$ / $> 2\text{h/Tag}$) mit dem systolischen ($r=-0,26$, $p<0,01$), nicht aber mit dem diastolischen Blutdruck. Diejenigen, die den Empfehlungen nachkamen, zeigten einen 6,4 mmHg niedrigeren systolischen Blutdruck unabhängig von Geschlecht, Fitness und Sozialstatus. Ekelund et al. (2006) konnten im Rahmen der European Youth Heart Study bei $n=1921$ Heranwachsenden im Alter von 9 bis 10 und 15 bis 16 Jahren keinen von einer Adipositas unabhängigen signifikanten

Zusammenhang zwischen Fernsehkonsum und kardiovaskulärem Risiko belegen. Dennoch erwies sich körperliche Inaktivität als unabhängiger Risikofaktor für einen höheren systolischen und diastolischen Blutdruck. Dagegen sehen Pardee und Kollegen (2007) neben dem Schweregrad einer Adipositas auch die tägliche Fernsehzeit als einen unabhängigen Prädiktor für das Auftreten einer Hypertonie. Sie untersuchten $n=546$ adipöse Kinder im mittleren Alter von 12 Jahren und konnten zeigen, dass diejenigen, die zwei bis vier Stunden am Tag vor dem Fernseher verbrachten ein 2,5-fach höheres Risiko hatten an Hypertonie zu erkranken im Vergleich zu den Kindern, die nur bis zu zwei Stunden am Tag fernsahen. Eine Bildschirmzeit von mehr als vier Stunden täglich ging mit einem 3,3-fach höheren Erkrankungsrisiko gegenüber den Kindern mit weniger als zwei Stunden einher. Auch Martinez-Gomez, Tucker, Heelan, Welk und Eisenmann (2009) konnten in ihrer Studie mit 3- bis 8-jährigen Kindern einen signifikanten Zusammenhang zwischen Fernsehkonsum und systolischem sowie diastolischem Blutdruck aufzeigen, der unabhängig von einer Adipositas war. Zwischen Computerkonsum und Blutdruck blieben Assoziationen aus; die Bildschirmzeit insgesamt korrelierte schließlich nur mit dem systolischen, nicht aber mit dem diastolischen Blutdruck. Die Resultate können durch die Untersuchungsergebnisse von Guillaume, Lapidus, Björntorp und Lambert (1997) nur insofern unterstrichen werden, als dass sie eine positive Korrelation zwischen der Fernsehzeit und dem Ruheblutdruck der Jungen, nicht aber der Mädchen herausstellten. Die Bildschirmzeit war ebenfalls mit dem systolischen Ruheblutdruck assoziiert, während die Zeit vor dem Computer nicht mit den Blutdruckwerten in Verbindung gebracht werden konnte. Auch bei Stamatakis et al. (2013) fanden sich von einer Adipositas unabhängige Korrelationen ausschließlich zwischen Fernsehzeit und systolischem sowie diastolischem Blutdruck. Dagegen sprechen die Befunde von Goldfield et al. (2011), bei denen sich kein Zusammenhang zwischen der Sehdauer und dem Blutdruck bei übergewichtigen und adipösen Jugendlichen im Alter von 14 bis 18 Jahren zeigte. Altenburg, Hofsteenge, Weija, Delemarre-van de Waal und Chinapaw (2012) kamen ebensowenig zu signifikanten Ergebnissen hinsichtlich Fernsehzeit und kardiovaskulären Risikofaktoren. Die Autoren empfehlen jedoch, zwischen der Nutzung von Computer, Fernseher oder etwa Videospiele zu unterscheiden. Es bleibt unklar, ob die Assoziation zwischen Bildschirmzeit und Herz-Kreislauf-Risiko auch unabhängig von anderen potentiellen Einflussfaktoren, wie etwa Übergewicht, zustande kommt. Chinapaw, Proper, Brug,

van Mechelen und Singh (2011) konnten bei der systematischen Überprüfung vorangegangener Studien zwar einen negativen Zusammenhang zwischen der Bildschirmzeit und Fitness zeigen, aber in Bezug auf den Einfluss der Bildschirmzeit auf den Blutdruck waren die Beweise ungenügend. Wells und Kollegen (2008) belegen dagegen, dass eine Stunde vor dem Fernseher pro Tag einen systolischen Blutdruckanstieg von 0,35 mmHg und einen diastolischen Blutdruckanstieg von 0,25 mmHg bewirkt. Ferner existieren Studien, die dem Fernsehkonsum eine psychische Belastung bei Kindern nachsagen (Hamer, Stamatakis & Mishra, 2009). Angesichts der Beziehung zwischen psychologischen Faktoren und der frühen Entwicklung von Herz-Kreislauf-Krankheiten (Römmich et al., 2011; Römmich et al., 2009) könnte dies eine weitere mögliche Erklärung für den Zusammenhang zwischen Fernsehzeit und kardiovaskulärem Risiko darstellen.

Für den in dieser Untersuchung erhobenen Blutdruck bei ergometrischer Belastung konnten hierzu keine wissenschaftlichen Studien gefunden werden. Mit der Überprüfung des Zusammenhangs zwischen der Bildschirmzeit und dem Belastungsblutdruck ist demnach ein wichtiger Erkenntnisgewinn verbunden, der über die bisherigen hier dargestellten Befunde hinausgeht.

Neben der körperlichen Aktivität ist auch die motorische Leistungsfähigkeit bei Kindern und Jugendlichen rückläufig. Bös (2003) stellte in einem Literaturreview mit 54 Studien aus 20 Ländern für den Zeitraum von 1975-2000 einen signifikanten Leistungsabfall von durchschnittlich 10% in allen grundlegenden Motorikbereichen, wie aerobe Ausdauer, Schnellkraft, Kraftausdauer, Aktionsschnelligkeit und Beweglichkeit, fest.

5.3 Körperliche Fitness

Während körperliche Aktivität viele Arten von Aktivitäten umfasst, die einen deutlich erhöhten Energieverbrauch zur Folge haben, wird die körperliche Fitness vielmehr als Fähigkeit beschrieben, bestimmte körperliche Leistungen zu erbringen. Darüber hinaus versteht sich die körperliche Fitness als einen adaptiven Zustand, der teilweise genetisch determiniert ist (Thomas, Baker & Davies, 2003). Die körperliche Fitness des Menschen ist zudem ein Konstrukt aus verschiedenen sportmotorischen Fähigkeiten, welche im Allgemeinen mit dem Begriff der motorischen Leistungsfähigkeit zusammengefasst werden (Clarke, 1976). Die Bedeutung dieser

Fähigkeiten für die gesunde Entwicklung von Kindern und Jugendlichen ist unbestritten und wissenschaftlich gut dokumentiert (Oerter & Montada, 2002; Hurrelmann & Ulrich, 1991; Franzkowiak, 1986). Motorische Fähigkeiten differenzieren sich in konditionelle (energetische) und koordinative Fähigkeiten, denen die Grundeigenschaften Ausdauer, Kraft, Schnelligkeit und Koordination sowie Beweglichkeit als passives System zugeordnet werden können (Bös, 1994).

In der KiGGS-Studie war ein altersabhängiger Verlauf in den motorischen Fähigkeiten zu beobachten. Zudem wiesen 4- bis 10-jährige Mädchen überwiegend bessere motorische Leistungsergebnisse auf als gleichaltrige Jungen, während die aerobe Ausdauerleistungsfähigkeit bei den 11- bis 17-jährigen Jungen größer war als bei den Mädchen (Starker et al., 2007). Dies entspricht der allgemeinen Beobachtung, dass Jungen in allen Altersstufen eine mit dem Alter zunehmend höhere Leistungsfähigkeit aufweisen als Mädchen desselben Alters (Bös, Opper & Woll, 2002a). Außerdem erwiesen sich Migrationshintergrund und ein niedriger Sozialstatus als einflussnehmende Faktoren der motorischen Leistungsfähigkeit (Starker et al., 2007). Weiterhin besteht zwischen der motorischen Leistungsfähigkeit und der körperlich-sportlichen Aktivität eine Interdependenz, die dadurch zustande kommt, dass ein aktiver Lebensstil in einer zumeist guten Fitness resultiert. Diese Beobachtung wird durch Ergebnisse von Narring, Caudery, Cavadini und Michaud (1999) sowie anhand der WIAD-Studie (Kleas, Rommel, Cosler & Zens, 2003) unterstützt, in denen bei aktiveren Kindern und Jugendlichen eine bessere körperliche Fitness nachgewiesen werden konnte.

Die bei den heutigen Heranwachsenden beobachtete Abnahme der körperlichen Fitness wird überwiegend auf veränderte Lebens- und Bewegungsgewohnheiten sowie den Einfluss der Medien zurückgeführt (Bös et al., 2009). Je nach Erhebungsinstrument können unterschiedliche Prävalenzen hinsichtlich motorischer Defizite ausfindig gemacht werden (Opper et al., 2007; Starker et al., 2007). Tomkinson, Léger, Olds und Cazorla (2003) kamen in einer Meta-Analyse zu dem Ergebnis, dass sich die Verschlechterung des Fitnesszustandes insbesondere auf den Zeitraum innerhalb der letzten 20 Jahre bezieht. Die WIAD-Studie (2001) berichtet von einem Rückgang der Fitness um mehr als 20% bei 10- bis 14-jährigen Jungen und Mädchen seit 1995. In einem von Bös im Jahr 2003 vorgenommenen Literaturreview wird bei Grundschulern eine Abnahme der Gesamtkörperkoordination (Dordel, 2000) und Ausdauer konstatiert (Bös, 2003). Land-Stadt-Gefälle in der motorischen

Leistungsfähigkeit (Dordel, 2000) und noch deutlicher ausfallende Scheren zwischen heute motorisch guten sowie schwachen Kindern und denen vor 30 Jahren (Woll & Bös, 2004) werden ebenfalls berichtet. Gleichzeitig wird der Sozialstatus als determinierender Faktor der motorischen Leistungsfähigkeit ausgewiesen (Prenzel et al., 2003). Diesen und weiteren Studien, die von einer deutlichen Verschlechterung der Fitness berichten (Dordel, 1998, 2000; Bös et al., 2002b; Klaes et al., 2000, 2003; Bös, 2003; Ketelhut & Bittmann, 2001), stehen hingegen Aussagen anderer Untersuchungen im Widerspruch, die eine gleichbleibende oder nur auf bestimmte Testaufgaben bezogene abnehmende motorische Leistungsfähigkeit feststellen konnten (Kretschmer & Giewald, 2001; Gaschler, 1999, 2000, 2001).

Bei der Heranziehung der motorischen Testverfahren sollten neben den Hauptgütekriterien insbesondere eine hohe Testökonomie und Praxisakzeptanz gegeben sein (Wydra, 2006). Die Auswahl der einzelnen Tests richtet sich u. a. nach Zielgruppe, Zeit und finanziellen Ressourcen; dabei gilt es zu bedenken, dass jeder Test seine Vor- und Nachteile hat. Klaes (2006) betont zudem die Wichtigkeit einer einfachen Handhabung, eines geringen Zeit-, Geräte- und Personalaufwands sowie die Durchführbarkeit im schulischen Setting. In der Praxis wird häufig die aerobe Kapazität mit der motorischen Leistungsfähigkeit bzw. Fitness gleichgesetzt und ihre Beziehung zu anderen Parametern untersucht. Die alleinige Bestimmung der Ausdauerleistungsfähigkeit ist ein pragmatisches Vorgehen, das für ein reelles Abbild der Fitness von Kindern und Jugendlichen sicher nicht ausreichend ist (Schmid, Romann, Kriemler & Zahner, 2007), aber dennoch eine der wichtigsten Komponenten der gesundheitsbezogenen Fitness widerspiegelt (Caspersen, Powell, Christenson, 1985). Der beste Parameter für die kardiorespiratorische Fitness ist die maximale Sauerstoffaufnahme (VO_{2max}), deren Messung mittels Spiroergometrie jedoch für große Stichproben sehr aufwendig und zudem kostspielig ist (Hebestreit, 2010). Alternativ dazu bieten sich eine Reihe weiterer sportmedizinischer Testverfahren an, die als motorische Feldtests (z. B. Cooper-Test, 20m-shuttle-run, 6-Minuten-Ausdauerlauf) oder standardisierte ergometrische Belastungstests durchgeführt werden und die Beurteilung unterschiedlicher Messgrößen ermöglichen.

Um die Ausdauerleistungsfähigkeit zu bestimmen, wird typischerweise die Laufband- oder Fahrradergometrie mit steigender Belastungsintensität eingesetzt. Wie bereits beschrieben bieten sich für Kinder und Jugendliche eine Reihe verschiedener

Belastungsprotokolle an, die je nach Fragestellung ausgewählt werden (vgl. Kapitel 4.5.1). Jede Belastungsstufe sollte mindestens zwei Minuten andauern, um einen Zustand nahe des Steady State zu erreichen (Hebestreit et al., 1997; Hebestreit, 2010; Löllgen, 2005). Es empfehlen sich für die Ergometrie bei Kindern gewichtsbezogene Belastungen. Da sich die Leistung jedoch nicht proportional zum Körpergewicht verhält, bergen gewichtsbezogene Untersuchungsprogramme die Gefahr, übergewichtige Kinder zu hoch zu belasten. Die Gesamtdauer der Untersuchung sollte bei Kindern nicht länger als 12 Minuten betragen. Um die Ausdauerleistungsfähigkeit von Kindern und Jugendlichen zu messen, ist eine Belastung bis zur subjektiven Erschöpfung anzustreben (Hebestreit et al., 1997). Der Praxistransfer erscheint hierbei allerdings fragwürdig. Ebenso stellt die für eine Maximalbelastung erforderliche Motivation des Probanden einen wesentlichen limitierenden Faktor dar (vgl. Kapitel 4.5.1). Da die Anforderungen an Personal und Ausstattung geringer sind und die Testdauer kürzer ist als bei maximalen Belastungstests, bieten submaximale Verfahren eine kostengünstige und praxisnahe Alternative, bei der die Fitnessleistung trotzdem angemessen eingeschätzt werden kann (Lee, Artero, Sui & Blair, 2010). Hierfür empfiehlt es sich, die Leistung in Watt bei einer Herzfrequenz von 170 Schlägen pro Minute als Physical Working Capacity 170 (PWC170) zu beurteilen (Nowacki & Schäfer, 1984). Die nach dieser Methode mittels Interpolation indirekt ermittelte körperliche Leistungsfähigkeit eines Menschen ist umso größer, je weniger die Herzfrequenz bei gleicher submaximaler Belastung ansteigt. Da die Herzfrequenz während Belastung linear zur Leistung und Sauerstoffaufnahme bis etwa 80% der maximalen Leistung ansteigt, lassen sich aufgrund der Pulsreaktion Rückschlüsse auf die körperliche Fitness ziehen (Hebestreit, 2010).

In der KiGGS-Studie ergaben sich alters- und geschlechtsabhängige Unterschiede in der aeroben Ausdauerleistung bei 11- bis 17-Jährigen. Die relative Leistung stieg bei beiden Geschlechtern mit zunehmendem Alter an; die Ausdauerleistung der weiblichen Gruppe blieb ab einem Alter von etwa 15 Jahren weitgehend unverändert. Signifikante Unterschiede zu den 17-Jährigen lagen bei den Jungen bis zum Alter von 15 Jahren und bei den Mädchen bis zum Alter von 14 Jahren vor. Mädchen zeigten auf allen Altersstufen signifikant geringere Ausdauerwerte als Jungen. Kinder aus sozial schwächer gestellten Familien sowie mit Migrationshintergrund waren weniger leistungsfähig (Starker et al., 2007).

Auch in der vorliegenden Studie wurde die aerobe Ausdauerleistungsfähigkeit als Maß für die körperliche (kardiorespiratorische) Fitness herangezogen. Beziehungen zwischen der Fitness und weiteren Risikofaktoren werden im Folgenden daher aus Sicht dieses Parameters begutachtet.

5.3.1 *Fitness und kardiovaskuläre Risikofaktoren*

Eine gute kardiorespiratorische Fitness war in einer Meta-Analyse mit insgesamt $n=102980$ erwachsenen gesunden Studienteilnehmern mit einem signifikant geringeren Gesamtsterblichkeitsrisiko assoziiert (Kodama et al., 2009). Diese Beziehung wurde bereits vor mehr als 20 Jahren von Blair, Kohl, Paffenbarger, Clark, Cooper und Gibbons (1989) aufgestellt und damit gleichzeitig ein niedriges kardiorespiratorisches Fitnesslevel als Risikofaktor für KHK, Krebs und die Gesamtsterblichkeit identifiziert. Eine hohe aerobe Ausdauerleistungsfähigkeit ist auch bei Kindern und Jugendlichen mit einem günstigen metabolischen und kardiovaskulären Risikoprofil verbunden (Brage et al., 2004; DuBose, Eisenmann, Donnelly, 2007; Andersen, Wedderkopp, Hansen, Cooper & Froberg, 2003; Ekelund et al., 2007; Ruiz et al., 2007; Ortega et al., 2007). Für europäische ($n=2845$) und US-amerikanische Jugendliche ($n=1247$) wurde ein sich invers zur körperlichen Fitness verhaltener kardiovaskulärer Risiko-Score festgestellt (Anderssen et al., 2007; Lobelo, Pate, Dowda, Liese & Daniels, 2010). Verschiedene Studien belegen weiterhin, dass eine hohe kardiorespiratorische Fitness sowie eine günstige Körperzusammensetzung im Kindes- und Jugendalter mit einem geringeren Herz-Kreislauf-Risiko im späteren Leben assoziiert ist (Ruiz et al., 2009; Twisk, Kemper & van Mechelen, 2002; Hasselstrøm, Hansen, Froberg & Andersen, 2002). Eine Übersicht über die mit einem guten Fitnessniveau assoziierten kardiovaskulären Parameter sowie Entzündungsmarker findet sich bei Ortega, Ruiz, Castillo und Sjöström (2008).

Der Zusammenhang zwischen körperlicher Fitness und BMI bezieht sich im überwiegenden Teil der Studien auf die kardiorespiratorische Fitness mittels Feldtests (Ara et al., 2007; Brunet et al., 2007; Graf et al., 2004; Hussey, Bell, Bennett, O'Dwyer & Gormley, 2007; Mamalakis, Kafatos, Manios, Anagnostopoulou & Apostolaki, 2000; Manios, Kafatos & Mamalakis, 1998; Stratton et al., 2007; Tokmakidis, Kasambalis & Christodoulos, 2006; Aires et al., 2010; He et al., 2011; Ortega, 2010) und seltener während Fahrradergometrie (Ruiz et al., 2006; Ruiz, Ortega, Loit, Veidebaum &

Sjöström; 2007). In diesen Untersuchungen ließen sich durchgängig negative Korrelationen zwischen BMI und körperlicher Fitness finden, die vereinzelt durch das Geschlecht beeinflusst wurden. Je nach herangezogener Erfassungsmethode ergaben sich für die Jungen und Mädchen Korrelationskoeffizienten zwischen $r=-0,06$ bis $r=-0,81$. Brunet und Kollegen (2007) kamen mit $n=1140$ 7- bis 10-jährigen Kindern in einer Langzeitstudie zu einer mit dem Alter stärker werdenden Korrelation zwischen BMI und Fitness. Stratton et al. (2007) beobachteten bei $n=15621$ Kindern einen Abfall der körperlichen Fitness bei gleichzeitigem BMI-Anstieg innerhalb von sechs Jahren. In einer randomisierten Interventionsstudie von Manios et al. (1998) ergaben sich deutlich bessere Fitnesswerte gegenüber der Kontrollgruppe; der Korrelationskoeffizient zwischen BMI und Fitness betrug $r=-0,31$. Tokmakidis et al. (2006) zeigten ebenfalls moderate Unterschiede in der körperlichen Fitness (VO_{2max}) zwischen normalgewichtigen und adipösen Kindern. In der European Youth Heart Study konnten auf dem Fahrradergometer signifikante Zusammenhänge zwischen der relativen maximalen Leistung (Ruiz et al., 2006) sowie VO_{2max} (Ruiz et al., 2007) und dem BMI gefunden werden. Darüber hinaus wirkten sich das Fitnessniveau und der Anteil an Körperfett wechselseitig auf die Ausprägung kardiovaskulärer Risikofaktoren aus (Ekelund et al., 2007). Langzeitdaten zufolge ist eine hohe Fitness in der Jugend mit einem geringeren Körperfettanteil im Erwachsenenalter assoziiert (Eisenmann, Wilk, Welk & Blair, 2005). Bei Aires und Kollegen (2010) war ein geringer Fitnesszustand zu Beginn der Untersuchung mit einem erhöhten Risiko für Übergewicht nach drei Jahren assoziiert.

Hinsichtlich der Beziehung zwischen Taillenumfang und körperlicher Fitness existieren Korrelationskoeffizienten für Jungen zwischen $r=-0,22$ und $r=-0,62$ sowie für Mädchen zwischen $r=-0,22$ und $r=-0,70$ (Brunet et al., 2007; Hussey et al., 2007; Klasson-Heggebo et al., 2006; Ruiz et al., 2007). Bei $n=2859$ 13- bis 18-jährigen Probanden der AVENA-Studie (Alimentación y Valoración del Estado Nutricional de los Adolescentes) waren mittlere bis hohe Fitnesslevel auch unabhängig von der körperlichen Aktivität signifikant mit niedrigeren Bauchumfängen assoziiert (Ortega et al., 2007). 13% bzw. 16% des Bauchumfangs bei Jungen bzw. Mädchen konnten durch die Fitness erklärt werden. Ein Vergleich der Kohorten von 1976 bis 2001 bestätigt diese Ergebnisse mit dem Unterschied, dass im Jahr 1976 noch inverse Zusammenhänge fehlten (Huotari, Nupponen, Laakso & Kujala, 2010). In der

Langzeituntersuchung von Brunet und Kollegen (2007) zeigte sich ähnlich wie beim BMI ein signifikanter Alterseinfluss.

Zu keinem Zusammenhang zwischen der Fitness und den Cholesterinwerten kamen Ruiz et al. (2007) und Hopper et al. (2001). Brage und Kollegen (2004) fanden dagegen signifikante Korrelationen zwischen kardiorespiratorischer Fitness und HDL-Cholesterin, Triglyzeriden und Insulin, während eine Assoziation mit dem Glukosespiegel ausblieb.

Die Studienlage zum Zusammenhang zwischen kardiorespiratorischer Fitness und körperlicher Aktivität ist sehr heterogen und gibt nur schwache bis mittlere sowie zum Teil geschlechtsspezifische Korrelationen wieder. Bei Dencker und Kollegen (2006) wurden bei 8- bis 11-Jährigen mittels Beschleunigungssensor keine Zusammenhänge mit moderaten, wohl aber mit intensiven Aktivitäten ($r=0,30$) gefunden. Demgegenüber stehen signifikante Korrelationen mit der VO_{2max} von Brage et al. (2004). Bei Graf und Kollegen (2004) blieben Assoziationen zwischen dem elternberichteten Aktivitätsverhalten und der Zeit im 6-Minuten-Lauf jedoch aus. Von einer schwachen bis mittleren Beziehung zwischen dem 20m-shuttle-run und der moderat-intensiven körperlichen Aktivität berichten dagegen Raudsepp und Jurimae (1998) bei Jungen ($r=0,40$) und Mädchen ($r=0,53$). In einer Studie von Eiberg et al. (2005) korrelierte die VO_{2max} mit der Schrittzahl bei Kindern im Alter von 6 bis 7 Jahren.

Imperatore, Cheng, Williams, Fulton und Gregg (2006) untersuchten den Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität, Fitness und Insulinsensitivität. Nur für Jungen ergab sich eine starke, positive Assoziation zwischen Aktivitätsniveau sowie Fitnesslevel und Insulinsensitivität. Bei den Mädchen war die Insulinsensitivität negativ mit dem BMI verknüpft.

Intensive körperliche Aktivitäten haben sich bei Heranwachsenden gegenüber nur wenig bis leicht intensiven Aktivitäten in der wissenschaftlichen Literatur als stärkeres Korrelat einer guten kardiorespiratorischen Fitness (Gutin, Yin, Humphries & Barbeau, 2005; Denton et al., 2013; Aires et al., 2010) und günstigen Körperzusammensetzung herausgestellt (Ruiz et al., 2006; Parikh & Stratton, 2011). Gleichzeitig wurde hinsichtlich der Zeit im Sitzen und der körperlichen Fitness kein Zusammenhang gefunden, weshalb intensiveren körperlichen Aktivitäten im Sinne der Erhaltung und Verbesserung der Fitness möglicherweise eine größere Bedeutung zukommt (Denton et al., 2013). Diese Ergebnisse stehen jedoch im Widerspruch zu denen von Santos

et al. (2013), die zeigen, dass sitzende und aktive Verhaltensweisen sich nicht nur unabhängig voneinander auf die Fitness auswirkten, sondern ein hoher Aktivitätsstatus alleine nicht genügt, um den negativen Einfluss eines sitzenden Verhaltens auszugleichen.

Ortega (2010) berichtete von höheren BMI-Werten bei Jungen und Mädchen mit geringerer körperlicher Fitness unabhängig von der Zeit, die sie in ihrer Freizeit sitzend oder aktiv verbrachten. Während Fogelholm, Stigman, Huismann und Metsamuuronen (2008) bestehendes Übergewicht als Mediator für die Beziehung zwischen körperlicher Aktivität und Fitness ansehen, kam Ortega (2010) zu dem Schluss, dass vielmehr die kardiorespiratorische Fitness als Moderator in der Beziehung zwischen Übergewicht und körperlicher Aktivität fungiert. Langzeitanalysen von Aires und Kollegen (2010) kommen zu ähnlichen Ergebnissen.

Das von McAuley und Blair (2001) beschriebene „Fett-aber-Fit“ Paradoxon beschreibt einen in der Literatur oft beobachteten gesundheitlichen Vorteil übergewichtiger und fitter Probanden gegenüber Normalgewichtigen und Untrainierten. Diese inverse Beziehung wurde bereits 1999 in zwei Studien beschrieben, in denen sich unter anderem ein niedriges kardiorespiratorisches Fitnesslevel als starker Prädiktor für Sterblichkeit herausstellte und mit einem ähnlich hohen Risiko für Diabetes und Bluthochdruck verknüpft war (Wei et al., 1999; Lee, Blair & Jackson, 1999). Eine deutsche Untersuchung an $n=197$ übergewichtigen Kindern (mittleres Alter von 12 Jahren) zum Einfluss von körperlicher Fitness auf diverse systemische Entzündungsmarker wies bei adipösen und unfitten Kindern die höchsten systemischen Entzündungswerte nach. Demgegenüber lagen bei fitten Adipösen genauso niedrige Entzündungswerte vor wie bei Kindern, die schlank und fit waren (Halle, Korsten-Reck, Wolfarth & Berg, 2004).

Insgesamt existieren nur wenige Langzeitstudien, in denen die Interaktionen zwischen körperlicher Aktivität, Übergewicht und Fitness genauer untersucht sowie eindeutige Mediator- und Moderatoreffekte nachgewiesen wurden. Es bleibt unklar, ob Übergewicht als Grund oder Folge eines niedrigen Aktivitäts- und Fitnesszustandes angesehen werden kann. Die Eignung der körperlichen Aktivität oder Fitness als Prädiktor für Übergewicht ist zum jetzigen Zeitpunkt ungeklärt (Rauner et al., 2013).

5.3.2 *Fitness und Blutdruck*

Aus den Daten der NHANES-Studie geht eine signifikant negative Korrelation zwischen dem Fitnessniveau und dem systolischen Blutdruck bei gesunden Jugendlichen hervor (Carnethon, Gulati & Greenland, 2005), während die Wahrscheinlichkeit für die Ausprägung einer Hypertonie bei einem geringen Fitnesslevel um 35% ansteigt. Shea et al. (1994) kamen zu dem Ergebnis, dass der altersabhängige Anstieg des systolischen Blutdrucks bei denjenigen Kindern um bis zu 40% geringer war, die innerhalb eines Jahres nach Erstuntersuchung ihre Fitness in hohem Maße verbessern konnten. Reed und Kollegen (2005) konnten überdies einen BMI-unabhängigen Zusammenhang zwischen der Fitness und arteriellen Elastizität verzeichnen. Fraser, Philipps und Harris (1983) belegten bereits für 7- bis 17-Jährige, dass die körperlich Fitteren durchschnittlich niedrigere systolische Blutdruckwerte aufweisen als weniger fitte Probanden. Nach Korrektur für verschiedene Variablen wie Größe und Alter blieben die Ergebnisse allerdings nicht mehr signifikant.

Inzwischen war die Beziehung zwischen körperlicher Fitness und Ruheblutdruck Gegenstand vieler Untersuchungen, die in ihrer Gesamtheit jedoch unterschiedliche Resultate erlangten und dabei überwiegend nur für den systolischen Blutdruckwert signifikant waren.

Ruiz et al. (2007) wiesen in der European Youth Heart Study eine negative Beziehung zwischen der körperlichen Fitness und dem systolischen Ruheblutdruck nach. Allerdings traf dieser nur für die 9- bis 10-jährigen Mädchen zu ($r=-0,127$). Im Rahmen des Australian Schools Health and Fitness Survey konnten Dwyer und Gibbons (1993) hingegen für die 7- bis 15-Jährigen eine schwach negative Korrelation zwischen der relativen PWC170 und dem systolischen Ruheblutdruck herausstellen ($r=-0,12$). Kvaavik, Klepp, Tell, Meyer und David (2009) konnten bei Jugendlichen im mittlerem Alter von 13 Jahren auch nach weiteren zwei sowie zwölf Jahren Zusammenhänge zwischen submaximaler Leistungsfähigkeit und Blutdruck ermitteln, die jedoch mit weiter steigendem Alter verschwanden. Die auf dem Fahrradergometer erbrachte Maximalleistung korrelierte dagegen stark mit dem systolischen Blutdruck bei Klasson-Heggebo et al. (2006). Ähnliches ergab sich für die VO_{2max} (Brage et al., 2004). Guerra, Ribeiro, Costa, Duarte und Mota (2002) wiederum kamen in ihrer Studie zu dem Schluss, dass die körperliche Fitness kein starkes Korrelat für die Blutdruckvarianz bei

Jungen und Mädchen darstellt. Eine starke Korrelation zwischen körperlicher Fitness mittels PWC170 und systolischem Blutdruck bestand dagegen nicht unabhängig von einer Adipositas bei 9-jährigen Kindern (Hunt et al., 2011). Zu ähnlichen Ergebnissen kam auch die Autoren in der European Youth Heart Study (Ekelund et al., 2007). Marcelino, Melich-Cerveira, Paccaud und Marques-Vidal (2012) untersuchten die Effekte von Fitness auf den Zusammenhang zwischen BMI bzw. Körperfett und Blutdruck. Von insgesamt $n=4036$ Kindern im Alter von 10 bis 18 Jahren wurde die Körperzusammensetzung (BIA), die körperliche Fitness (20m-shuttle-run), der BMI und der Blutdruck in Ruhe gemessen. Eine gute körperliche Fitness senkte das mit einem hohen Körperfettanteil einhergehende Risiko für hohen Blutdruck sowohl bei den Jungen als auch bei den Mädchen. Die kardiorespiratorische Fitness erwies sich auch in einer Untersuchung mit $n=1442$ Heranwachsenden im Alter von 7 bis 12 Jahren als signifikanter Prädiktor für den Ruheblutdruck; unfitte und übergewichtige Probanden hatten gegenüber fitten und normalgewichtigen ein höheres Risiko für hohe Blutdruckwerte (G.G. Bergmann, M.L. Bergmann & Hallal, 2013).

Pahkala und Kollegen (2013) untersuchten die Beziehung zwischen der VO_{2max} und Elastizität sowie Intima-Media-Dicke der Arteria Carotis ($n=355$) und Aorta ($n=341$) bei 17-Jährigen. Die Fitness verhielt sich hierbei invers zur Intima-Media-Dicke und Elastizität der Aorta nach Korrektur für Geschlecht, Aktivität, BMI, Blutdruck und Rauchstatus. Entsprechende Indizes der Arteria Carotis waren dagegen nicht mit der Fitness assoziiert. In der Danish Youth and Sports Study nahm die Wahrscheinlichkeit für weitere gleichzeitig vorliegende Risikofaktoren wie hoher Blutdruck und hohes Cholesterin mit abnehmendem Fitnessniveau zu; auch nach einem Follow-up von acht Jahren ließ sich diese Beziehung noch in hohem Maße nachweisen (Andersen, Hasselstrøm, Grønfeldt, Hansen & Froberg, 2004).

Der Zusammenhang zwischen der körperlichen Fitness und dem Belastungsblutdruck bei Kindern und Jugendlichen wurde bislang einzig in der European Youth Heart Study erforscht. Es ergaben sich hier zur Überraschung der Autoren signifikant positive Zusammenhänge zwischen der Maximalleistung und dem systolischen Belastungsblutdruck der 14- bis 16-jährigen Mädchen, für die jedoch keine physiologischen Erklärungen plausibel erschienen (Møller et al., 2010). Der bei unfitten Erwachsenen raschere Anstieg des Blutdrucks während Belastung im Vergleich zu Fitten (Palatini, 1994) wurde bislang bei Kindern und Jugendlichen weder beobachtet

noch untersucht. Kokkinos und Kollegen (2002) stellten fest, dass das Odds-Ratio für überhöhte Blutdruckanstiege unter Belastung bei normotensiven unfitten Frauen fast doppelt so hoch war als bei den Fitten unter ihnen.

Die differierende Datenlage zum Zusammenhang zwischen körperlicher Fitness und Ruheblutdruck sowie fehlende Studien im Kontext von körperlicher Fitness und dem Blutdruck bei Belastung erfordern weitere Untersuchungen. Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass für eine erfolgreiche Intervention nicht nur eine Gewichtsreduktion, sondern auch eine Verbesserung der körperlichen Fitness anzustreben ist (Ortega et al., 2008).

5.4 Tabak- und Alkoholkonsum

Die Einstellungen und Verhaltensweisen hinsichtlich des Konsums von Tabak prägen sich typischerweise in der Pubertät aus – mehr als 80% der erwachsenen Raucher konsumierten ihre erste Zigarette oder verfielen der Sucht bereits vor dem 18. Lebensjahr (Jarvis, 2004; Lampert & Burger, 2005). Obwohl zahlreiche Studien eindeutig auf die negativen Auswirkungen für die Gesundheit hinweisen, bleibt Rauchen für Jugendliche nicht zuletzt wegen dessen Assoziation zum Erwachsenendasein nach wie vor ein attraktives Verhalten (Moffitt, 2006). Frühere Untersuchungen zeigen, dass Tabakkonsum häufig vergesellschaftet mit anderen ungesunden Ernährungs- und Lebensgewohnheiten auftritt (Currie et al., 2012; Saydah, Bullard, Imperatore, Geiss & Gregg, 2013). Familie und Freunde üben einen signifikanten Einfluss auf das Rauchverhalten der Jugendlichen aus (Rasmussen, Damsgaard, Holstein, Poulsen & Due, 2005; Zambon, Lemma, Borraccino, Dalmasso & Cavallo, 2006; Campbell et al., 2008). Für die Tabakprävention stellen Kinder und Jugendliche die wichtigste Zielgruppe dar (Lampert, 2008).

Aus den Ergebnissen der HBSC-Studie bei 11- bis 15-Jährigen von 2009/2010 geht hervor, dass die Prävalenz wöchentlichen Tabakkonsums in beiden Geschlechtern mit dem Alter ansteigt; insgesamt nahm der Anteil in Europa vom 11. Lebensjahr mit 1% auf 18% im Alter von 15 Jahren zu. Geschlechtsspezifische Unterschiede werden erst im Altersgang deutlich; Jungen konsumieren dann in den meisten Ländern überwiegend häufiger Tabak als Mädchen und fangen auch früher mit dem Rauchen an. Kinder aus schwächer gestellten Familien betrifft dies signifikant häufiger.

Deutsche Mädchen und Jungen unterschieden sich nicht wesentlich in der Häufigkeit wöchentlichen Rauchens. Im Vergleich liegt Deutschland im unteren europäischen Mittelfeld (Currie et al., 2012).

Den Daten der KiGGS-Studie zufolge raucht ein Viertel der insgesamt $n=6813$ befragten 11- bis 17-jährigen Jungen und Mädchen. Im Altersgang nimmt die Prävalenz von weniger als 2% bei den 11- bis 12-Jährigen ab einem Alter von 13 Jahren deutlich zu und steigt auf über 40% bei den 17-jährigen Jugendlichen. Der überwiegende Teil der Heranwachsenden im Alter von 11 bis 13 Jahren greift nur gelegentlich zur Zigarette; in der Altersgruppe 14 bis 17 Jahre raucht dagegen ein Fünftel mindestens einmal pro Woche, was in etwa acht bis neun Zigaretten pro Tag entsprach. 21,4% der Jungen und 20,8% der Mädchen rauchen täglich. Zu den Starkrauchern (mehr als zehn Zigaretten täglich) zählen 13,1% der Jungen und 10,3% der Mädchen. Regelmäßigkeit und Intensität nahmen mit dem Alter zu; geschlechtsspezifische Unterschiede wurden kaum beobachtet. Nur der Anteil an 14- bis 15-jährigen Mädchen, die regelmäßig, täglich und stark rauchten, war höher als bei den gleichaltrigen Jungen, während es sich im höheren Alter umgekehrt verhielt. Regelmäßig konsumierende 17-Jährige rauchten im durchschnittlichen Alter von 14 Jahren bereits einmal pro Woche. Der Einfluss durch Gleichaltrige zeigt sich in der KiGGS-Studie daran, dass von den 44,9% der tabakkonsumierenden Jungen und 42,9% der Mädchen im Alter von 14 bis 17 Jahren auch deren Freunde rauchten. Dagegen waren es nur 7,8% bzw. 11,5%, wenn deren Freunde Nichtraucher waren. Hatten die Jugendlichen Eltern, die Tabak konsumierten, griffen auch 46,3% der Jungen und 45,7% der Mädchen selbst zur Zigarette; waren die Eltern Nichtraucher, traf dies auf nur ein Viertel zu. Zwischen 14- bis 17-jährigen Jungen und Mädchen niedriger sozialer Schichten und denen mit hohem Sozialstatus bestanden signifikante Unterschiede im Rauchverhalten. Neben dem Rauchverhalten der Eltern und Freunde erwies sich auch der Schultyp als relevante Einflussgröße auf den Konsum von Zigaretten (Lampert & Thamm, 2007).

Rund 85% der selbst nicht aktiv rauchenden 11- bis 17-Jährigen hielten sich zumindest gelegentlich in Räumen auf, in denen geraucht wurde. Von einer täglichen Passivrauchbelastung waren Jungen (24%) und Mädchen (27%) gleichermaßen betroffen. Weiterhin ließ sich eine Abhängigkeit vom Alter, Rauchstatus der Eltern und Freunde, Schultyp und Sozialstatus beobachten. Ältere Heranwachsende rauchten

nicht nur häufiger passiv, sondern waren dies auch 3- bis 10-mal häufiger, wenn sie aus schwächer gestellten Familien kamen (Lampert & Thamm, 2007; Lampert, 2008). Als Hauptquelle für die Exposition durch Tabakrauch gilt das häusliche Umfeld. Dem Deutschen Krebsforschungszentrum (2010) zufolge gilt in über der Hälfte der Raucher-Familien mit Kindern zwischen 13 und 17 Jahren nur ein partielles bzw. kein Rauchverbot.

Aus der von der Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (BZgA, 2013) jährlich durchgeführten Untersuchung zum Tabakkonsum 12- bis 25-Jähriger in Deutschland geht aktuell ein deutlicher Rückgang des Rauchens hervor ($n=5000$). Innerhalb der zurückliegenden drei Jahrzehnte war der Anteil derjenigen, die noch nie geraucht haben mit 71,1% in keiner anderen Untersuchung so hoch. Im Rückblick der vergangenen 11 Jahre hat sich der Anteil der rauchenden Jugendlichen im Alter von 12 bis 17 Jahren von 27,5% im Jahre 2001 auf 12,0% im Jahr 2012 mehr als halbiert. Unterschiede zwischen Geschlechtern kamen nicht zum Tragen. Bei den jungen Erwachsenen ging die Verbreitung des Rauchens ebenfalls deutlich zurück. Soziale Unterschiede zeigten sich hinsichtlich des Schultyps sowie der Erwerbstätigkeit und beruflichen Qualifikation.

Auch im Hinblick auf den Umgang mit Alkohol spielen Vorbilder eine Rolle (Moffit, 2006). Ob sich das Konsumverhalten der Eltern auf deren Kinder und ihr Trinkverhalten und somit ihren Gesundheitszustand auswirkt, wird kontrovers diskutiert. Kuntsche und Müller (2011) kommen zu dem Ergebnis, dass vermutlich eher die Motive, die zum Alkoholkonsum führen, von den Eltern beeinflusst werden und nicht das Trinkverhalten an sich. Dieses Ergebnis wird durch die Studie von Burk et al. (2013) gestützt. Sie zeigt, dass Kinder gedankliche Verknüpfungen und Motive zum Alkohol auf der Basis des elterlichen Trinkverhaltens entwickeln noch bevor sie das erste Mal Alkohol konsumierten.

Ein riskanter Gebrauch von Alkohol, einschließlich häufigem Trinken und Rauschtrinken, ist mit negativen psychischen, sozialen und körperlichen Folgen für die Gesundheit verbunden (Windle, 2003). Jugendliche mit zusätzlichen riskanten Verhaltensmustern sind deutlich häufiger betroffen (Janssen, Dostaler, Boyce & Pickett, 2007). Laut HBSC-Studie steigt der Anteil der Heranwachsenden mit wöchentlichem Alkoholkonsum europa- und bundesweit mit dem Alter an und liegt bei Jungen jedes Alters signifikant höher. Während die Prävalenz im Alter von 11 Jahren

europaweit noch bei 4% lag, waren es bei den 15-Jährigen schon 21%. In Deutschland tranken 11-jährige Jungen und Mädchen noch so gut wie gar keinen Alkohol (0-1%), während es im Alter von 15 Jahren bereits 28% der Jungen und 15% der Mädchen taten. In diesem Alter lag Deutschland im Vergleich der Länder im klaren Mittelfeld. In einigen Ländern, auch in Deutschland, zeigte sich insbesondere bei Jungen eine positive Beziehung zwischen dem Alkoholkonsum und der sozialen Schicht. Auch waren es häufiger Jungen, die bereits vor dem Alter von 13 Jahren das erste Mal betrunken waren. Das Rauschtrinken der Jungen und Mädchen stieg mit dem Alter signifikant an; Jungen berichteten deutlich öfter davon (Currie et al., 2012). Insgesamt schien auch in dieser Untersuchung die soziale Position in der Peer-Group für die Vorhersage des Konsums von Alkohol wichtiger zu sein als die soziale Schicht (Simons-Morton et al., 2009). Die entsprechenden Daten der KiGGS-Studie ($n=6813$) weisen darauf hin, dass knapp zwei Drittel der Jungen und Mädchen im Alter von 11 bis 17 Jahren schon einmal Alkohol getrunken haben. Der Anteil betrug bei den männlichen 11-Jährigen 19,6% und 11,7% bei den Mädchen desselben Alters. Im Alter von 13 Jahren waren es 44,3% bzw. 48,1% und bei den 17-Jährigen mehr als 95%. Regelmäßiger Konsum von Alkohol findet bei den 11- bis 17-jährigen Jungen deutlich häufiger statt als bei den Mädchen; der mit dem Alter einhergehende Anstieg wird ähnlich wie beim Rauchen besonders ab dem 14. Lebensjahr offensichtlich. Im Vergleich dazu treten aber besonders geschlechtsspezifische Unterschiede zum Vorschein; zwei Drittel der 17-jährigen Jungen tranken regelmäßig, während es bei den gleichaltrigen Mädchen auf knapp 40% zutraf. Soziale Unterschiede wirkten sich in dieser Untersuchung nicht auf den regelmäßigen Gebrauch von Alkohol aus; nur der Migrationshintergrund beeinflusste den Konsum beider Geschlechter insofern, als dass Migranten signifikant seltener tranken als Altersgenossen ohne Migrationshintergrund. Bei Jungen ergaben sich zusätzlich Differenzen bezüglich des Schultyps (Lampert & Thamm, 2007).

Die für das Jahr 2011 relevanten Studienergebnisse der BZgA (2012) bei $n=5001$ Heranwachsenden zeigen eine Lebenszeitprävalenz von 72,6% in der Altersgruppe der 12- bis 17-Jährigen in Bezug auf den Konsum von Alkohol. Im Alter von 12 bis 13 Jahren waren es noch 42,3%, während die 14- und 15-jährigen Jugendlichen schon in vier Fünftel der Fälle mit Alkohol in Kontakt kamen. Der Anteil der 16- und 17-Jährigen entsprach mit 95,6% nahezu dem der über 18-Jährigen. Signifikante Geschlechtsunterschiede kamen in keiner der Altersgruppen zum Tragen. 14,2% der

Jugendlichen im Alter von 12 bis 17 Jahren tranken regelmäßig; Jungen taten dies nicht nur früher, sondern geradezu doppelt so häufig wie Mädchen (18,2% vs. 9,9%). Ein Drittel der 12- bis 17-Jährigen trank im zurückliegenden Jahr der Befragung nie Alkohol (Jungen: 35,4%, Mädchen: 35,8%). Knapp ein Viertel konsumierte alkoholische Getränke seltener als monatlich (Jungen: 21,0%, Mädchen: 26,2%) und 12,3% einmal im Monat (Jungen: 10,9%, Mädchen: 13,7%). Nicht wöchentlich aber mehrmals im Monat tranken 14,4% der befragten Jugendlichen Alkohol (Jungen: 14,5%, Mädchen: 14,4%). 9,3% der Befragten konsumierten einmal pro Woche (Jungen: 11,6%, Mädchen: 7,0%) und knapp 5% nahmen täglich alkoholische Getränke zu sich (Jungen: 6,6%, Mädchen: 2,9%). Der erste Kontakt mit Alkohol fand im Alter von 14,5 Jahren statt. Im Vergleich zu den Daten von 2001 zeigen sich rückläufige Entwicklungen. Intensiveres Trinken trat bei männlichen Jugendlichen häufiger auf als bei den weiblichen Jugendlichen; soziale oder bildungsrelevante Unterschiede gab es nicht. Rauscherfahrungen hatten 27,1% der Jugendlichen gemacht; Jungen häufiger als Mädchen (30,6% vs. 23,4%).

5.4.1 Gesundheitliche Risiken und Folgen

Typische tabakbedingte gesundheitliche Beschwerden wie Krebs und Herz-Kreislauf-Erkrankungen zeigen sich bei jungen Rauchern meist erst Jahre später. Von den unmittelbaren, akuten Folgeschäden sind Kinder und Jugendliche gleichermaßen betroffen (Deutsches Krebsforschungszentrum, 2008). So haben junge Raucher gegenüber Nichtrauchern häufiger Atemwegsbeschwerden (Tomar, Winn, Swango, Giovino & Kleinman, 1997) und ein verzögertes Lungenwachstum bzw. eine geringere Leistungsfähigkeit der Lunge (U.S. Department of Health and Human Services, 2004). Neben einem vermehrten Auftreten von Asthma (Genuneit et al., 2008) bleiben junge Raucher auch häufiger in ihrer körperlichen Leistungsfähigkeit zurück (U.S. Department of Health and Human Services, 1994). Zudem begünstigt Rauchen die frühe Entstehung von Parodontitis (Linden & Mullally, 1994). Jugendliche Raucherinnen weisen ein erhöhtes Risiko für Thrombosen und Menstruationsbeschwerden auf (Pomp, Rosendaal & Doggen, 2008).

Inzwischen ist bekannt, dass auch eine regelmäßige Belastung mit Tabakrauch die Gesundheit schädigt und für Kinder ein ebenso großes Risiko darstellt wie das aktive Rauchen. Da Kinder pro Zeiteinheit mehr Atemzüge machen und bezogen auf ihr

Körpergewicht mehr Schadstoffe einatmen, reagiert der Organismus eines Kindes empfindlicher als der eines Erwachsenen (Deutsches Krebsforschungszentrum, 2010). Die Lunge ist vom Passivrauch besonders betroffen, weil ihre Entwicklung bis ins Jugendalter anhält und Beeinträchtigungen zu dauerhaften Schäden führen (Wang & Pinkerton, 2008). Asthma, Bronchitis und Atemwegserkrankungen gehören daher zu den wichtigsten mit einer Passivrauchexposition assoziierten Krankheiten (Deutsches Krebsforschungszentrum, 2004; U.S. Department of Health and Human Services, 1996b). Insgesamt können bei Passivrauchern weitgehend jene akuten und chronischen Erkrankungen auftreten, die auch durch aktives Rauchen hervorgerufen werden (Deutsches Krebsforschungszentrum, 2004; International Agency of Research on Cancer, 2004). Mütterliches Rauchen während der Schwangerschaft kann bei Neugeborenen zu einem niedrigen Geburtsgewicht und plötzlichen Kindstod führen (U.S. Department of Health and Human Services, 2001). Auswirkungen einer pränatalen Tabakrauchbelastung zeigen sich außerdem in einem erhöhten Auftreten von Adipositas (Oken, Lewitan & Gillman, 2008) und Bluthochdruck (Rogers, 2008). Zudem haben passivrauchende Kinder ein höheres Risiko für Hirnhaut- und Mittelohrentzündung (Royal College of Physicians, 2010), Tuberkulose, Morbus Crohn, Lern- und Entwicklungsstörungen sowie Karies (Vork, Broadwin & Blaisdell, 2007). Ebenso wird Passivrauchen in der Kindheit mit der Entstehung chronisch obstruktiver Erkrankungen der Atemwege im Erwachsenenalter in Verbindung gebracht (Robbins, Abbey & Lebowitz, 1993).

Eine aktuelle Analyse zweier Kohortenstudien aus Deutschland mit $n=3518$ Kindern im Alter von 9 bis 11 Jahren zeigt, dass die Prävention einer Passivrauchexposition von Kindern nicht nur aus gesundheitlicher Sicht, sondern auch aus wirtschaftlicher Sicht wünschenswert ist (Batscheider et al., 2012).

Wie auch beim Rauchen zeigen sich die Gesundheitsrisiken durch den Konsum von Alkohol bei Jugendlichen in einer Beeinträchtigung von Wachstums- und Entwicklungsprozessen. Neurologische Störungen und Krebs sowie Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems und Magen-Darm-Trakts werden durch den langfristigen Konsum von Alkohol im Kindes- und Jugendalter begünstigt. Neben gesundheitlichen Beschwerden äußern sich häufig psychosoziale Probleme (Babor et al., 2003).

5.4.2 *Tabak, Alkohol und Blutdruck*

Zigarettenrauchen führt zu pathophysiologischen Veränderungen des Lipidprofils sowie der Eigenschaften des Gefäßsystems und ist ein wesentlicher Risikofaktor für Arteriosklerose und Bluthochdruck (Law & Wald, 2003). Die Rolle des Tabakrauchs in der vaskulären Dysfunktion ist inzwischen gut belegt (Ahijevych & Wewers, 2003). Zahlreiche Studien haben die Auswirkungen des Aktiv- und Passivrauchs bei Erwachsenen auf verschiedene Funktionen des Herz-Kreislauf-Systems untersucht (Makris et al., 2009; Ciruzzi et al., 1998; He et al., 2008; Otsuka et al., 2001; Argacha et al., 2008; Barnoya & Glantz, 2005). Dazu gehören erhöhte Blutdruckwerte und Herzfrequenzen, eine verminderte Belastbarkeit, koronare Vasokonstriktion, endotheliale Dysfunktion, erhöhte Carboxyhämoglobin-Konzentrationen sowie ein gesteigertes Thrombose-Risiko (Celemajer et al., 1996; Sidney et al., 1993; Deanfield et al., 1986). Die Auswirkungen des Zigarettenrauchs auf das Gefäßsystem resultieren aus den im Nebenstrom hoch konzentrierten enthaltenen giftigen und kanzerogenen Substanzen, die die Funktion der Endothelzellen einschränken und Perfusion lebenswichtiger Organe stören. Die Folge ist ein erhöhtes Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen (Makris et al., 2004; Law & Wald, 2003).

Gesundheitliche Folgen des Rauchens für das kardiovaskuläre System bzw. den arteriellen Blutdruck sind bei Kindern und Jugendlichen dagegen deutlich weniger belegt. Dies mag nicht zuletzt an der Schwierigkeit liegen, den Rauchstatus von Heranwachsenden hinreichend valide zu erfassen (Caraballo, Giovino & Pechacek, 2003). Es ist zudem unklar, ob Rauchen über unmittelbar akute vasokonstriktive Effekte oder über einen chronischen Nikotinkonsum zu einer Blutdruckerhöhung führt (Woolf & Bisognano, 2011). Im Kontext eines frühzeitigen Bluthochdrucks gilt Rauchen dennoch als wichtiger Lebensstilfaktor, der im Rahmen jeder körperlichen Untersuchung erhoben werden sollte (Lurbe et al., 2009; Rodrigues, Abreu, Resende, Goncalves & Gouvea, 2013; Hager et al., 2013). Überdies ist die Rolle des Rauchens in der frühen Entstehung einer Arteriosklerose unumstritten, so dass es das Ziel sein sollte, bereits rauchende Jugendliche zu einer Entwöhnung zu motivieren. Neben den tabakspezifischen Risiken ist Rauchen nicht selten mit zusätzlichen ungünstigen Verhaltensweisen assoziiert, die das Morbiditäts- und Mortalitätsrisiko erheblich beeinflussen (Currie et al., 2012; Saydah et al., 2013).

In einzelnen Studien ließen sich bereits Schäden am Endothel und eine erhöhte Dicke der Intima-Media bei gesunden Kindern unter Passivrauchbelastung feststellen (Celemajer et al., 1996; Kallio et al., 2007; 2010). Nur wenige Studien sind dagegen verfügbar, die der Beziehung zwischen einer Passivrauchbelastung und dem Blutdruck von Kindern und Jugendlichen nachgehen (Simonetti, Schwertz, Klett, Schäfer & Wühl, 2009; Geerts et al., 2007; Simonetti et al., 2011; Seyedzadeh, Hashemi & Soleimani, 2012). Bei 80 Grundschulkindern (7 bis 12 Jahre), die dem täglichen Tabakrauch ihrer Eltern ausgesetzt waren, ließen sich im Mittel 3,8 mmHg ($p=0,012$) höhere systolische und 2,8 mmHg ($p=0,016$) höhere diastolische Ruheblutdruckwerte im Vergleich zu Kindern aus rauchfreier Umgebung feststellen. Eine geschlechtsdifferenzierte Analyse zeigte keine signifikanten Ergebnisse mehr (Seyedzadeh et al., 2012). Geerts et al. (2007) berichten bei Neugeborenen von signifikant höheren systolischen Blutdruckwerten, wenn deren Mütter während der Schwangerschaft aktiv bzw. passiv rauchten. Zu ähnlichen Ergebnissen bei deutschen Kindern im Vorschulalter kamen Simonetti und Kollegen in zwei Untersuchungen zum Einfluss des Passivrauchens auf deren Blutdruck. In einer ersten Studie ließen sich bei $n=3786$ exponierten Kindern durchschnittlich 1,2 mmHg ($p<0,05$) höhere systolische Blutdruckwerte beobachten (Simonetti et al., 2009). In einer weiteren Untersuchung aus dem Jahr 2011 an $n=4236$ Kindern im mittleren Alter von 5,7 Jahren konnte dem Passivrauchen der Kinder erneut eine blutdrucksteigernde Wirkung nachgewiesen werden. Die Unterschiede betragen systolisch 1,0 mmHg ($p<0,001$) und diastolisch 0,5 mmHg ($p=0,030$). Auch unabhängig von anderen signifikanten Risikofaktoren wie hoher BMI oder elterliche Hypertonie war das Risiko bei passivrauchenden Kindern um 21% erhöht, einen systolischen Blutdruck oberhalb der 85. Perzentile des untersuchten Kollektivs aufzuweisen. Die Anzahl der von der Mutter konsumierten Zigaretten korrelierte mit dem systolischen Blutdruck ($r=0,06$, $p=0,03$). Bei Vätern zeigte sich kein Zusammenhang, was den Autoren zufolge darauf zurückzuführen ist, dass Mütter sich häufiger um die Kindererziehung kümmern und daher eher zu Hause rauchen. Die Auswirkung des Passivrauchs auf den Blutdruck war bei den Jungen signifikant stärker ausgeprägt; es fanden sich jedoch keine Unterschiede bei exponierten und nicht-exponierten Kindern in der Prävalenz von Asthma und Bronchitis. In einer multivariaten Analyse erwiesen sich Geschlecht, Größe, BMI, Geburtsgewicht, Bluthochdruck während der Schwangerschaft, Rauchen der Eltern und elterliche Hypertonie als signifikante Korrelate des systolischen Blutdrucks ($R^2=0,146$). Mittels schrittweiser

Regression ließen sich Geschlecht, BMI, Größe, niedriges Geburtsgewicht, Bluthochdruck während der Schwangerschaft, elterliche Hypertonie und Rauchen der Eltern als unabhängige Determinanten nachweisen. Es ist demnach davon auszugehen, dass Passivrauch bereits im Kindesalter einen blutdrucksteigernden Effekt hat.

Die hypertensiven Effekte von Alkohol wurden bisher in vielen epidemiologischen, klinischen und experimentellen Studien bei Erwachsenen bestätigt (Klatsky, 1977; 1981; Marmot et al., 1994; Puddey, Beilin & Vandongen, 1987; Clarke & Friedman, 1985; Potter & Beeves, 1984). Neben einer linearen werden auch kurvilineare Beziehungen beschrieben sowie Beziehungen mit der Identifizierung eines Schwellenkonsums (Suter & Vetter, 2003). Genaue Mechanismen, die der alkoholbedingten Blutdrucksteigerung zugrunde liegen, sind bislang nicht vollständig geklärt. Grundsätzlich werden zentrale und periphere Mechanismen in Betracht gezogen, um den blutdrucksteigernden Effekt von Alkohol zu erklären. Der Dosis-Wirkungskurve von Alkohol liegt die bei der Verstoffwechslung hoher Mengen Alkohol hervorgerufene Vasokonstriktion der Gefäße und gleichzeitige Verminderung der endothelabhängigen Vasorelaxation zugrunde. Die Freisetzung von Katecholaminen wird durch Acetaldehyd, ein Metabolit des Alkoholabbaus, verstärkt, während die Abgabe von Endothelin sinkt. Die durch Alkohol induzierte Akkumulation von intrazellulärem Kalzium führt zu einer Gefäßverengung und in der Folge zu einem erhöhtem peripheren Widerstand (Suter & Albrecht, 2005). Des Weiteren wird Alkohol mit einer abdominalen Adipositas in Verbindung gebracht (Suter, Maire & Vetter, 1997), die wiederum eng mit einer Hypertonie vergesellschaftet ist.

Der riskante Gebrauch von Alkohol wird ähnlich wie der Konsum von Zigaretten als allgemeiner Risikofaktor mit erhöhten Blutdruckwerten bei Heranwachsenden in Verbindung gebracht (Rodrigues et al., 2013; Lurbe et al., 2009; Hager et al., 2013). Studien zur blutdrucksteigernden Wirkung von Alkohol im Kindes- und Jugendalter existieren allerdings nicht. In der Literatur finden sich zum jetzigen Stand ebenso wenige Studien, die die Beziehung zwischen Aktiv- bzw. Passivrauchen sowie Alkoholkonsum und dem Blutdruck während körperlicher Belastung bei Kindern und Jugendlichen untersuchen. Hierfür dürften mit den in dieser Untersuchung gewonnen Resultaten erste Erkenntnisse verbunden sein.

5.5 Familienanamnese

Die essentielle Hypertonie ist eine Erkrankung mit polykausaler Ätiologie. In der Pathogenese spielen daher eine Reihe konstitutioneller, verhaltens- und umweltbedingter, genetischer und psychosozialer Faktoren eine Rolle, die vermutlich in einem gestörten Zusammenspiel die Entwicklung eines Bluthochdrucks begünstigen. Die negativen Assoziationen von kardiovaskulären Risikofaktoren bei Kindern und Erwachsenen mit elterlicher Vorbelastung ist wissenschaftlich gut dokumentiert (Burke et al., 1991; Blonde, Webber, Foster & Berenson, 1981).

In der Epidemiologie konnte mittels Familien-, Zwillings-, Geschwister- und Adoptionsuntersuchungen die Bedeutung der genetischen Disposition für die arterielle Hypertonie nachgewiesen werden. Seitdem ist unstrittig, dass die Neigung zur Entwicklung eines erhöhten Blutdrucks familiär gehäuft auftritt (Clarke, Schrott, Burns, Sing & Lauser, 1986; Jung & Ingelfinger, 1993; Robinson, Batsky, Hayes, Nahata & Mahan, 2005; Zinner, Levy & Kass, 1971; Grim et al., 1980; Levine, 1980; Burke et al., 1991; Bao et al., 1995; Reis et al., 2006; Shear, Webber, Friedman, Srinivasan & Berenson, 1985; Munger, Prineas & Gomez-Marin, 1988; Studer et al., 1982). Die Bedeutung dieser Beziehung wird aus dem Zusammenhang zwischen dem kindlichen Blutdruck und der Größe und Funktion der linken Herzkammer (Burke et al., 1987; Schieken, Clarke & Lauer, 1981; Johnson, J.M. Kotchen, McKean, Cottril & T.A. Kotchen, 1983) sowie zwischen der Anatomie und Funktion des Herzens bei positiver Anamnese für Hypertonie deutlich (Adams et al., 1985; Nielsen & Oxhøj, 1988). Auch für weitere Herz-Kreislauf-Erkrankungen wie Herzinfarkt, Schlaganfall und Diabetes mellitus ist der Einfluss einer positiven familiären Anamnese belegt (Shear et al., 1985; Khaw & Barrett-Connor, 1982; Laskarzewski et al., 1981; Rosenman et al., 1974).

Frühe Untersuchungen von Miall und Oldham (1963) bei Blutsverwandten ersten Grades deckten ca. 33% der Varianz des systolischen und 20% der Varianz des diastolischen Blutdrucks durch Erbfaktoren auf. Middeke (2005) gibt an, dass bei etwa 40% der Menschen mit Hypertonie eine polygenetische Prädisposition vorzufinden ist. Feinleib und Kollegen (1977) geben einen Anteil von bis zu 60% an, bei dem erbliche Anlagen eine Hypertonie bedingen. Soweit Erbfaktoren für einen hohen Blutdruck verantwortlich gemacht werden können, werden diese nur sehr selten durch ein einzelnes Gen vermittelt – vielmehr handelt es sich um polygene Einflüsse. So empfiehlt auch die European Society of Hypertension sowie die Deutsche Gesellschaft

für Pädiatrische Kardiologie in ihren Leitlinien zur Hypertonie bei Kindern und Jugendlichen in jedem Fall die Familiengeschichte zu berücksichtigen. Neben einer familiären Hypertonie sollten weitere kardio- und zerebrovaskuläre Erkrankungen sowie Diabetes mellitus, Dyslipidämie und Adipositas erhoben werden (Lurbe et al., 2009; Nelson et al., 1992; Hager et al., 2013), anhand derer eine spätere Hypertonie genauer vorhergesagt werden kann (Mahoney, Clarke, Burns & Lauer, 1991). Monogenetische Ursachen spielen zwar eine untergeordnete Rolle, sollten jedoch in pädiatrischen Altersgruppen zur Behandlung und Vermeidung weiterer Folgeerkrankungen in Betracht gezogen werden (Williams, 2007; Lifton, 1996). Typische monogenetische Ursachen sind vor allem durch renale Störungen gekennzeichnet (Lurbe et al., 2009).

Umgekehrt ließen sich durch die Blutdruckmessung bei Kindern auch Familien mit erhöhtem Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen identifizieren (Reis et al., 2006). Unter den $n=141$ untersuchten Kindern im mittleren Alter von 10,5 Jahren hatten diejenigen Eltern eine 15-fach höhere Wahrscheinlichkeit für Bluthochdruck, wenn der Blutdruck derer Kinder oberhalb der 85. Perzentile lag (OR=14,7; 95% KI 3,02-71,56, $p=0,009$, positiver prädiktiver Wert=75%; negativer prädiktiver Wert=81%). Auch wenn diese Befunde durch die unberücksichtigte Zahl an Übergewichtigen und geringere Stichprobengröße limitiert sind, geben sie dennoch Hinweise darauf, dass günstige Effekte zwischen dem Screening des Blutdrucks und der familiären Anamnese in beide Richtungen möglich sind.

Bei Simonetti et al. (2011) erwiesen sich Hypertonie und Übergewicht bei den Eltern als signifikant mit dem Blutdruck der Kinder assoziiert. Im Mittel war der Blutdruck bei Kindern hypertensiver Eltern systolisch 2,1 mmHg und diastolisch 1,5 mmHg höher im Vergleich zu Kindern normotensiver Eltern. Gegenüber Kindern von normalgewichtigen Eltern wiesen diejenigen einen 1,2 mmHg bzw. 1,3 mmHg höheren systolischen bzw. diastolischen Blutdruck auf, deren Eltern übergewichtig bzw. adipös waren. In einer logistischen Regressionsanalyse war das Risiko der Kinder mit positiver Anamnese für Hypertonie um 58% höher einen Blutdruck oberhalb der 85. Perzentile zu haben. Eine multiple und schrittweise Regression wies schließlich eine elterliche Hypertonie als unabhängigen Risikofaktor des kindlichen systolischen Blutdrucks nach. Darüber hinaus zeigte sich eine kumulative Blutdruckzunahme in Abhängigkeit der Anzahl der begleitenden elterlichen Risikofaktoren Hypertonie,

Übergewicht und Rauchen. Passivrauchende Kinder, deren Eltern zusätzlich hypertensiv und übergewichtig waren, hatten im Mittel einen 3,2 mmHg ($p=0,003$) höheren systolischen und 2,9 mmHg ($p=0,001$) höheren diastolischen Ruheblutdruck im Vergleich zu risikofreien Kindern. Hypertonie, Übergewicht und Passivrauchen scheinen sich demnach synergistisch auf das Blutdruckniveau des Kindes auszuwirken. Da die bereits in der Kindheit vorliegenden Risikofaktoren überwiegend im Erwachsenenalter bestehen bleiben und sich entsprechende Unterschiede mit hoher Wahrscheinlichkeit im Laufe des Lebens verstärken (Law et al., 1993), sollte eine Reduzierung derartiger modifizierbarer Risikofaktoren einmal mehr aus Sicht der gesamten Familie erfolgen.

In der Bogalusa Heart Study traten bei 11- bis 17-Jährigen auch nach Korrektur für Alter und Geschlecht im Mittel 3,0 mmHg ($p<0,001$) höhere systolische Blutdruckwerte auf, wenn wenigstens bei einem Elternteil eine Hypertonie vorlag. In derselben Altersgruppe war der Blutdruck im Mittel 1,0 mmHg ($p<0,05$) höher, wenn in der Familie ein Diabetiker war. Auch bei einer positiven Anamnese für einen Myokardinfarkt unterschieden sich die Blutdruckwerte im Mittel um 2,0 mmHg ($p<0,05$), während hinsichtlich der Vorbelastung für einen Schlaganfall keine relevanten Ergebnisse auftraten. Um Kinder mit erhöhten Blutdruckwerten bzw. ungünstigem Risikoprofil zu identifizieren, liefert die Erhebung der familiären Anamnese in jedem Fall wichtige Informationen. Angaben zu elterlichen Erkrankungen können demnach als weitere Indikatoren für das kardiovaskuläre Risiko ihrer Nachkommen dienen (Bao et al., 1995).

Aus der aktuellen Forschungsliteratur gehen Hinweise hervor, dass eine positive Familienanamnese für Übergewicht und Hypertonie auch für den Blutdruck während körperlicher Belastung von Bedeutung sein könnte (Briedigkeit et al., 1979; Molineux & Steptoe, 1988; Lauer, 1991; Briedigkeit, 1993). So werden die bei erwachsenen Übergewichtigen beobachteten Anzeichen veränderter Blutdruckreaktionen auf körperliche Belastung schon früh im Leben erkennbar (Carletti et al., 2008; Dipla et al., 2010). Molineux und Steptoe (1988) konnten schon bei 14- bis 16-jährigen Jugendlichen Unterschiede im systolischen Belastungsblutdruck bei 100 Watt zwischen denjenigen mit positiver und negativer Anamnese für Hypertonie zeigen, obwohl ihre Ruheblutdruckwerte nicht voneinander verschieden und zudem normal

waren. Den Autoren zufolge geht eine überhöhte Blutdruckreaktion unter Belastung einer späteren manifesten Hochdruckerkrankung um Jahre voraus.

Auch in diesem Zusammenhang dürften den vorliegenden Untersuchungsergebnissen wertvolle Informationen zu entnehmen sein. Überdies stellt sich die Frage, ob sich der von Simonetti und Kollegen (2011) nachgewiesene kumulative Effekt einzelner familiärer Risikofaktoren auf den Ruheblutdruck auch unter Belastung zeigt.

Das kardiovaskuläre Risiko wird neben biologischen Einflüssen weiterhin durch soziale Faktoren in der Kindheit mitbestimmt (Boulton, Cockington, Hamilton-Craig, Magarey & Mazumdar, 1995; Iscan, Uyanik, Vurgun, Ece & Yiğitoğlu, 1996; Leino et al., 1996; Byckling et al., 1985).

5.6 Sozialer Status, Lebensstil und Gesundheit

Im Hinblick auf den Gesundheitszustand von Eltern und Kind stehen soziale, lebensstilassoziierte und gesundheitliche Faktoren in einem komplexen Ursache-Wirkungs-Gefüge, welches sich in einem inversen sozialen Gradienten in der Gesundheit äußert und durch sozialdeterminierte Verhaltensmuster im Lebensstil charakterisiert ist (Danielzik & Müller, 2006).

Der soziale oder sozioökonomische Status einer Person wird gekennzeichnet durch ihre Bildung, ihren Beruf und ihr Einkommen (Mielck, 2000). In der Literatur wird ein niedriger sozioökonomischer Status mit einem größeren kardiovaskulären Risiko in Zusammenhang gebracht, weil dieser mit einem niedrigeren Einkommen, schlechteren Karriereaussichten und einem höheren Risiko für Arbeitslosigkeit einhergeht (Elovainio et al., 2011). Das Einkommen gilt als wichtiger Indikator für Gesundheit und Wohlbefinden und ist mit einer Reihe von gesundheitlichen Folgen verknüpft (Marmot, Friel, Bell, Houweling & Taylor, 2008). Je nach Studie wird der soziale Status verschieden definiert. Beispielsweise nutzen Danielzik, Czerwinski-Mast, Langnäse, Dilba und Müller (2004) für den Sozialstatus der Kinder einzig den Bildungsgrad der Eltern, der sich schließlich als guter Indikator für kindliches Übergewicht herausstellte. Auch in der KiGGS-Studie wurde geprüft, ob der Bildungsgrad der Eltern ohne Berücksichtigung von Beruf und Einkommen gesundheitsrelevant ist. Die Ergebnisse legen nahe, dass das Bildungsniveau, unter dem die Kinder aufwuchsen, tatsächlich einen entscheidenden Einfluss auf die

Gesundheit und das Gesundheitsverhalten hatte. Lediglich 32% der 3- bis 10-jährigen Jungen und 35% der gleichaltrigen Mädchen aus bildungsfernen Elternhäusern wiesen im Gegensatz zu 43% der Jungen und 53% der Mädchen der gleichen Altersgruppe mit Eltern von hohem Bildungsniveau einen guten Gesundheitszustand auf. Bei den 11- bis 17-Jährigen lagen ähnlich signifikante Unterschiede vor (Lampert, Hagen & Heizmann, 2010).

Wie eng der Sozialstatus mit dem Gesundheitszustand einer Person zusammenhängt, zeigt die Tatsache, dass Personen von niedrigem sozialen Status weitaus häufiger von Krankheiten betroffen sind und eine geringere Lebenserwartung haben als Personen von hohem Status (Lampert & Mielck, 2008). Sowohl Erwachsene als auch Kinder sind von dieser sozialen Ungleichheit betroffen – mit dem Unterschied, dass das Einwirken auf die im Kindes- und Jugendalter gestellten Weichen für die Gesundheit im Laufe des Lebens immer schwerer wird. Wie bereits stellenweise erwähnt, kam auch die KiGGS-Studie zu dem Ergebnis, dass der Bildung der Eltern im Kontext von Gesundheit und Verhalten des Kindes eine Schlüsselrolle zukommt (Lampert, 2011). Zum einen wird das gesundheitsrelevante Wissen an die Kinder weitergegeben und zum anderen kommt den Eltern in Bezug auf ihre Kinder eine Vorbildfunktion zu. Somit hängen lebensstilbezogene Verhaltensweisen und der Gesundheitszustand des Kindes in großem Maße von der elterlichen Bildung und den familiären Lebensverhältnissen ab (Hempel, 2006). Da ein niedriger sozioökonomischer Status häufig mit einem niedrigen Bildungsstand einhergeht, ist in dieser Bevölkerungsgruppe ein erhöhtes Auftreten gesundheitsschädigender Verhaltensweisen zu erwarten (Kunt & Lampert, 2011). Danielzik und Müller (2006) bestätigten dies in ihrer Studie, indem sie zwischen niedrigem und hohem Schulabschluss der Eltern statistisch signifikante Unterschiede im Lebensstil der Kinder feststellten. Sie berichteten, dass gesundheitlich „ungünstige“ Lebensstile (wenig aktiv, hoher Medienkonsum, ungünstige Ernährung) häufiger bei Kindern aus Familien von niedrigem Bildungsstand vorzufinden sind. Zudem rauchten Kinder aus schwächer gestellten Familien häufiger, waren eher sportlich inaktiv und übergewichtig. Bei Mädchen von niedrigem sozialen Status war die Wahrscheinlichkeit um 25-47% höher, zu rauchen, nicht normalgewichtig sowie körperlich inaktiv zu sein und einen geringen Konsum an frischem Obst und Gemüse aufzuweisen (Kurth & Lampert, 2007).

In den meisten Studien wurde die Auswirkung der elterlichen sozioökonomischen Merkmale auf die Gesundheit von Kindern und Jugendlichen anhand des BMI untersucht. Wenn auch tendenziell eine inverse Beziehung zwischen sozialem Status und BMI angenommen werden kann, kommen Studien häufig zu widersprüchlichen Aussagen (Boulton et al., 1995; Iscan et al., 1996; Stamatakis, Wardle & Cole, 2007; Wardle, Brodersen, Cole, Jarvis & Boniface, 2006; Sundblom, Petzold, Rasmussen, Callmer & Lissner, 2008). Bei einer Kohorte von $n=4452$ Probanden wurde überdies der soziale Status anhand des Einkommens der Eltern zum Zeitpunkt der Geburt und nach einem Follow-up von etwa elf Jahren bestimmt. Jugendliche aus einkommensstarken Familien waren häufiger übergewichtig bzw. adipös und inaktiv gegenüber Jugendlichen aus einkommensschwächeren Familien, die dagegen häufiger zur Zigarette griffen. Mit Blick auf die sozioökonomische Herkunft zur Geburt zeigte sich, dass die Chance für Fettleibigkeit knapp 46% höher war, wenn Kinder zu diesem Zeitpunkt bereits einer höheren Statusgruppe angehörten im Vergleich zu denen, die schon zur Geburt eine schwächere soziale Position hatten (Hallal et al., 2012).

Die Ergebnisse von KiGGS bestätigten wiederum, dass Übergewicht und Adipositas häufiger bei Kindern und Jugendlichen von Eltern geringer Bildung auftritt. Dieser Zusammenhang war bei den Mädchen stärker als bei den Jungen. Das Bildungsniveau trug auch unabhängig vom Einkommen zu einem erhöhten Risiko für Übergewicht und Adipositas bei. Laut den Ergebnissen von KiGGS hatte die Bildung sogar einen noch stärkeren Einfluss als das Einkommen, allerdings nur hinsichtlich Übergewicht und Adipositas. Rauchen, Zahnhygiene, Essstörungen oder chronische Krankheiten wurden neben einem erheblichen Einfluss der Bildung überwiegend durch die Einkommenssituation bestimmt (Lampert et al., 2010). Auch Müller et al. (2005) gaben an, dass Kinder von Eltern mit Hauptschulabschluss als höchsten Schulabschluss einen höheren BMI aufwiesen als Kinder von Eltern mit Realschulabschluss. Den niedrigsten BMI und die geringste Fettmasse hatten im Vergleich dazu Kinder von Eltern mit Abitur. Ebenso stellte die Kieler Adipositas-Präventionsstudie (KOPS: Kiel Obesity Prevention Study) eine inverse Beziehung zwischen dem Schulabschluss der Eltern und dem BMI der 5- bis 7-jährigen untersuchten Kinder fest (Müller, Körtzinger, Mast & König, 1998).

Nur wenige Studien konzentrierten sich auf andere Risikofaktoren wie LDL-Cholesterin, Leptin, Entzündungsparameter und Ruheblutdruck, auf die sich ein geringer sozialer Status jeweils ungünstig auswirkte (Leino et al., 1996; Howe et al., 2010). Für den Belastungsblutdruck existieren keine wissenschaftlichen Studien. Inwieweit der Blutdruck des Kindes mit dem Sozialstatus der Eltern korrelierte, untersuchten auch van den Berg, van Eijnsden, Galindo-Garre, Vrijkotte und Gemke (2013). Sie zeigten, dass sich die soziale Ungleichheit in Bezug auf den kindlichen Blutdruck fortsetzt. Der Blutdruck des Kindes steht demnach in einer inversen Beziehung zum sozialen Status. Sowohl der systolische als auch der diastolische Blutdruck von Kindern mit Müttern der niedrigen Bildungsschicht war im Vergleich zu denen von höherem Bildungsstand um jeweils 2,2 mmHg ($p < 0,001$) erhöht. Simonetti et al. (2011) bestätigten diesen Zusammenhang. Sie stellten ebenfalls fest, dass ein niedriger Bildungsgrad der Eltern mit einem 1,3 mmHg ($p < 0,001$) höheren systolischen Blutdruck des Kindes einhergeht. Gleichfalls berichten Studien von fehlenden Zusammenhängen zwischen dem elterlichen sozioökonomischen Status und kardiovaskulären Risikofaktoren ihrer Kinder (Leino et al., 1996; Byckling et al., 1985; Guillaume, Lapidus, Lambert & Bjorntorp, 1999).

Ergänzend dazu ließen sich Zusammenhänge zwischen der sozioökonomischen Stellung im Kindesalter und der Ausprägung kardiovaskulärer Erkrankungen im Erwachsenenalter finden. Demnach erhöht ein niedriger sozialer Status in der Kindheit das Risiko im Alter eine Erkrankung des Herzens zu entwickeln bzw. zu sterben (Giskes, Kamphuis, Mackenbach, Turrell & van Lenthe, 2012; Khanolkar, Byberg & Koupil, 2011) – auch unabhängig vom Sozialstatus im Erwachsenenalter (Cohen, Janicki-Deverts, Chen & Matthews, 2010).

Weiterhin werden dem sozialen Status in der Kindheit Assoziationen mit der körperlichen Aktivität (Cleland, Ball, Magnussen, Dwyer & Venn, 2009; Hanson & Chen, 2007; Van de Mheen, Stronks, Looman & Mackenbach, 1998), dem Rauchverhalten (Hanson & Chen, 2007; Power et al., 2005) und dem Alkoholkonsum sowie der Körperzusammensetzung (Van de Mheen et al., 1998) nachgewiesen. Derartige Verhaltensweisen finden sich auch im Erwachsenenalter wieder und wirken sich so auf die Gesundheit aus.

In der Uppsala-Family-Study mit $n=602$ Familien und $n=2141$ 5- bis 14-Jährigen wurde der Einfluss der Eltern hinsichtlich Sozialstatus (Bildungsstand und Berufsgruppe),

Lebensgewohnheiten und kardiovaskulären Risikofaktoren auf verschiedene gesundheitliche Parameter ihrer Kinder untersucht. Hierbei stellte sich zwar heraus, dass der elterliche Lebensstil (Alkoholkonsum, Rauchen, körperliche Aktivität) gegenüber dem sozialen Status weitaus stärker mit kardiovaskulären Risikofaktoren der Kinder assoziiert war, aber einzig die soziale Herkunft mit dem Blutdruck korrelierte. So zog ein niedriger sozialer Status der Eltern einen höheren BMI sowie höhere systolische Blutdruckwerte der Kinder nach sich. Dafür wirkten sich das Rauchverhalten, der Alkoholkonsum sowie der Aktivitätsstatus auch unabhängig vom sozialen Status signifikant auf etwa BMI, Leptin und Cholesterin der Kinder aus. Der zeitliche Umfang an intensiver Aktivität und nicht die Gesamtaktivität der Eltern erwies sich in diesem Fall als entscheidendes Kriterium, welches insbesondere bei Vätern eine wichtige Determinante darstellte. Ebenso bestanden zwischen allen kardiovaskulären Risikofaktoren der Mutter bzw. des Vaters und ihren Kindern signifikante Assoziationen auch unabhängig von Lebensstil und Sozialstatus der Eltern. Die Autoren sehen darin einen weiteren Hinweis auf die Bedeutung der erblichen Anlage. Der elterliche Lebensstil scheint für die Vorhersage kardiovaskulärer Risikofaktoren bei Kindern eine wichtige Rolle zu spielen. Da in dieser Studie jedoch die Lebensweise der Kinder außer Acht gelassen wurde, können keine eindeutigen Aussagen zum Einfluss elterlicher Verhaltensweisen auf die ihrer Kinder getroffen werden, welche wiederum deren Gesundheitsstatus beeinflussen (Khanolkar, Byberg & Koupil, 2011).

Diverse Studien zeigen weiterhin, dass sich das Aktivitäts- bzw. Inaktivitätsverhalten der Eltern entscheidend auf das der Kinder auswirkt (Baur, 1994; Graf et al., 2003; Ahonen, Karppanen, Korpelainen, Tammelin & Vanhala, 2012; Anderson, Fuemmeler & Mâsse, 2011; Brockman, Fox, Jago, Page & Thompson 2010; Sanz-Arazuri; Ponce-de-León-Elizondo & Valdemoros-San-Emeterio, 2012). Die Studie von Sanz-Arazuri und Kollegen (2012), die sich mit der körperlichen Aktivität $n=11259$ spanischer Jugendlicher im Alter von 12 bis 16 Jahren beschäftigte, fand heraus, dass Kinder von nie sporttreibenden Eltern ein um den Faktor 4 erhöhtes Risiko aufweisen, ebenfalls körperlich inaktiv zu sein im Vergleich zu denen mit körperlich aktiven Eltern. Parallel dazu berichten Ahonen et al. (2012) von einem signifikanten Zusammenhang zwischen dem Aktivitätsverhalten der Mutter und dem ihrer Kinder ($r=0,363$, $p<0,001$). Hinsichtlich der Aktivität des Vaters ließ sich jedoch keine Signifikanz beobachten.

Mütter übergewichtiger Jungen wiesen zudem ein geringeres Maß an körperlicher Aktivität auf, als Mütter normalgewichtiger Jungen.

Der Einfluss ähnlicher Umweltbedingungen sowie Lebensstile sollte bei der Beurteilung des kardiovaskulären Risikos von Kindern berücksichtigt werden. Kinder und Jugendliche können von einer gesunden Lebensweise ihrer Eltern profitieren und setzen diese mit hoher Wahrscheinlichkeit auch im späteren Leben fort (Garn & LaVelle, 1985; Kemper, Snel, Verschuur & Storm-van Essen, 1990; Freedman et al., 1992).

Wie sich familiäre Risikofaktoren auf den Blutdruck von Heranwachsenden auswirken, ist Gegenstand der vorliegenden Untersuchung. Hierbei ist es von besonderem Interesse, die Zusammenhänge dieser Faktoren mit dem Blutdruck während körperlicher Belastung darzustellen. In der Literatur bleiben derartige Assoziationen völlig ungeklärt.

6 Die forschungsleitenden Fragestellungen

Obgleich sich die Manifestationen kardiovaskulärer Spätschäden erst im Erwachsenenalter zeigen, ist die Erfassung gesundheitsrelevanter Risikofaktoren in der Kindheit entscheidend für die spätere Prognose. Zudem lassen sich bereits bei Heranwachsenden Endorganschäden infolge chronisch erhöhter Blutdruckwerte diagnostizieren. Das Wissen über die Prävalenz und Zusammenhänge kardiovaskulärer Risikofaktoren ist ein wichtiger Schritt, um gesundheitsgefährdete Kinder und Jugendliche zu identifizieren. Allein die Evaluation von Risikofaktoren hätte einen großen Einfluss auf kardiovaskuläre Erkrankungen bei asymptomatischen Kindern und Jugendlichen. Wenn also das Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen wie Hypertonie in der sensiblen Phase der Kindheit und Adoleszenz beginnt, sollte der Blutdruck auch frühzeitig beobachtet und untersucht werden. Für eine umfassende Versorgung jüngerer Altersgruppen sind daher verstärkte Bemühungen notwendig (Rodrigues et al., 2013).

Das Hauptanliegen dieser Forschungsarbeit ist es, weitere Kenntnisse über das Blutdruckniveau unter Belastung von Heranwachsenden zu erhalten. Die alleinige Messung des Blutdrucks unter Ruhebedingungen liefert gerade bei Kindern wenig reproduzierbare Daten. Psychische und situative Einflüsse erschweren die Einschätzbarkeit der in Ruhe ermittelten Werte; die prognostische Aussagekraft ist begrenzt. Zudem bleiben bei alleiniger Praxismessung erhöhte Blutdruckwerte unter körperlichen Belastungen unerkannt, obwohl gerade diese die Prognose des Menschen mitbestimmen. Hierzu eignet sich zumindest bei Erwachsenen eine standardisierte ergometrische Untersuchung des Blutdrucks bei submaximaler Belastung. Der Belastungsblutdruck korreliert in diesem Altersbereich besser mit der kardiovaskulären Prognose als der Ruheblutdruck (u. a. Franz, 1982; Filipovski et al., 1992; Mundal et al., 1994). Das Blutdruckverhalten während körperlicher Belastungen kann hierdurch nicht nur besser eingeschätzt, sondern auch eine gemeinsame Analyse mit den Blutdruckwerten unter Ruhebedingungen durchgeführt und somit zugleich das individuelle kardiovaskuläre Risiko bewertet werden.

Im Verlauf der Darstellung des theoretischen Hintergrundes dürfte deutlich geworden sein, dass es der Forschungsliteratur an Studien mangelt, die den Belastungsblutdruck im Allgemeinen sowie dessen Zusammenhang mit weiteren Risikofaktoren bei Heranwachsenden untersuchen. Mit der vorliegenden Arbeit sind daher alle

Bemühungen verbunden, grundlegende Erkenntnisse zum Belastungsblutdruck hervorzubringen. Daher ist es in erster Linie von wesentlichem Interesse wichtige Informationen über das Blutdruckniveau während körperlicher Belastung der Probandinnen und Probanden¹ zu erhalten. Eine detaillierte deskriptive Darstellung der Untersuchungsergebnisse sollte hierfür wichtige Hinweise liefern. Neben diesen Kenntnissen ist das Vorhandensein alters- und geschlechtsspezifischer Norm- und Referenzwerte eine wichtige Voraussetzung für die Hypertoniediagnostik. Ein weiteres Ziel dieser Arbeit ist daher die Bildung von Grenzwerten für den Belastungsblutdruck bei Heranwachsenden im Alter von 12 bis 17 Jahren. Referenzwerte existieren für diese Altersgruppe allenfalls für den Ruheblutdruck. Es ist unklar, wie sich die gültigen Grenzen für den Ruheblutdruck von Kindern und Jugendlichen gegenüber dem Blutdruck unter Belastung verhalten. Verlässliche Daten für den Belastungsblutdruck, der im Erwachsenenalter gegenüber dem Ruheblutdruck eine höhere prognostische Bedeutung hat, sind nicht bekannt. Die Befunde könnten einen ersten Hinweis auf den Blutdruck unter Belastung für den angegebenen Altersbereich geben. Auch wenn aus dieser Untersuchung keine prognostisch relevanten Normwerte abgeleitet werden können, dürften die vorgeschlagenen Grenzwerte einer späteren Normwerterstellung dienlich sein.

Beide Erfordernisse finden in der *ersten Fragestellung* der vorliegenden Forschungsarbeit ihre Berücksichtigung:

Welche Informationen lassen sich anhand der Untersuchungsergebnisse zum Belastungsblutdruck im Jugendalter gewinnen? Wie kann eine sinnvolle – wenn auch statistische – Konzipierung von Grenzwerten für den Belastungsblutdruck bei 12- bis 17-Jährigen erfolgen und welchen Risikokollektiven können die Probanden anhand ihrer Ruhe- und Belastungsblutdruckwerte zugeordnet werden?

Darüber hinaus soll untersucht werden, in welcher Beziehung sich kardiovaskuläre Risikofaktoren und Belastungsblutdruck gegenüberstehen. Wie bereits dargestellt, existiert eine Vielzahl von Untersuchungen, die sich auf die Analyse des Ruheblutdrucks und dessen Assoziation zu weiteren gesundheitlichen Parametern in der Kindheit und Adoleszenz beziehen. Aus der aktuellen Forschungsliteratur wurde deutlich, dass derartigen Assoziationen zum Belastungsblutdruck bislang nur wenig

¹ Für die Lesbarkeit der Arbeit wird im weiteren Verlauf die männliche Form bevorzugt

nachgegangen wurde. Gerade dieser Parameter könnte jedoch richtungsweisend in Bezug auf den Nachweis eines pathologischen Blutdrucks im Kindes- bzw. Jugendalter sein. Im Gegensatz zum Ruheblutdruck unterliegt der Belastungsblutdruck weniger stark emotionalen Schwankungen. Die Werte des Belastungsblutdrucks sind weitaus besser reproduzierbar. Entsprechende Zusammenhänge zwischen durchaus leicht zu bestimmaren lebensstilassozierten sowie familiären Faktoren und dem Blutdruck erlauben eine bessere Beschreibung des Gesundheitsrisikos von Heranwachsenden. Obwohl „harte“ Prognosedaten erst Jahrzehnte später zur Verfügung stehen, können die korrelierenden Faktoren als zusätzliche Surrogatparameter behilflich sein, um die individuelle Aussagekraft des Belastungsblutdrucks zu erhöhen.

In der *zweiten Fragestellung* richtet sich das Erkenntnisinteresse auf die Beziehung zwischen den Blutdruckwerten und allen weiteren untersuchten Parametern.

Welche Rolle spielen Faktoren des Lebensstils und der Familie im Hinblick auf das Blutdruckniveau in Ruhe sowie unter Belastung? Welche Bedeutung kommt der ergometrischen Untersuchung des Blutdrucks zu, wenn Ruhe- und Belastungsblutdruck hinsichtlich ihrer Assoziationen zu den übrigen Risikofaktoren verglichen werden?

Als multifaktoriell bedingter Parameter ist der Blutdruck von mehreren Einflussgrößen abhängig, die gemeinsam und in Interaktion als Bedingungsgefüge auf den menschlichen Blutdruck wirken. Die in der Analyse relevanten Risikofaktoren dienen schließlich einer späteren Modellerstellung, in der durch den Einschluss der Prädiktoren eine inhaltlich-theoretisch plausible Varianzaufklärung des Ruhe- und Belastungsblutdrucks erzielt werden soll. Hierbei stellt sich die Frage, ob bzw. durch welche Prädiktoren eine signifikante Vorhersage von Ruhe- und Belastungsblutdruck möglich ist und welchen Einfluss diese Prädiktoren auf den Blutdruck in der untersuchten Altersgruppe ausüben.

Die *dritte Fragestellung* zielt damit auf eine schlüssige und aussagekräftige Modellbildung ab, mit der sich die Gesamtvarianz des Ruhe- und Belastungsblutdrucks bestmöglich aufklären lässt.

Wie hoch ist der multiple Einfluss verschiedener Risikofaktoren hinsichtlich der Varianz des Ruhe- und Belastungsblutdrucks? Welchen Anteil leisten unbeeinflussbare (Alter, Geschlecht, Größe), personenbezogene

lebensstilassozierte und familiäre Faktoren in der Erklärung und Vorhersage des Blutdrucks? Lässt sich ein Modell erstellen, aus dem deutlich wird, wie stark die untersuchten Variablen die Varianz des Ruhe- und Belastungsblutdrucks erklären?

Mit der Kieler Kinder EX.PRESS. Studie wurde folgerichtig ein Projekt ins Leben gerufen, welches einen wichtigen Beitrag für die pädiatrische Hypertensiologie leistet. Hierfür gilt es, ein wichtiges Ziel zu erreichen: Die Rolle des Belastungsblutdrucks bei Heranwachsenden zu prüfen sowie dessen Relevanz im Kontext weiterer gesundheitsrelevanter Parameter herauszustellen.

7 Methodik

Es folgt eine Beschreibung der in der empirischen Untersuchung forschungsmethodologischen Vorgehensweise. Hierfür werden die am Ende des Theorieteils hergeleiteten Fragestellungen mit den dazugehörigen Hypothesen operationalisiert. Weiterhin werden die Untersuchungsteilnehmer charakterisiert sowie Untersuchungsplanung und -durchführung erläutert. Die zur Beantwortung der Fragestellungen angewandten Datenerhebungsmethoden werden außerdem im folgenden Abschnitt dargelegt.

7.1 Hypothesen

Fragestellung 1 – Blutdruckverteilung und Grenzwertbildung

Das Hauptinteresse der ersten Fragestellung ist darauf gerichtet, wesentliche Kenntnisse über das Blutdruckniveau unter Belastung von Heranwachsenden zu erhalten. Gegenüber dem Ruheblutdruck existieren nur sehr wenige Studien, die sich dem Blutdruckverhalten während körperlicher Belastung widmen. Eine detaillierte deskriptive Darstellung der Untersuchungsergebnisse dürfte wichtige Hinweise liefern. Da der Belastungsblutdruck weitgehend unabhängig von der emotionalen Verfassung des zu Untersuchenden ist, hat er insbesondere für die Beurteilung des Blutdruckverhaltens bei Kindern und Jugendlichen eine besondere Bedeutung. In dieser Altersgruppe wird die ergometrische Untersuchung des Blutdrucks jedoch nur selten durchgeführt, obwohl die Messung des Gelegenheitsblutdrucks gerade bei jüngeren Personen mit Schwierigkeiten verbunden ist. In der wissenschaftlichen Literatur ist die Bedeutung des Belastungsblutdrucks von Heranwachsenden nicht hinreichend geklärt. Es lassen sich daher zunächst keine eindeutigen Annahmen ableiten.

Es wird daher grundsätzlich angenommen, dass die Untersuchungsergebnisse einen ersten Hinweis auf den Blutdruck unter Belastung für den angegebenen Altersbereich geben können. Hierbei ist eine alters- und geschlechtsdifferenzierte Betrachtung des Belastungsblutdrucks von besonderem Interesse.

Die Einschätzung individueller Blutdruckmesswerte setzt das Vorhandensein alters- und geschlechtsspezifischer Norm- und Referenzwerte voraus. Für den

Belastungsblutdruck von Heranwachsenden stehen bislang keine Grenzwerte zur Verfügung. Mit den in dieser Untersuchung gewonnenen Blutdruckdaten könnte eine wichtige Grundlage für eine derartige Grenzwerterstellung geschaffen werden. In diesem Zusammenhang ist unklar, wie sich die gültigen Grenzen für den Ruheblutdruck von Kindern und Jugendlichen gegenüber dem Blutdruck unter Belastung verhalten. Die vorgeschlagenen Grenzwerte dürften einer späteren Normwerterstellung und Etablierung eines Referenzsystems für den Belastungsblutdruck von Heranwachsenden dienlich sein.

Anhand der Blutdruckdaten sollte eine Grenzwertbildung für den Belastungsblutdruck möglich sein. Stellen die für den Ruheblutdruck von Heranwachsenden bestehenden Beurteilungsmöglichkeiten die derzeit einzige Norm dar, so könnten auch ähnlich konzipierte Grenzwerte für den Belastungsblutdruck eine allgemeine Einschätzung von Messwerten ermöglichen. Die vorgeschlagenen Grenzwerte dieser Untersuchung dürften vor dem Hintergrund ausbleibender Empfehlungen eine erste Orientierung für Blutdruckzielwerte unter Belastung in diesem Altersbereich sein.

Fragestellung 2 – Zusammenhänge mit kardiovaskulären Risikofaktoren

Der Ruheblutdruck von Kindern und Jugendlichen konnte inzwischen mit einer Vielzahl an gesundheitlichen Parametern in Verbindung gebracht werden. Trotz der bekannten Schwächen des Ruheblutdrucks wurde derartigen Assoziationen zum Belastungsblutdruck bislang nur vereinzelt nachgegangen. Gerade dieser könnte jedoch richtungsweisend in Bezug auf den Nachweis eines pathologischen Blutdrucks im Kindes- bzw. Jugendalter sein. Sofern es sich auch beim Belastungsblutdruck um einen gesundheitlich relevanten Parameter handelt, müssten sich Zusammenhänge mit klassischen Risikofaktoren (z. B. BMI) nachweisen lassen. Demnach gilt es, Assoziationen zwischen dem Belastungsblutdruck und den hier untersuchten lebensstilabhängigen und familiären Variablen zu prüfen. Weiterhin sollten sich die in der Literatur ermittelten Unterschiede im Ruheblutdruck zwischen einzelnen „Risikogruppen“ (z. B. Normalgewicht vs. Übergewicht) auch unter Belastung zeigen.

Der Belastungsblutdruck sollte in ähnlicher Weise mit den untersuchten Variablen assoziiert sein wie der Ruheblutdruck. Probanden mit entsprechendem Risikofaktor dürften sich auch in ihrem Belastungsblutdruck von Probanden ohne jenen Risikofaktor unterscheiden.

Die Analyse erfolgte somit entlang zugrunde gelegter Zusammenhangs- und Unterschiedshypothesen, die eine Beziehung zwischen dem Blutdruck und den untersuchten Variablen suggerieren. Beispielhaft werden die Hypothesen für den BMI wie folgt formuliert; in gleicher Weise werden die Hypothesen für die in Tabelle 1 aufgeführten unabhängigen Variablen geprüft.

Es besteht ein Zusammenhang zwischen dem BMI und dem Belastungsblutdruck.

Übergewichtige und normalgewichtige Probanden unterscheiden sich in ihrem Belastungsblutdruck.

Angesichts der geringen Aussagekraft von Blutdruckwerten bei alleiniger Ruhemessung, dürfte ein Vergleich der Messwerte von Ruhe- und Belastungsblutdruck wichtige Informationen zur Bedeutung dieser Parameter offenbaren.

Fragestellung 3 – Belastungsblutdruck: Einflussfaktoren und Modellbildung

Abschließend ist der Tatsache Rechnung zu tragen, dass der Blutdruck nicht etwa monokausal, sondern durch den gemeinsamen Einfluss einer Vielzahl von Faktoren bestimmt wird. Aus der Literatur und den hier dargestellten Resultaten lassen sich wichtige lebensstilabhängige und familiäre Einflussfaktoren des Ruheblutdrucks von Heranwachsenden ableiten, dessen Erklärungs- und Vorhersagewerte für den Belastungsblutdruck zunächst unklar sind. Mithilfe eines multiplen Modells sollte daher zu klären sein, welchen Einfluss verschiedene Faktoren auf den Belastungsblutdruck ausüben. Sofern aus den gewonnenen Resultaten der zweiten Fragestellung erste Hinweise auf die unterschiedliche Bedeutung einzelner Faktoren für den Ruhe- und Belastungsblutdruck hervorgehen, sollte die Anpassungsgüte eines Modells zwischen beiden Parametern voneinander abweichen.

Somit wird zum einen angenommen, dass sich mit den ausgewählten Prädiktoren eine signifikante Vorhersage von Ruhe- und Belastungsblutdruck vornehmen lässt. Die Prädiktoren sollten sich in ihrem relativen Einfluss in den multiplen Modellen für den Ruhe- und Belastungsblutdruck voneinander unterscheiden und damit zu einer abweichenden Varianzaufklärung führen. Zum anderen dürften aus den Modellen jene Prädiktoren hervorgehen, mit denen eine theoretisch plausible Varianzaufklärung des Ruhe- und Belastungsblutdrucks in dieser Altersgruppe zu erzielen ist.

7.2 Untersuchungsdesign und Untersuchungsplan

Die Kieler Kinder EX.PRESS. Studie ist als Korrelationsstudie eine im Querschnitt durchgeführte empirische Untersuchung mit nicht-experimentellem Forschungsdesign. Die Ergebnisse eines solchen Untersuchungsdesigns geben über Richtung und Enge eines Zusammenhangs Auskunft, ohne dass dabei eine kausale Beziehung impliziert wird. Es sind daher keine kausalen Schlüsse möglich (Bortz & Döring, 2006; Mayer, 2008; Sarris, 1999; Sarris & Reiß, 2005). Unter der Nutzung physiologischer Messverfahren und Befragungen zielt die vorliegende Studie primär auf die Beschreibung von Sachverhalten ab, die im Kontext des aktuellen Forschungsstands zumindest plausible kausale Erklärungsansätze bieten kann. Zusammenhänge sind daher lediglich als Koinzidenzen interpretierbar, die durch kontrollierte experimentelle Untersuchungen auf Kausalität geprüft werden könnten. Neben der Beschreibung von Zusammenhängen erfolgt die Beurteilung von Einflüssen deshalb anhand der Plausibilität, nach welcher, wie im theoretischen Hintergrund dargestellt, die Einflussfaktoren den Blutdruck bedingen und nicht der Blutdruck die Einflussvariablen (Bortz & Schuster, 2010; Bortz & Döring, 2006).

Die Untersuchungen erfolgten zweiphasig mit einer eingangs durchgeführten Anamneseerhebung, der schließlich eine körperliche Untersuchung zur Bestimmung von Körpergröße und -gewicht sowie Bauchumfang, Ruheblutdruck und Herzfrequenz folgte. Es wurden verschiedene Maße des Aktivitätsverhaltens erfasst sowie nach dem Tabak- und Alkoholkonsum gefragt. Angaben zur Familienanamnese und -situation wurden über die Eltern eingeholt. Die spätere sportmedizinische Untersuchung umfasste die ergometrische Belastungsuntersuchung zur Überprüfung des Blutdrucks während körperlicher Aktivität sowie den Test zur Bestimmung der aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit.

Eine für die Studie entwickelte Website bot Schule, Eltern und Kind eine ständige Informationsquelle. Sie ermöglichte den Kontakt über große Entfernungen hinweg, zudem war der zeitliche und finanzielle Aufwand verglichen mit persönlichen Treffen gering. Die Mitteilung der Testresultate erfolgte zeitnah nachdem die Untersuchungen abgeschlossen waren. Hierzu bestand für die Eltern die Möglichkeit, sich per Email oder über die Website über die Ergebnisse des Kindes zu informieren. Im passwortgeschützten Bereich der Website wurden die ermittelten Daten zu jedem

Probanden in anonymer codierter Form als PDF-Dokument zum Download zur Verfügung gestellt.

Eine Übersicht zu den erhobenen Variablen ist der Tabelle 1 zu entnehmen. Zur Prüfung des Einflusses der unabhängigen Variablen auf den Blutdruck wurde ein univariater, einfaktorieller, zweifachgestufter Untersuchungsplan mit personengebundenen Kovariaten gewählt. Einzelnen Fragestellungen lagen Mehrgruppenpläne zugrunde.

Tabelle 1. Darstellung der abhängigen (AV) und unabhängigen (UV) Variablen sowie der betrachteten Kovariaten

unabhängige Variablen	abhängige Variablen	Kovariaten
Anthropometrische Parameter <ul style="list-style-type: none"> • BMI¹ • Taillenumfang¹ Aktivitäts- bzw. Inaktivitätsmaße <ul style="list-style-type: none"> • Körperlich-sportliche Aktivität <ul style="list-style-type: none"> - MVPA-Index¹ - Schulweg² - Aktivität in Schule, Freizeit, Verein³ - Gesamtaktivität³ • Bildschirmzeit¹ Aerobe Leistungsfähigkeit <ul style="list-style-type: none"> • PWC170¹ Rauchen ⁴ Alkoholkonsum ⁴ Familiensituation und -anamnese <ul style="list-style-type: none"> • BMI¹ • Sozialstatus (Bildungsgrad)¹ • Rauchen⁴ • Alkoholkonsum¹ • Erkrankungen⁴ <ul style="list-style-type: none"> - Fettstoffwechselstörung - arterielle Hypertonie - Übergewicht - Diabetes - KHK - Herzinfarkt - Schlaganfall • Sportliche Aktivität³ 	arterieller Blutdruck in Ruhe arterieller Blutdruck unter Belastung	Alter Geschlecht Größe

¹ hoch vs. normal bzw. niedrig

² passiv vs. aktiv

³ inaktiv vs. aktiv

⁴ ja vs. nein

7.3 Stichprobe

7.3.1 Rekrutierung

Im Januar 2011 sind auf Grundlage des Verzeichnisses der allgemeinbildenden Schulen in Schleswig-Holstein (Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein, 2010) verschiedene Bildungseinrichtungen im Raum Kiel per Email zur Teilnahme am Forschungsprojekt gebeten worden: Dazu gehörten sämtliche Haupt-, Real-, Gesamt-, Regional- und Gemeinschaftsschulen sowie Gymnasien im Umkreis von 20 Kilometern. Die elektronische Anfrage umfasste ein adressiertes Anschreiben an den Schulleiter (Anhang) sowie den für die Studie entwickelten Informationsflyer. Das Ziel bestand darin eine möglichst große im Vergleich zur Gesamtbevölkerung repräsentative Stichprobe zu erhalten, die Jugendliche verschiedener Klassenstufen und Schulformen umfasst.

Ebenfalls behilflich war der Landesfachberater Sport des Instituts für Qualitätsentwicklung an Schulen Schleswig-Holsteins (IQSH²), der den Kontakt zu den Beteiligten des IQSH-Fachteams Sport und einigen zu dieser Zeit beschäftigten Referendaren ermöglichte. Zur Durchführung der Studie wurde die Genehmigung des Ministeriums für Bildung und Kultur des Landes Schleswig-Holstein eingeholt (Anhang).

Die vorliegende Studie basiert auf den Daten der Untersuchungen und Befragungen von 12- bis 17-jährigen Heranwachsenden an sechs Schulen aus (der Region) Kiel. Davon befanden sich fünf Schulen in öffentlicher und eine Schule in privater Trägerschaft, welche in Bezug auf die Schulform von jeweils zwei Gymnasien, Regionalschulen und Gesamtschulen vertreten waren. Die häufigsten Absagen gingen auf organisatorische Probleme, z. B. wegen Umbauarbeiten, eines bevorstehenden Schulleiterwechsels oder aufgrund schlichten Desinteresses zurück. Besonders für Bildungsstätten aus dem Zentrum Kiels kam die Beteiligung angesichts vorangegangener universitärer Untersuchungen nicht in Frage.

² Das Institut für Qualitätsentwicklung an Schulen Schleswig-Holsteins (IQSH) ist für die Aus-, Fort- und Weiterbildung der Lehrkräfte sowie für Lehrplanarbeiten und Evaluationen zuständig. Es unterstützt die Schulen in vielfältiger Weise bei ihrer Schul- und Unterrichtsentwicklung.

7.3.2 Charakterisierung der Probanden

Im Rahmen des Projekts fanden in 27 Klassen der Jahrgangsstufen 7 bis 11 ($n=658$) Informationsveranstaltungen statt. Die Datenerhebung beruhte auf einer grundsätzlich freiwilligen Teilnahme aller Probanden. Die Grundlage war stets das schriftliche Einverständnis der Erziehungsberechtigten. In mehreren Fällen lag eine explizite Ablehnung vor, die mehrheitlich unbegründet blieb. Die übrigen Anlässe für eine Nichtteilnahme waren oftmals vergessene Einwilligungen der Eltern, Krankheiten, Skepsis oder Scham. Insgesamt beteiligten sich $n=546$ gesunde Jugendliche am Forschungsprojekt; die Ausschöpfungsquote lag somit bei 83%. Heranwachsenden, die bereits das 18. Lebensjahr erreicht hatten ($n=13$), wurde zwar die Teilnahme an der Studie ermöglicht, deren Daten gingen jedoch nicht in die spätere Datenanalyse ein. Das auszuwertende Kollektiv umfasst somit 532 Jugendliche ($n=271$ Jungen und $n=261$ Mädchen) im Alter von 12 bis 17 Jahren. 100 der untersuchten Probanden (18,8%) waren Real- bzw. Hauptschüler (Regionalschule), $n=198$ Gesamtschüler (37,1%) und $n=234$ Gymnasiasten (44,0%). Der Tabelle 2 ist die Altersverteilung der Untersuchungsgruppe zu entnehmen.

Tabelle 2. Altersverteilung der Untersuchungsgruppe ($n=532$) bezogen auf Geschlecht und Schulform. Dargestellt sind absolute (n) und relative (%) Häufigkeiten. ♂=männlich, ♀=weiblich.

	Alter (Jahre)						Gesamt
	12	13	14	15	16	17	
n	45	114	107	89	108	69	532
♂	24	54	62	46	46	39	271
♀	21	60	45	43	62	30	261
% von Gesamt	8,4	21,4	20,1	16,7	20,3	12,9	100
Regionalschule	0	15	34	22	22	7	100
Gesamtschule	38	65	41	20	25	9	198
Gymnasium	7	34	32	47	61	53	234

Für das Alter der Probanden wurde bewusst das späte Kindesalter (10.-11./12. Lebensjahr bei Mädchen und 10.-13. Lebensjahr bei Jungen) bzw. die Pubeszenz (11./12.-13./14. bei Mädchen und 12./13.-14./15. Lebensjahr bei Jungen) und Adoleszenz (13./14. Lebensjahr bei Mädchen und bis 14,6-18./19. Lebensjahr bei Jungen) gewählt (Meinel & Schnabel, 1998). In Bezug auf die motorische Ontogenese

spiegelt das späte Kindesalter die Zeit der besten motorischen Lernfähigkeit wieder. Gegenüber jüngeren Kindern können Heranwachsende im späten Kindesalter eher die Voraussetzungen für eine problemlose Ergometrie erfüllen. Hinsichtlich der Ausdauerleistungsfähigkeit treten ab diesem Alter zunehmend geschlechtsspezifische Differenzen auf. Konditionelle Fähigkeiten werden mit Beginn der Pubeszenz begünstigt. Wesentliches Merkmal der Pubeszenz und Adoleszenz ist der Eintritt der Geschlechtsreife bis zum Erreichen der Vollreife. Damit verbunden sind hormonelle Veränderungen und Wachstumsprozesse, die sich wiederum auf eine Reihe verschiedener physiologischer Parameter und die sportmotorische Leistungsentwicklung auswirken (Meinel & Schnabel, 1998; Kahl, Schaffrath Rosario & Schlaud, 2007; Robert Koch-Institut, 2008). Den Daten der KiGGS-Studie (mittleres Menarchealter: 12,8 Jahre und mittleres Mutationsalter: 13,5 Jahre) folgend, ist davon auszugehen, dass sich die überwiegende Mehrheit der Heranwachsenden dieser Lebensphase in dem für die Pubertät charakteristischen Reifungsprozess befindet (Kahl et al., 2007). Präzise Aussagen lassen sich jedoch nicht treffen.

Da 18-Jährige u. a. hinsichtlich der Einordnung von BMI, Taillenumfang und Blutdruck bereits als Erwachsene gelten, war der Altersbereich bis 17 Jahre wünschenswert. Nicht zuletzt wegen ihrer ausgeprägten Blutdruckvariabilität wurde von der Rekrutierung von Probanden jüngeren Alters abgesehen. Weiterhin ist anzunehmen, dass der Blutdruck mit steigendem Alter ein stärkeres Tracking zeigt, weshalb risikobezogene Aussagen möglicherweise von höherer Relevanz wären (vgl. Kapitel 4.3). Entsprechend den Ergebnissen der Young Finns Study scheint der in dieser Untersuchung erhobene Altersbereich für die gesundheitliche Perspektive wichtiger zu sein als das frühe Kindesalter (Raitakari et al., 2003).

Die Untersuchungen fanden ausschließlich an gesunden Heranwachsenden statt; den Angaben der Eltern zufolge war bei keinem der Probanden in der Vergangenheit eine arterielle Hypertonie oder eine andere kardiovaskuläre Erkrankung diagnostiziert worden. Lagen die gesundheitlichen Voraussetzungen für eine fehlerfreie Blutdruckmessung bzw. Durchführung der ergometrischen Untersuchung nicht vor, z. B. bei akuten Infekten oder Verletzungen an den Extremitäten, wurden jene Parameter nicht gemessen. Entsprechende Datenausfälle waren allerdings weniger solchen Umständen als vielmehr dem Fehlen von Studienteilnehmern am Tag der Untersuchungen geschuldet.

Da die Durchführung der Studie an die Einwilligung bzw. Zusammenarbeit mit Schule, Lehrern, Eltern und Schüler/-innen gebunden war, konnte die Auswahl der Probanden nicht zufällig erfolgen. Die Auswahlwahrscheinlichkeiten der Untersuchungsteilnehmer waren unkontrollierbar. Es handelt sich demnach um eine nicht-probabilistische Ad-hoc-Stichprobe (Gelegenheitsstichprobe), weil systematisch auf verschiedene bereits bestehende Schulklassen der Jahrgänge 7 bis 11 zurückgegriffen wurde. Die letztlich freiwillig teilnehmenden Probanden unterscheiden sich in einigen Merkmalen systematisch von der Durchschnittsbevölkerung (vgl. Kapitel 9.1.1). Ein weiteres Charakteristikum der Stichprobe ist das ausgeglichene Geschlechterverhältnis (♂: 50,9%; ♀: 49,1%). Das durchschnittliche Lebensalter lag bei Jungen und Mädchen bei $14,6 \pm 1,5$ Jahren. Angaben zum Wohnbezirk und zum Migrationshintergrund der Studienteilnehmer als Determinanten des sozioökonomischen Status wurden nicht erfragt. Die Lage der Schulen in verschiedenen Stadtteilen Kiels liefert lediglich Hinweise auf unterschiedliche Lebensbedingungen der Studienteilnehmer, die jedoch in dieser Forschungsarbeit nicht weiter thematisiert werden soll.

7.4 Messgrößen und Methoden zur Datenerhebung

Die Formulierung der Fragestellungen und Hypothesen sowie Ableitung der untersuchungsrelevanten Variablen (Tabelle 1) führte zur Wahl der folgenden Datenerhebungsmethoden.

7.4.1 Bestimmung der anthropometrischen Daten

Das Alter der Probanden wurde erfragt. Die Körpergröße wurde mittels Stadiometer in aufrechter Position, ohne Schuhe mit einer Messgenauigkeit 0,1 cm erfasst. Das Körpergewicht ist ebenfalls ohne Schuhe und in leichter Kleidung mit Hilfe einer digitalen Personenwaage Typ SECA® 807 auf 0,1 kg genau abgelesen worden. Für die übrige Bekleidung wurden im Nachhinein 500 g abgezogen. Aus den gewonnenen Daten errechnete sich der BMI nach der Formel:

$$\text{Körpergewicht (kg)}/\text{Körpergröße zum Quadrat (m}^2\text{)} = \text{BMI (kg/m}^2\text{)}.$$

Als Grundlage für die Beurteilung von Übergewicht und Adipositas wurden die Referenzwerte nach Kromeyer-Hauschild et al. (2001) herangezogen, die von der AGA

(2008) zur deutschlandweiten Nutzung empfohlen werden. Für jeden Probanden ist der BMI entsprechend der Perzentilkurven eingeordnet worden. Kinder mit einem BMI < 10. Perzentile wurden als untergewichtig eingestuft. Normalgewicht war durch einen BMI $\geq 10.$ bzw. < 90. Perzentile definiert. Kinder mit einem BMI $\geq 90.$ alters- und geschlechtsspezifischen Perzentile wurden als übergewichtig klassifiziert. Ein BMI $\geq 97.$ Perzentile galt als adipös.

Als Taillenumfang wurde der schmalste Bauchumfang horizontal zwischen dem unteren Rippenbogen und der höchsten Stelle der Crista iliaca in 0,1 cm gemessen. Die Bestimmung erfolgte bei normaler Atmung und ohne anliegende Kleidung mit einem nicht elastischen Maßband, welches der Haut direkt auflag, jedoch nicht die Haut eindrückte (Kromeyer-Hauschild et al., 2011). Zur Interpretation der Werte wurden die vom Robert Koch-Institut im Rahmen der KiGGS-Studie publizierten Referenzperzentilen herangezogen (Kromeyer-Hauschild et al., 2011). Ein Taillenumfang oberhalb der 90. Perzentile bzw. 97. Perzentile galt als erhöht bzw. stark erhöht.

7.4.2 Blutdruckmessung

Bei der Messung der Blutdruckwerte kam die klinische Standardmethode nach Riva-Rocci und Korotkoff mittels mechanischem Sphygomanometer unter Nutzung einer dem Armumfang angepassten Blutdruckmanschette zur Anwendung. Jede Messung wurde stets von der Versuchsleiterin ausgeführt, um standardisierte Untersuchungsbedingungen zu gewährleisten. Hierbei wurde der Blutdruck durch die Auskultation der Arteria brachialis des rechten Oberarmes mit Hilfe eines Stethoskops anhand der Korotkoff-Geräusche erhoben. Der Vorteil dieser Messmethode im Vergleich zu oszillometrisch messenden elektronischen Geräten liegt in der höheren Genauigkeit und besseren Reproduzierbarkeit (Deutsche Liga zur Bekämpfung des hohen Blutdrucks, 1994, 1997; Li et al., 2004; NHBPEP, 2004). Eine vollautomatische Messung ist bei Belastung mit Fehlern verbunden (DGSP, 2002).

Der Gelegenheitsblutdruck wurde dreimal (Hager et al., 2013) im Abstand von zwei Minuten bestimmt. In die statistische Auswertung ging der niedrigste Wert aller drei Messungen ein. Die Blutdruckmessung in Ruhe verlief unter definierten Bedingungen innerhalb eines standardisierten Messvorgangs nach den Leitlinien der Deutschen Hochdruckliga e.V. DHL (2005) sowie der Deutschen Gesellschaft für Pädiatrische

Kardiologie (Hager et al., 2013), d. h. in ruhiger Umgebung, im Sitzen und möglichst stressfrei (vgl. Kapitel 4.4). Insgesamt fand nach einer fünfminütigen Ruhephase im Sitzen eine dreimalige auskultatorische Messung des Gelegenheitsblutdrucks im Abstand von zwei Minuten statt. Bei allen Messungen erfolgte die Bestimmung des Blutdrucks grundsätzlich am rechten Oberarm. Ausnahmen, wie Verletzungen oder Hindernisse durch Gipsverbände, traten nicht auf. Die Lagerung des rechten Armes während der Messung war standardisiert; das leicht gebeugte Ellenbogengelenk war in Herzhöhe zu lagern, der Oberarm war unbekleidet. Je nach Oberarmumfang des Probanden kamen zwei unterschiedliche Manschettengrößen zum Einsatz: Die kleinere Manschette (9x18 cm) war bei einem Umfang von weniger als 24 cm indiziert. In jedem Fall musste die Blutdruckmanschette wenigstens $\frac{2}{3}$ der Oberarmlänge umschließen. Die Manschette wurde zunächst faltenfrei sowie luftleer angelegt und bei Erstmessung auf ca. 30 mmHg über dem palpatorischen Verschwinden des Radialispulses aufgepumpt. Während der Auskultation der Korotkoff-Geräusche wurde das Stethoskop ohne starken Druck und Kontakt mit der Manschette aufgesetzt und mit einer Druckablassgeschwindigkeit von 2-3 mmHg/s der systolische und diastolische Blutdruck auf 2 mmHg genau bestimmt. Das leise Auftreten (Phase I) bzw. vollständige Verschwinden (Phase V) der Korotkoff-Töne markierte den Wert des systolischen bzw. diastolischen Blutdrucks (NHBPEP, 2004).

Der diastolische Blutdruck wurde sowohl in Ruhe als auch unter Belastung mit dem Verschwinden der Töne gleichgesetzt (Phase V nach Korotkoff). Zum einen sollten hierdurch auftretende Präferenzprobleme der Versuchsleiterin umgangen und insofern möglichst reliable und valide Ergebnisse erzielt werden (Butani & Morgenstern, 2003). Zum anderen unterschieden sich Ruhe- und Belastungsblutdruckwerte so nicht in ihren auskultatorischen Kriterien, was für die spätere Statistik bedeutsam ist. Da die Erfassung des diastolischen Blutdrucks bei Kindern und Jugendlichen in Ruhe aber insbesondere bei Ergometrie problematisch ist (Mancia et al., 2007, 2013; Hebestreit et al., 1997; Löllgen et al., 2010; Hebestreit, 2010), spielen die diastolischen Werte in der Ergebnisdarstellung ohnehin eine untergeordnete Rolle.

Der Gelegenheitsblutdruck ist ausschließlich am Vormittag und folglich unter stets ähnlichen Bedingungen in Bezug auf tageszeitliche Blutdruckschwankungen erfasst worden.

Zur Interpretation der Messwerte wurden die KiGGS-Referenzperzentilen für den Blutdruck von Kindern und Jugendlichen verwendet (Neuhauser et al., 2011). Normale Blutdruckwerte entsprechen hierbei Messwerten unterhalb der 90. Perzentile. Ein Blutdruck $\geq 90.$ alters-, geschlechts- und größenabhängigen Perzentile wurde als „hoch normal“ eingestuft. Eine Hypertonie war als Persistenz der Ruhewerte $\geq 95.$ Perzentile definiert (NHBPEP, 2004; Lurbe et al., 2009).

7.4.3 Herzfrequenzmessung

Die Ermittlung der Herzfrequenz pro Minute erfolgte sitzend zwischen der zweiten und dritten Messung des Gelegenheitsblutdrucks (DHL, 2005). Hierzu ist der Puls über 15 Sekunden im Bereich der Arteria radialis palpiert und mit dem Faktor vier multipliziert worden. Während der Belastung wurden die Herzfrequenzen unter Verwendung eines Brustgurts und einer Pulsuhr des Modells X30 von Polar registriert.

7.4.4 Ergometrie

Es erfolgte eine standardisierte ergometrische Untersuchung zur Überprüfung des Blutdruckverhaltens bei Belastung und Beurteilung der Ausdauerleistungsfähigkeit. Das ergometrische Testverfahren fand unter strenger Berücksichtigung der für Kinder und Jugendliche geltenden Kontraindikationen zur Ergometrie bzw. ständiger Kontrolle der Abbruchkriterien statt (Hebestreit et al., 1997; Paridon et al., 2006) (vgl. Kapitel 4.5.1).

Die Untersuchung wurde mit einem elektrisch gebremsten, drehzahlunabhängigen Fahrradergometer der Firma Siemens, Modell Ergomed 840 EMOTION FITNESS, durchgeführt. Der Sattel war in horizontaler und vertikaler Richtung verstellbar. Der Abstand zu Fußkurbel und Lenker konnte somit individuell an die Größe der Versuchsperson angepasst werden. Dabei sollte das Kniegelenk am tiefsten Pedalpunkt nicht ganz durchgestreckt, in der obersten Pedalposition nicht mehr als 90° gebeugt und der Lenker mit leicht vorgebeugtem Oberkörper bequem zu erreichen sein. Die Pedale ermöglichte durch eine Haltevorrichtung mit Riemen eine sichere Fixierung des Fußes, um eine Störung der Untersuchung durch Abrutschen vom Pedal zu vermeiden (Hebestreit et al., 1997).

Die Blutdruckmessung fand im Rahmen eines stufenförmigen submaximalen Belastungstests zur Bestimmung der Physical Working Capacity 170 (PWC170) als Maß für die körperliche (Ausdauer-) Leistungsfähigkeit statt. Aus leistungsphysiologischer Sicht stellt eine Ausbelastung sicherlich das bessere Verfahren dar; gegen die Durchführung von maximalen Belastungen spricht jedoch die klinische Praxis und Abhängigkeit von der Motivation des Probanden (Franz, 1993, 1996; Meyer, 2007). Überdies erfolgte der Belastungstest ohne Anwesenheit ärztlichen Personals, weshalb es eine Gefährdung des Probanden zu vermeiden galt (Lawrenz & Hebestreit, 2002). Nach einer sitzenden Ruhephase von mindestens fünf Minuten erfolgte die Ergometrie im Sitzen entlang eines standardisierten Untersuchungsprogramms mit gewichtsbezogenen Belastungen. Ausgehend von einer errechneten Anfangslast von 1 Watt/kg Körpergewicht wurde die Belastung nach jeweils drei Minuten um weitere 0,5 Watt/kg Körpergewicht gesteigert (Löllgen, 2005, Hebestreit et al., 1997). Da sich die Leistungsfähigkeit nicht proportional zum Körpergewicht verhält und damit übergewichtige bzw. adipöse Probanden in Relation zu ihrer Muskelmasse höher belastet würden (Lawrenz & Hebestreit, 2002; Kindermann, 1987), wurde bei Übergewichtigen (BMI \geq 90. Perzentile) eine relative Belastbarkeit ihrem geschlechts- und altersabhängigen Normalgewicht entsprechend an der 50. Perzentile gewählt (Briedigkeit, 1981; Lawrenz & Hebestreit, 2002; Kromeyer-Hauschild et al., 2001). Das individuelle Testschema ist vor Testbeginn manuell eingegeben und programmiert worden.

Für den submaximalen Belastungsbereich wurde eine Drehzahl von 70 U/min gewählt (Löllgen, 2005). Die aktuelle Watt- und Drehzahl konnte auf einer analogen Anzeige abgelesen werden.

Die Blutdruckmessung erfolgte in sitzender Position am rechten Arm und alle drei Minuten in den letzten 20 Sekunden einer jeden Belastungsstufe. Die Herzfrequenz wurde kontinuierlich bzw. in den letzten zehn Sekunden einer jeden Belastungsminute abgelesen (Löllgen, 2005; DGSP, 2002). Der Belastungsblutdruck entspricht dabei dem Blutdruck am Ende der zweiten Belastungsstufe, d. h. dem Blutdruck bei 1,5 Watt/kg Körpergewicht. In Anlehnung an die Durchführungskriterien bei Erwachsenen (Franz, 1993, 1996) kommt dieser Wert in etwa dem submaximalen Intensitätsbereich gleich. Zudem wird der Blutdruck oberhalb einer Belastung von 1 Watt/kg Körpergewicht durch den Einfluss psychischer Komponenten nicht mehr

wesentlich verändert (Mocellin & Rutenfranz, 1970). Während der Blutdruckmessung war der Arm in entspannter, leicht gebeugter Haltung und auf Herzhöhe auf dem Lenker zu lagern. Das Blutdruckverhalten in der Erholungsphase wurde in dieser Untersuchung nicht beobachtet.

Zur Ermittlung der (aeroben) körperlichen Leistungsfähigkeit wurde die Leistung bei einer Herzfrequenz von 170 Schlägen pro Minute herangezogen (PWC170) (Nowacki & Schäfer, 1984). Die Belastung (in Watt) ist dabei stufenweise bis zur Zielherzfrequenz von 170 Schlägen pro Minute gesteigert worden. Abgebrochen wurde der Test nach Erreichen bzw. Überschreiten der Zielherzfrequenz am Ende einer dreiminütigen Belastungsstufe. Anschließend fuhr der Proband für zwei Minuten mit geringem Widerstand (ca. 20 Watt) weiter. Die Berechnung der PWC170 erfolgt aus der Bestimmung der Herzfrequenz und der korrespondierenden Leistung in Watt während der vorletzten und letzten Belastungsstufe mittels Interpolation nach folgender Formel (Hollmann, Strüder, Predel & Tagarakis, 2006):

$$PWC170 = P_1 + (P_2 - P_1) \times (170 - HF_1) / (HF_2 - HF_1)$$

P = Leistung der vorletzten (P_1) und letzten (P_2) Belastungsstufe in Watt

HF = Herzfrequenz am Ende der dreiminütigen Belastung auf der vorletzten (HF_1) und letzten (HF_2) Belastungsstufe

Die Beurteilung der Leistungsfähigkeit erfolgt relativ, d. h. abhängig vom Körpergewicht, da nur die relative Leistung einen Vergleich zwischen Personen ermöglicht. Aus der Beziehung zwischen Herzfrequenz und erreichter Wattleistung lässt sich die relative Ausdauerleistung in Watt/kg Körpergewicht errechnen.

Zur Einschätzung des Fitnessniveaus wurde die Physical Working Capacity 170, gemessen als Watt/kg Körpergewicht, in vier geschlechtsabhängige Fitnesskategorien eingeteilt (modifiziert nach Gassel, 2010). Als Normwert für die PWC170 wurde für die männlichen Teilnehmer nach Klemm (1988) eine relative Leistung von 2,5 Watt/kg Körpergewicht herangezogen. Der Wert für die Mädchen lag mit 2,0 Watt/kg Körpergewicht etwas niedriger. Die submaximalen Normwerte sind altersunabhängig, differenzieren sich jedoch in Abhängigkeit der Körperzusammensetzung. Unterschiede im Geschlecht sind auf dem bei Mädchen im Verhältnis zu den Jungen relativ höheren Fettanteil zurückzuführen, der sich schon vor der Pubertät zeigt. Mit

dem Eintritt der Geschlechtsreife kommt der Normwert infolge eines zunehmendem Fettanteils dem Wert einer erwachsenen Frau gleich (Rost, 1988) (Tabelle 3).

Tabelle 3. Bewertungsnormen (PWC170) und Zuordnung zu einer Leistungskategorie (modifiziert nach Gassel, 2010, S.33), KG=Körpergewicht.

		Fitnesslevel			
		„sehr gering“	„gering“	„Norm“	„gut“
relative Leistungsfähigkeit (Watt/kg KG)	männlich	< 2,0	2,0-2,4	2,5-2,9	≥ 3,0
	weiblich	< 1,6	1,6-1,9	2,0-2,4	≥ 2,5

Die Validität der Leistungsbeurteilung bei submaximaler Belastung anhand der PWC170 ist aufgrund der großen interindividuellen Schwankungsbreite der Herzfrequenz während Belastung zwar limitiert, aber angesichts der Möglichkeit umfangreicher Messungen ein geeignetes Maß zur Beurteilung der aeroben Leistungsfähigkeit (Hollmann et al., 2006; Lee et al., 2010; Nowacki & Schäfer, 1984). Gegenüber anderen Testverfahren verfügen ergometrische Untersuchungen außerdem über eine bessere Standardisierung und ermöglichen die Ermittlung weiterer gesundheitsbezogener Parameter wie den Blutdruck. Faude, Nowacki und Urhausen (2004) fanden bei Probanden der 6. Klasse signifikante Zusammenhänge mit anderen validierten Testverfahren, wie den 20m-shuttle-run-Test und 6-Minuten-Lauf. Bei Rowland, Rambusch, Staab, Unnithan und Siconolfi (1993) ergaben sich Korrelationskoeffizienten zwischen $r=0,48$ und $r=0,71$ für den Zusammenhang mit der VO_{2max} . Boreham, Paliczka und Nichols (1990) berichten von hohen Korrelationen mit der VO_{2max} von $r=0,84$ bzw. $r=0,87$.

7.4.5 Bestimmung der körperlichen Aktivität

Zur Beurteilung der körperlich-sportlichen Aktivität der Probanden kam der im Rahmen des Motorik-Moduls der KiGGS-Studie herangezogene „MoMo-Aktivitätsfragebogen“ für Kinder und Jugendliche zur Anwendung (Bös et al., 2004). Angesichts des vorliegenden Stichprobenumfangs stellt die Erfassung durch einen Fragebogen einen

gelungenen Kompromiss zwischen Anwendbarkeit und Validität dar. Der „MoMo-AFB“ wurde der Fragestellung der Studie entsprechend modifiziert und umfasst 24 Items, die verschiedene (Sub-)Indizes bilden (Anhang). Im Fragebogen wurden neben offenen und geschlossenen Fragen überwiegend verbale (unipolare) Ratingskalen mit diskreten Abstufungen (Häufigkeiten) verwendet.

Mit der Skala zur allgemeinen körperlich-sportlichen Aktivität soll das Erreichen bzw. Verfehlen der aktuell geltenden Aktivitätsempfehlungen für Kinder und Jugendliche abgebildet werden. Der von Prochaska, Sallis und Long (2001) validierte sogenannte MVPA-Index (Moderate-to-Vigorous Physical Activity) wird mit Hilfe zweier Einzelitems als allgemeine Abfrage der körperlichen Aktivität erfasst. Die Angaben beziehen sich dabei auf die Aktivität innerhalb einer normalen und der gerade zurückliegenden Woche. Das verbale Antwortformat umfasste die Stufen „0 Tage“ bis „7 Tage“. Der Durchschnittswert beider Antworten gibt Auskunft über das Erreichen der Empfehlung, wobei ein Wert von 5 oder mehr Tagen als erfüllt gilt (Roberts, Tynjälä & Komkov, 2004). Die Retestvariabilität erwies sich mit $r=0,77$ als hoch. In der Validierung des MVPA-Index zeigte sich zudem ein signifikanter Zusammenhang von $r=0,40$ mit einer Vergleichsmessung mittels Akzelerometer und war damit vergleichbar mit anderen Frageinstrumenten. Knapp zwei Drittel der Befragten konnten unter Anwendung des MVPA-Index korrekt in Einklang mit den Daten der Akzelerometermessung eingeordnet werden (Prochaska et al., 2001). In Anlehnung an die KiGGS-Studie gilt als regelmäßig aktiv, wer mindestens einmal pro Woche für 60 Minuten am Tag körperlich-sportlich aktiv ist (Lampert et al., 2007).

Weiterhin wird im „MoMo-AFB“ nach der körperlichen Alltagsaktivität gefragt (4 Items). Auf die in der Originalfassung gestellte Frage nach der Gartenarbeit wurde für die vorliegenden Zwecke verzichtet und stattdessen nach der täglichen Bildschirmzeit gefragt. Der Index für die sportliche Aktivität wird in dieser Untersuchung mit Hilfe von 18 Items statt der ursprünglich 19 Items erfasst. Dieser Index besteht aus den Sub-Indizes für Schulsportaktivität (6 Items), vereinsgebundenen Sport (6 Items) und sportliche Aktivität in der Freizeit (6 Items). Die Frage nach der Teilnahme an Wettkämpfen (Sub-Index Vereinssport) war für die Fragestellung dieser Untersuchung nicht von Belang.

Die Maße für die körperliche Aktivität werden für jeden Index bzw. Sub-Index unterschiedlich quantifiziert. Der Index zur Ermittlung der Alltagsaktivität fragt nach

dem Schulweg, der Aktivität im Freien und den Wegstrecken, die zu Fuß zurückgelegt wurden, sowie nach der durchschnittlichen täglichen Bildschirmzeit (in Minuten). Dabei wird nicht zwischen Computer und Fernseher oder Wochentag differenziert. Für die Schulsportaktivität wird nach der Anzahl der wöchentlichen Sport- und AG-Stunden in der Schule und dem damit verbundenen Anstrengungsempfinden gefragt. Die Freizeit- und Vereinssportaktivität der Teilnehmer wurde jeweils hinsichtlich der ausgeübten Sportart, ihrer Häufigkeit und Dauer pro Woche, ihrer Intensität sowie Ausführung bezogen auf die Anzahl der Monate pro Jahr ermittelt. Die Erfassung erfolgte für jede Sportart separat. Auf dieser Basis wird für die statistische Analyse dieser Untersuchung schließlich eine in Minuten angezeigte monatliche bzw. wöchentliche sportliche Aktivität im und außerhalb des Vereins errechnet, die addiert mit der schulischen Aktivität den Index für die Gesamtaktivität bildet. Die Sub-Indizes Schul-, Freizeit- und Vereinssportaktivitäten werden nach folgenden Formeln in Minuten berechnet und zusätzlich als Gesamtaktivitätsindex angegeben:

Schulsportindex:

$$(X_1 \times 30 \text{ Minuten}) + (X_2 \times 30 \text{ Minuten}) = X_3$$

X₁: Anzahl Unterrichtsstunden Sport pro Woche (a'45 Minuten)

X₂: Anzahl Unterrichtsstunden AG pro Woche (a'45 Minuten)

X₃: Schulsportaktivität pro Woche in Minuten

Freizeitsportindex:

$$Y_1 \times 4 \times Y_2 / 12 = Y_3$$

Y₁: gesamte Dauer der Aktivität für die jeweilige Sportart pro Woche

Y₂: Anzahl der Monate, in der die Sportart ausgeführt wird

Y₃: Freizeitsportaktivität pro Monat (berechnet über ein Jahr) in Minuten

Vereinssportindex:

$$Z_1 \times 4 \times Z_2 / 12 = Z_3$$

Z₁: gesamte Trainingsdauer der Sportart pro Woche

Z₂: Anzahl der Monate, in der die Sportart ausgeführt wird

Z₃: Vereinssportaktivität pro Monat (berechnet über ein Jahr) in Minuten

Gesamtaktivitätsindex:

$$(X_3 \times 4) + Y_3 + Z_3 / 4 = XYZ$$

X₃: Schulsportaktivität pro Woche in Minuten

Y₃: Freizeitsportaktivität pro Monat (berechnet über ein Jahr) in Minuten

Z₃: Vereinssportaktivität pro Monat (berechnet über ein Jahr) in Minuten

XYZ: Gesamtaktivität pro Woche in Minuten

Der „MoMo-AFB“ wurde von Bös et al. (2009) auf Reliabilität und Validität überprüft. Die Retest-Reliabilität des Fragebogens erbrachte anhand der Daten von 39 Kindern der 6. Klasse und 25 Kindern der 11. Klasse mit $r=0,83$ ein gutes Ergebnis. In einer Validierungsstudie mit 19 Kindern der 7. Klasse kam dieselbe Forschungsgruppe hinsichtlich der Sub-Indizes Vereins- und Freizeitsport zu mittleren bis hohen Zusammenhängen mit den verglichenen Akzelerometerdaten ($r=0,56$ bzw. $r=0,66$). Allerdings liegen den Fragebogenangaben und Aktivitätsmessungen unterschiedliche Beobachtungszeiträume zugrunde, sodass die Qualität der Messung nur eingeschränkt beurteilt werden kann. In einer Validierungsstudie von Kahlert und Brand (2011) mit $n=73$ 15- bis 18-Jährigen erwies sich lediglich der MVPA-Index als statistisch signifikant mit objektiven Akzelerometerdaten korreliert ($r=0,28$). Für alle übrigen Subskalen ließen sich keine hinreichenden Zusammenhänge feststellen; den Autoren zufolge lässt sich dies überwiegend auf selbstüberschätzende Angaben zurückführen. Die Ergebnisse der KiGGS-Studie zum Aktivitätsverhalten deutscher Kinder und Jugendlicher dürften unter diesem Aspekt noch ungünstiger ausfallen.

7.4.6 Konsum von Tabak und Alkohol

Das Rauch- und Trinkverhalten der Probanden wurde im Rahmen der Befragung zu den Lebens- und Ernährungsgewohnheiten (Anhang) erhoben. Der Konsum von Alkohol und Nikotin ist hierbei im Anschluss an den Verzehrshäufigkeitsfragebogen mit Hilfe zweier zusätzlicher Items in geschlossener Fragestellung ermittelt worden. Die Probanden sollten anhand einer sechsstufigen verbalen Ratingskala beurteilen, inwieweit die sechs jeweils nachfolgenden Aussagen zu ihrem Alkoholkonsum auf sie zutreffen. Das verbale Antwortformat umfasste die Stufen „nie“, „1x im Monat“, „2-3x im Monat“, „2-3x pro Woche“, „öfter pro Woche“ und „täglich“. Die Frage nach dem Nikotinkonsum konnten die Probanden dagegen lediglich mit „nein“ oder „ja“ beantworten. Ihnen war es außerdem möglich, die tägliche Zahl der gerauchten Zigaretten zu notieren, wobei diese für die Auswertung keine Rolle spielten. Die gleichzeitig erhobenen Verzehrsgewohnheiten blieben für die Forschungsarbeit ebenfalls unberücksichtigt.

7.4.7 Bestimmung der Familiensituation und -anamnese

Die familiären Faktoren wurden durch einen standardisierten Fragebogen mit offenen und geschlossenen Fragen erhoben (Anhang). Er richtete sich an ein Elternteil, der jeweils Angaben über sich und, falls vorhanden, den Partner machen sollte. Die Frage nach dem Alter, Ernährungszustand und den familiären Erkrankungen erforderte die Angabe der Daten der leiblichen Eltern bzw. Großeltern. In allen übrigen Fragen wird nicht explizit nach den leiblichen Eltern gefragt; die Angaben können sich daher auch auf nicht-leibliche Erziehungsberechtigte und ihre/n Lebenspartner/-in beziehen. Die familiären Faktoren dieser Studie werden durch folgende Parameter charakterisiert:

- Alter der leiblichen Eltern
- Ernährungszustand der leiblichen Eltern
- Bildung und Berufsstatus der Eltern/Erziehungsberechtigten
- Tabak- und Alkoholkonsum der Eltern/Erziehungsberechtigten
- familiäre Erkrankungen der leiblichen Eltern und Großeltern
- körperliche und sportliche Aktivität der Eltern/Erziehungsberechtigten

Neben der Angabe des Alters wurden die Eltern nach ihrer Körpergröße und ihrem Körpergewicht gefragt. Der daraus errechnete BMI (kg/m^2) erlaubt nach Klassifizierung in unter-, normal-, übergewichtig und adipös (WHO, 2000) eine Aussage zum Ernährungszustand der Eltern.

Die Kenngröße Bildung ermöglicht Angaben zur sozialen Herkunft der Eltern und diente in dieser Untersuchung zugleich als Indikator des sozialen Status. Der soziale Status wurde hierbei allein durch den elterlichen Schulabschluss bestimmt, welcher sich über eine offene Fragestellung („Welchen Schulabschluss haben Sie?“) ermitteln ließ. Anhand des höchsten Schulabschlusses eines Elternteils wurden unterschiedliche Kategorien des Sozialstatus unterschieden:

- der soziale Hintergrund wurde als „niedrig“ eingestuft, wenn beide Eltern höchstens einen Hauptschulabschluss besaßen oder mindestens ein Elternteil einen Realschulabschluss als höchsten Schulabschluss hatte
- der soziale Hintergrund wurde als „hoch“ eingestuft, wenn mindestens ein Elternteil Fachhochschulreife bzw. allgemeine Hochschulreife besaß

Bei Alleinerziehenden oder fehlenden Angaben des zweiten Elternteils wurde nur der Schulabschluss des erziehenden Elternteils in die Bewertung einbezogen (Danielzik, Czerwinski-Mast, Langnäse, Dilba & Müller, 2004; Langnäse, Mast & Müller, 2002).

Neben dem Schulabschluss wurde nach dem Berufsstatus gefragt. Dabei waren Berufsausbildung („Haben Sie eine abgeschlossene Berufsausbildung?“) und die aktuelle Arbeitssituation („Sind Sie momentan berufstätig“) von Interesse, die jeweils bejaht und verneint werden konnten.

Der elterliche Alkohol- und Nikotinkonsum gab Aufschluss über deren Lebensweise. Wie auch bei den Fragen für ihre Kinder konnte der Genuss von Alkohol dabei anhand einer Skala von sechs möglichen Verzehrhäufigkeiten angegeben werden („nie“, „einmal im Monat“, „2-3x im Monat“, „1-2x pro Woche“, „öfter pro Woche“, „täglich“). Die Frage nach dem Rauchverhalten konnte ebenfalls nur bejaht („ja“) oder verneint („nein“) werden. Die tägliche Zahl der gerauchten Zigaretten wurde außer Acht gelassen. Die Selbstangaben der Eltern zum aktuellen Rauchstatus dienten als Indiz für die Passivrauchbelastung der Versuchsteilnehmer. Diese indirekte Bestimmung der Prävalenz des Passivrauchens findet sich auch bei Simonetti und Kollegen (2011).

Weiterhin ist die familiäre Anamnese im Hinblick auf Fettstoffwechselstörung, Bluthochdruck, Diabetes mellitus, Übergewicht, koronare Herzkrankheit, Herzinfarkt und Schlaganfall bei den leiblichen Eltern und Großeltern erfragt worden. In diesem Zusammenhang sollte beantwortet werden, ob derartige Erkrankungen/Risiken einst durch einen Arzt diagnostiziert wurden. Das Antwortformat sah drei Stufen vor, die mit „ja“, „nein“ und „weiß nicht“ verbalisiert wurden. Auf derartige Selbstangaben zu ärztlich diagnostizierten Erkrankungen wird auch in vielen bevölkerungsbasierten Studien zurückgegriffen (z. B. DGES, BGS98); Okura, Urban, Mahoney, Jacobsen und Rodeheffer (2004) sowie O'Mahony, Dobson, Rodgers, James und Thomson (1995) berichten von einer hohen Validität. Aus anderen Studien geht jedoch hervor, dass die Selbstangaben eher mit einer Unterschätzung verbunden sind (Shear et al., 1985); die Fehlerquote (falsch-positiv) wird mit 20% bis 30% für einen Herzinfarkt, 26% bis 54% für einen Schlaganfall, 19% bis 36% für Diabetes mellitus und 18% bis 24% für Hypertonie angenommen. Die Reliabilität der Nennung eines Schlaganfalls fällt in der Literatur am niedrigsten aus, was möglicherweise darauf hindeutet, dass dieser nicht selten unbemerkt verläuft. Gemeinsam mit der geringen Prävalenz erklärt dies zum

Teil die Schwierigkeit einen elterlichen Schlaganfall als kardiovaskulären Risikofaktor für Kinder darzulegen (Bao et al., 1995)

Die Erhebung des Aktivitätsverhaltens („Wie schätzen Sie Ihre eigene körperliche Aktivität ein?“) umfasste zum einen die subjektive Einschätzung der körperlichen Aktivität anhand einer dreistufigen Skala in „wenig aktiv/inaktiv“, „mittelmäßig aktiv“ und „aktiv“. Zum anderen erfolgte die Erhebung der sportlichen Aktivität („Treiben Sie Sport?“) unter Angabe von „ja“ oder „nein“. Dem Befragten war es hierbei möglich, Aussagen über seine ausgeübte(n) Sportart(en) und den dafür investierten zeitlichen Aufwand in Stunden pro Woche zu treffen.

7.5 Untersuchungsdurchführung

Verschiedene Bildungseinrichtungen im Raum Kiel sind über ein Schreiben per Email zur Teilnahme am Forschungsprojekt gebeten worden. Nach Einwilligung der Schulleitung wurde fortan mit dem Fachbereichsleiter Sport der jeweiligen Schule kommuniziert, der schließlich den Kontakt zu seinen Sportkollegen herstellte und so stellvertretend für die Teilnahme am Projekt warb.

Der endgültige Untersuchungsplan ergab sich stets in Abhängigkeit von Tag und Uhrzeit des Sportunterrichts einer Klasse und berücksichtigte Termine für die Schulferien, Klassenfahrten, Schulpraktika oder Prüfungsphasen.

In Absprache mit den interessierten Lehrkräften fand im Vorfeld der Untersuchungen eine 45-minütige Informationsveranstaltung in der jeweiligen Klasse statt. In dieser Stunde wurde sich zunächst interaktiv über das Herz-Kreislauf-System ausgetauscht und anschließend über Wesen, Intention und Ablauf der Studie informiert. Den Schülerinnen und Schülern ist am Ende der Stunde ein Informationsflyer sowie die Einverständniserklärung für die Eltern inklusive einer Auflistung der erhobenen Daten ausgehändigt worden (Anhang). Vorliegende Erkrankungen des Kindes sollten ebenfalls auf dieser Erklärung notiert werden. Das unterschriebene Formular wurde in der darauffolgenden Woche unmittelbar vor Beginn der Untersuchungen eingeholt.

Die Messungen fanden generell im Schulgebäude bzw. in der angegliederten Turnhalle statt. Der organisatorische Aufwand hielt sich so für alle teilnehmenden Personen in Grenzen. Insofern blieben der Schulalltag der Schülerinnen und Schüler sowie der reguläre Unterrichtsbetrieb nahezu ungestört.

Sämtliche Jugendliche, deren Eltern der Untersuchung zugestimmt hatten, wurden zwischen März 2011 und Oktober 2012 (sport-)medizinisch untersucht und zu ihren Aktivitäts- und Lebensgewohnheiten befragt. Die Datenerhebung wurde im Klassenverband durchgeführt. Alle Testgeräte sind vor Beginn jeder Untersuchung auf Vollständigkeit und Funktion überprüft worden. Das verwendete Fahrradergometer stellte das Institut für Sportwissenschaft der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel zur Verfügung.

Alle Daten unterlagen der Schweigepflicht. Die Frage- und Testerfassungsbögen wurden in numerischer Reihenfolge mit einem Code versehen, um die Anonymität der Teilnehmer zu gewährleisten. Diese Nummer diente für den gesamten Untersuchungszeitraum zugleich als Identifizierungsmerkmal des Probanden.

Die Datenerhebung gliederte sich in zwei Blöcke: Die praktische Durchführung des ersten Untersuchungsblocks fand stets vormittags und unter Mithilfe zweier geschulter Versuchshelfer statt. Dafür standen bestenfalls zwei in unmittelbarer Nähe gelegene Räume in einer Doppelstunde zur Verfügung. Die Räume wurden im Vorwege gemeinsam mit dem Ansprechpartner der Schule ausgewählt. Die gesamte Klasse versammelte sich zunächst in Raum 1, um dort nach kurzer Einweisung durch die Versuchsleiterin den Aktivitäts- und Schülerfragebogen auszufüllen. Zur selben Zeit wurden die Probanden der zugewiesenen Nummer entsprechend vom Versuchshelfer aufgerufen: Nach Angabe von Alter und Geschlecht sowie der Bestimmung der Körpergröße ging jeder Proband mit dem ihm zugewiesenen Testerfassungsbogen in Raum 2, in dem sich die Versuchsleiterin mit einem zweiten Helfer aufhielt. Die Messung von Körpergewicht, Taillenumfang, Ruheblutdruck und -herzfrequenz erfolgte dort zum Schutz der Privatsphäre unter größtmöglichem Ausschluss der übrigen Probanden. Zusätzlich funktionierte dieser Ort als Ruheraum, um eine fehlerfreie Blutdruckmessung sicherzustellen. Insgesamt befanden sich bis zu drei Probanden im Raum 2, sodass sowohl ein flüssiger Ablauf als auch ausreichend Ruhezeit garantiert waren. Ruheblutdruck und Puls wurden im Anschluss an die Messung von Körpergewicht und Bauchumfang nach einer fünfminütigen sitzenden Ruhezeit dreimal im Abstand von zwei Minuten gemessen. Zwischen der zweiten und dritten Blutdruckmessung ist der Ruhepuls palpiert worden. Nachdem alle Daten dokumentiert waren, erhielt jeder Proband den Elternfragebogen mit der Bitte um schnellstmögliche Rückgabe.

In der nächsten Sportstunde fanden schließlich die Belastungsuntersuchungen zur Überprüfung des Blutdrucks und der körperlichen (Ausdauer-) Leistungsfähigkeit statt (zweiter Untersuchungsblock). Die Ergometrie erfolgte grundsätzlich parallel zum regulären Sportunterricht und in Zusammenarbeit mit einem Versuchshelfer. Hierfür wurde ein separater Raum in der Sporthalle genutzt, in dem auch das Fahrradergometer für den gesamten Untersuchungszeitraum platziert wurde. Vor der Unterrichtsstunde fanden sich drei Versuchsteilnehmer zur Untersuchung zusammen; die übrigen Probanden nahmen am regulären Unterrichtsgeschehen teil. Vorangegangene physische Belastungen, die sich auf das Testergebnis auswirken, konnten so weitgehend ausgeschlossen werden. Auch reibungslose Übergänge ohne wesentliche Zeitverluste waren auf diese Weise gewährleistet. Vor Testbeginn ist das gesundheitliche Befinden eines jeden Probanden erfragt worden. Im Zweifel wurde zur Teilnahme an einem anderen Untersuchungstag geraten. Nach Anlegung des Brustgurts und der Empfangskontrolle des Signals an der Pulsuhr ist das individuelle Belastungsschema manuell eingegeben und programmiert worden. Jeder Proband erhielt eine genaue Einweisung in den Ablauf des Testverfahrens mit dem Hinweis, stets die Umdrehungszahl zu beachten. Die Versuchsleiterin wies außerdem darauf hin, während der Testdurchführung sitzen zu bleiben und die Hände am Fahrradlenker zu belassen. Die fahrradergometrische Untersuchung sollte grundsätzlich mit Sportschuhen durchgeführt werden. Während der Untersuchung waren Gespräche zu unterbinden.

Die Testung fand unter Kontrolle des physischen Zustands des Probanden und Berücksichtigung der Abbruchkriterien statt (vgl. Kapitel 4.5.1). Die Erfassung der Blutdruckwerte war ausschließlich Aufgabe der Versuchsleiterin, während der Versuchshelfer stets die Herzfrequenz des Probanden kontrollierte und das Testprotokoll führte. Der Absolvierung jedes Tests folgten schließlich das Ablegen des Brustgurts und die Desinfektion der Geräte.

Über besonders auffällige Blutdruckwerte wurde jeder Proband in einem vertraulichen kurzen Gespräch in Kenntnis gesetzt. Dieses fand einzig mit der Versuchsleiterin im Anschluss an den Test statt. Zudem wurde um die Mitteilung der Eltern gebeten mit dem speziellen Hinweis, in die später ausgewerteten Untersuchungsergebnisse Einsicht zu nehmen.

Im Rahmen der Belastungsuntersuchungen konnten ebenfalls Rückfragen zu den ausgefüllten Fragebögen gestellt werden, die sich aufgrund von Unklarheiten oder Unvollständigkeit ergaben. Außerdem hatte jeder Proband die Gelegenheit, den ausgefüllten Elternfragebogen abzugeben. Die Mitteilung der Untersuchungsergebnisse an die Eltern setzte den ausgefüllten Fragebogen voraus.

7.6 Statistische Analyse

Die statistische Berechnung des Datenmaterials geschah mit der Statistik-Software SPSS Version 16.0. Das statistische Testverfahren beinhaltete eine deskriptive und inferenzstatistische Darstellung der empirischen Untersuchungsergebnisse. Die deskriptive Beschreibung der Stichprobe erfolgte bei intervallskalierten Variablen anhand der arithmetischen Mittelwerte (M) \pm 1 Standardabweichung (SD) sowie unter Angabe von Minimum (min) und Maximum (max). Absolute und relative Häufigkeitsverteilungen wurden bei nominal- und ordinalverteilten Daten verwendet.

Die Grenzwerte für den Belastungsblutdruck wurden altersgruppenabhängig für 12- bis 13-Jährige, 14- bis 15-Jährige und 16- bis 17-Jährige erstellt. Auf diese Weise lagen den ermittelten Stichprobenperzentilen größere Kollektive zugrunde, als es für jede einzelne Altersstufe der Fall war. Die statistische Konzipierung der Blutdruckgrenzwerte bei Belastung erfolgte schrittweise, indem zunächst die Ruheblutdruckwerte an der 90. und 95. Referenzperzentile der KiGGS-Studie (Neuhauser et al., 2011) ermittelt wurden. Durch Einordnung der eigenen Ruhewerte in die auf Alter, Geschlecht und Größe basierenden KiGGS-Referenzperzentilen ergaben sich die entsprechenden Blutdruckperzentilen für den vorliegenden Datensatz. Anschließend wurden die ermittelten Perzentilen für den Ruheblutdruck der Verteilung für den Belastungsblutdruck zugrunde gelegt. Durch diesen Schritt konnten schließlich alters- und geschlechtsabhängige Grenzwerte für den Belastungsblutdruck bestimmt werden. Für die Grenzwertbildung wurden die Messwerte demnach entsprechend den empfohlenen KiGGS-Referenzperzentilen mit Hilfe jener Perzentilen bestimmt, die aus der Verteilung der Blutdruckwerte des eigenen Datensatzes resultierten. Eine nach diesem Verfahren vorgenommene Bildung von Grenzwerten erwies sich bereits in einer früheren Studie an Erwachsenen als geeignet und brachte aussagekräftige Ergebnisse hervor (Weisser, Mengden, Düsing, H. Vetter, & W. Vetter, 2000). Die in dieser Studie gewonnenen Normwerte für die

Blutdruckselbstmessung korrespondierten mit den international geltenden Blutdrucknormwerten für Erwachsene ($\geq 140/90$ mmHg). In der vorliegenden Forschungsarbeit werden für den Belastungsblutdruck somit anders als bei Erwachsenen nicht etwa willkürlich Blutdruckmittelwerte inklusive Standardabweichung herangezogen (Franz, 1982), sondern ebenfalls aktuell empfohlene Referenzwerte zugrunde gelegt.

Für die inferenzstatistische Auswertung wurde zunächst überprüft, ob die erhobenen Daten einer Normalverteilung entsprachen (Histogramme, Kolmogorov-Smirnov-Test). Allerdings ist angesichts der Größe der Stichprobe die Voraussetzung für die Wirksamkeit des zentralen Grenzwerttheorems ($n > 30$) gewährleistet, weshalb von einer annähernden Normalverteilung der Messwerte ausgegangen werden kann (Everitt, 1996; Stevens, 1999; Bortz, 1999, 2005; Bortz & Döring, 2006; Bortz & Schuster, 2010).

Geschlechtsspezifische Mittelwertunterschiede wurden mit Hilfe des Student's t-Test für unabhängige Stichproben auf Signifikanz getestet. Zur Bestimmung der praktischen Bedeutsamkeit eines signifikanten Ergebnisses diente die Ex-Post-Berechnung der Effektgröße. Die Effektgröße ist mithilfe der Konventionen von Cohen (1988) wie folgt zu interpretieren: $d=0,2$ (kleine Effektgröße), $d=0,5$ (mittlere Effektgröße), $d=0,8$ (große Effektgröße).

Als Parallellform zum t-Test kam der Mann-Whitney-U-Test bei abhängigen Variablen auf Ordinalskalenniveau zur Anwendung (z. B. Alkoholkonsum), um statistisch bedeutsame Unterschiede in den mittleren Rangplätzen einer dichotomen Gruppenvariable zu untersuchen.

Im Falle von Häufigkeitsverteilungen zweier nominaler (dichotomer) Variablen erfolgte die Untersuchung auf Unterschiede mit dem Chi-Quadrat-Unabhängigkeitstest.

Angesichts der reifungsbedingten Veränderung des Blutdrucks wurden in den univariaten Varianzanalysen die mittleren Blutdruckunterschiede zwischen einzelnen Untersuchungsgruppen erfasst und der Effekt auf den Blutdruck zusätzlich durch die Berücksichtigung von personengebundenen Kontrollvariablen adjustiert (ANCOVA). Als Kovariaten gingen stets Alter, Geschlecht und Größe sowie BMI-Perzentile und Fitness ein; je nach Fragestellung wurden die Ergebnisse für weitere relevante Faktoren bereinigt. Da die Resultate mit der Anzahl adjustierter Kovariaten jedoch deutlich komplexer werden und sich damit schwieriger interpretieren lassen, wurden

diese nur in seltenen Fällen der Korrektur für weitere Kovariaten unterzogen. Ungeachtet dessen, hatte bzw. hätte diese Adjustierung nicht selten eine geringere Stichprobengröße zur Folge.

Zur Prüfung auf Varianzhomogenität diente der Levene-Test. Bei mehrfachgestuften Faktoren (z. B. Fitnesslevel) wurden die paarweisen Vergleiche mittels Bonferroni-Korrektur auf Signifikanz getestet. Als Kennwert für die Effektgröße wurde das partielle Eta-Quadrat (η^2) angegeben. η^2 dient als deskriptives Maß für die Varianzaufklärung der abhängigen Variable (hier zum Teil unter Kontrolle des Einflusses aller anderen Faktoren in der Gesamtvariabilität); nach Cohen (1988) liegt bei $\eta^2=0,01$ ein kleiner Effekt, bei $\eta^2=0,06$ ein mittlerer Effekt und bei $\eta^2=0,14$ ein großer Effekt vor.

Im Zuge der Mittelwertvergleiche ließen sich ungleiche Stichprobenumfänge nicht vermeiden. Gleich große Stichprobenumfänge sind für den t-Test bei unabhängigen Stichproben jedoch weder notwendige Bedingung noch wird dadurch die Präzision des Tests beeinträchtigt, solange die Varianzen gleich sind. Ähnlich verhält es sich mit der Varianzanalyse, deren Gültigkeit nur unerheblich bei ungleich großen Stichproben gefährdet ist, solange homogene Varianzen vorliegen. Insgesamt erweisen sich die hier angewandten statistischen Verfahren zur Überprüfung von Gruppenunterschieden gegenüber Verzerrungen robust. Sind weder die Varianzen noch die Stichprobenumfänge gleich oder sehr klein ($n < 10$), ist mit Fehlentscheidungen je nach Größe der Umfänge und deren Varianz zu rechnen (Bortz & Schuster, 2010). Das Ziehen von Zufallsstichproben reduziert zwar die Wahrscheinlichkeit für Fehlentscheidungen, aber geht auch mit einer erheblichen Menge unberücksichtigter Daten einher. In der forschungsrelevanten Literatur ist dieses Verfahren zudem unüblich. In den statistischen Analysen wurden zum Teil stark abweichende Stichprobenumfänge deutlich; für die einzelnen durchgeführten Mittelwertvergleiche war die Voraussetzung für Varianzhomogenität jedoch gegeben. Zufallsstichproben wurden in dieser Untersuchung daher nicht gezogen.

Für die bivariaten Zusammenhangsanalysen zwischen normalverteilten, intervallskalierten Variablen wurde die Produkt-Moment-Korrelation nach Pearson herangezogen. Die Beschreibung erfolgte über den Pearson'schen Korrelationskoeffizienten r_{xy} . Rangkorrelationen nach Spearman wurden bei Vorliegen mindestens einer ordinalskalierten Variable, punkt-biserale Korrelationen bei der Untersuchung von Zusammenhängen zwischen einer dichotomen und

intervallskalierten Variable sowie Vier-Felder-Korrelationen (Phi-Koeffizient) zwischen zwei dichotomen Variablen ermittelt. Das Berechnen von Partialkorrelationen höherer Ordnung ($r_{xy.z}$) diente dem statistischen Bereinigen bivariater Zusammenhänge mit dem Ruhe- und Belastungsblutdruck, um Mediationseffekte bzw. Scheinkorrelationen durch Herauspartialisieren von Alter, Geschlecht (Dummy-Variable) und Größe aufzudecken. Als ein kleiner Effekt gilt $r=0,10$, eine Korrelation von $r=0,30$ gilt als mittelgroßer Effekt und $r=0,50$ als großer Effekt (Cohen, 1988).

Da der arterielle Blutdruck einen multifaktoriellen Parameter bezeichnet, ist dessen Höhe von mehreren Einflussvariablen abhängig, die gemeinsam und in Interaktion als Bedingungsgefüge auf den Blutdruck wirken. Deshalb wurden multiple Korrelationen anhand einer multiplen linearen Regressionsanalyse berechnet, die die Untersuchung von Zusammenhängen zwischen mehreren (Prädiktor-) Variablen und dem Ruhe- bzw. Belastungsblutdruck vorsieht.

Die Auswahl der Prädiktoren erfolgte stets theoriegeleitet entsprechend der auf das kindliche Blutdruckniveau relevanten Einflussfaktoren. Eine Interkorrelationsmatrix gibt Aufschluss über die bivariaten Zusammenhänge aller Variablen untereinander (Tabelle 70). Für die Auswahl der unabhängigen Variablen wurden sowohl stetige als auch diskrete (binäre) Variablen (Dummy-Variablen) berücksichtigt.

Der gemeinsame Einfluss der Prädiktoren hinsichtlich der Varianzaufklärung des Blutdrucks wurde separat für den systolischen Blutdruck in Ruhe und unter Belastung in drei Modellrechnungen analysiert. Aufgrund der Abhängigkeit des Blutdrucks vom Lebensalter, Geschlecht und der Körpergröße werden diese Prädiktoren in jedes Modell aufgenommen. Für das erste Modell (Modell 1a und 1b) werden der Regression zwei Variablenblöcke zugrunde gelegt und ihr Einfluss auf die Varianz des Blutdrucks geprüft:

Lebensstilfaktoren: Alter, Geschlecht, Größe, BMI-Perzentile, relative Fitness (Watt pro/kg Körpergewicht), Bildschirmzeit (Stunden pro Tag)

Familiäre Faktoren: Elterliches Rauchen (nein/ja), Familiäre Hypertonie (nein/ja), Elterliches Übergewicht (nein/ja), Sozialstatus (niedrig/hoch), Elterlicher Aktivitätsstatus (inaktiv/aktiv).

Inwieweit sich Ruhe- und Belastungsblutdruck durch den kombinierten Einfluss aller Regressoren erklären und vorhersagen lassen, ließ sich in einem zweiten Modell durch

den Einschluss aller Variablen überprüfen (Modell 2). In diesem Zusammenhang wurde außerdem dargelegt, wie sich die Varianzaufklärung durch Einschluss inhaltsähnlicher Blöcke in die Regressionsgleichung verändert. Durch blockweisen Einschluss von Alter, Geschlecht und Größe (Block 1), der lebensstilabhängigen (Block 2) sowie familiären Prädiktoren (Block 3) in das Regressionsmodell wurde betrachtet, wie viel zusätzliche Varianz ein neuer Block im Blutdruck aufklärte. In einem dritten Modell wurde die Berücksichtigung der Variablen Alter, Geschlecht und Größe durch einen blockweisen Einschluss erzwungen und anschließend schrittweise geprüft, welcher Prädiktor den nachweislich größten Anteil an der Erklärung des Blutdrucks leistet (Modell 3). Hierbei werden durch schrittweises Hinzufügen und Entfernen von unabhängigen Variablen nur diejenigen ins Modell aufgenommen, die sich unter Beachtung der Wechselwirkungen als relevant erweisen. Das Ziel dieses Verfahrens besteht darin, ein Regressionsmodell zu erstellen, mit dem sich anhand nur weniger Variablen der Blutdruck möglichst präzise vorhersagen lässt.

Der Anteil der erklärten Varianz an der Gesamtvarianz des Blutdrucks wird über den Determinationskoeffizienten R^2 (Bestimmtheitsmaß) ausgedrückt. Als ein unverzerrtes Maß für die Güte des Regressionsmodells wurde das korrigierte R^2 herangezogen, da dieses die Anzahl der unabhängigen Variablen im Modell mitberücksichtigt. Der korrigierte Determinationskoeffizient nimmt nur dann zu, wenn die im Modell eingeschlossenen erklärenden Variablen einen ausreichend hohen Einfluss auf den Blutdruck ausüben (Schneider, Hollmann & Blettner, 2010). Der Zuwachs an aufgeklärter Varianz im Blutdruck durch blockweisen Einschluss wird über das ΔR^2 angegeben. Eine Aussage über den relativen Einfluss eines Prädiktors im Gefüge der übrigen Variablen innerhalb des Modells erfolgt über die standardisierten Beta-Koeffizienten; das Vorzeichen gibt Auskunft über die Richtung des Zusammenhangs mit der abhängigen Variable.

Die für die Durchführung der Regressionsanalyse benötigten Voraussetzungen wurden vor der Berechnung der Vorhersagemodelle rechnerisch und visuell geprüft. Im Einzelnen betraf dies die Überprüfung der Normalverteilung und Unabhängigkeit der Residuen, Linearität, Homoskedastizität und Multikollinearität. Die Voraussetzungen können für alle Teilstichproben als erfüllt angesehen bzw. Multikollinearität ausgeschlossen werden (Anhang).

Der Einschluss der BMI-Perzentile statt des BMI einerseits und anstelle des Bauchumfangs andererseits kann anhand des theoretischen Hintergrundes und mit der Prüfung auf Multikollinearität gerechtfertigt werden. Gegenüber dem BMI ist die BMI-Perzentile aufgrund der Berücksichtigung von Alter und Geschlecht nicht nur der genauere Parameter. Er ist auch aus statistischer Sicht dem BMI zu bevorzugen: Die starke Interkorrelation zwischen BMI und Taillenumfang ($r=0,85$; Tabelle 70) weist auf eine hohe lineare Abhängigkeit zwischen beiden Parametern hin, die sich durch die Kollinearitätsdiagnose (Ruheblutdruck: Toleranz=0,275 bzw. VIF-Wert=3,635 und Belastungsblutdruck: Toleranz=0,280 bzw. VIF=3,567) bestätigen lässt. Im Falle eines gemeinsamen Einschlusses wäre so nicht nur mit großem Standardfehler und instabiler Schätzung zu rechnen, sondern ebenso mit redundanten Prädiktorinformationen (Bortz & Döring, 2006). Für die Wahl der BMI-Perzentile spricht demnach die geringere Prädiktorkorrelation ($r=0,65$) und die größere prognostische Relevanz des BMI gegenüber dem Taillenumfang zum anderen. Der Bauchumfang ging damit nicht in die Analyse ein.

Für den Nachweis einzelner Merkmale auf signifikante Zusammenhänge bzw. Unterschiede wurde ein Signifikanzniveau von $\alpha=5\%$ ($p\leq 0,05$) angenommen.

8 Ergebnisse

In die Ergebnisdarstellung gehen die Daten von $n=532$ Probanden ein; davon $n=271$ Jungen und $n=261$ Mädchen. Die Resultate lassen sich im Wesentlichen in drei Abschnitte gliedern, die an die entsprechenden Fragestellungen und Hypothesen aus Kapitel 6 und Kapitel 7.1 angelehnt sind. Das Ergebniskapitel ist daher wie folgt eingeteilt: Eine detaillierte Darstellung der Blutdruckverteilung in Ruhe und unter Belastung gewährt einen ersten Eindruck über das Blutdruckniveau der untersuchten Probanden. In erster Linie galt es hierbei, erstmals umfassende Kenntnisse zur Blutdruckreaktion während körperlicher Belastung bei 12- bis 17-Jährigen zu erhalten. Mit der Konzipierung von Grenzwerten für den Belastungsblutdruck wird die deskriptive Analyse des ersten Abschnittes (Kapitel 8.1 bis 8.7) abgerundet (*Blutdruckverteilung und Grenzwertbildung*). Im zweiten Abschnitt (Kapitel 8.8) werden die Blutdruckwerte auf Zusammenhänge und Gruppenunterschiede im Kontext der zusätzlich erhobenen Parameter untersucht. Ruhe- und Belastungsblutdruck werden bezüglich ihrer Assoziationen zu lebensstilabhängigen und familiären Faktoren verglichen (*Zusammenhänge mit kardiovaskulären Risikofaktoren*). Im dritten und letzten Abschnitt (Kapitel 8.9) erfolgt schließlich die theoretisch fundierte Erstellung eines Modells anhand einzelner ausgewählter Prädiktoren zur Erklärung und Vorhersage des Ruhe- und Belastungsblutdrucks (*Belastungsblutdruck: Einflussfaktoren und Modellbildung*).

Die deskriptive Darstellung der Blutdruckwerte erfolgt sowohl für die Gesamtgruppe als auch getrennt für Jungen und Mädchen sowie im Altersgang in tabellarischer (Tabellen 4-10) und grafischer Form (Abbildungen 1-4). Für einen alters- und geschlechtsdifferenzierten Blutdruckvergleich werden die Altersgruppen 12 bis 13 Jahre, 14 bis 15 Jahre sowie 16 bis 17 Jahre gebildet und auf signifikante Unterschiede geprüft (Tabelle 11, Abbildung 5). Es folgt eine Einordnung und Beurteilung der Ruheblutdruckwerte auf Basis der KiGGS-Referenzperzentilen (Abbildungen 6-10) sowie die Ableitung der Stichprobenperzentilen und Grenzwerte für den Belastungsblutdruck in Kapitel 8.2.2. In Kapitel 8.2.3 werden die Blutdruckwerte in Ruhe und während Belastung abschließend gemeinsam betrachtet und die Probanden entsprechend ihres Blutdruckniveaus unter den verschiedenen Bedingungen in Kollektive eingeordnet.

Die Ergebnisse werden weiterhin hinsichtlich der Prävalenz von Übergewicht und Adipositas in den Tabellen 19-23 und Abbildungen 15-18 dargestellt. Die Testergebnisse zur körperlichen Leistungsfähigkeit werden in Kapitel 8.3 in den Tabellen 24-28 sowie den Abbildungen 19-21 veranschaulicht. Das Kapitel 8.5 beinhaltet die Daten zur körperlichen Aktivität, in Kapitel 8.6 werden die Ergebnisse zum Tabak- und Alkoholkonsum der Probanden gezeigt. Die statistische Auswertung umfasst stets eine (altersspezifische) Betrachtung der einzelnen Parameter sowohl für die Gesamtgruppe als auch für die Geschlechtergruppen. Die Auswertung aller familiären Daten erfolgt in Kapitel 8.7, bevor anschließend die Ergebnisse der Korrelations- und Kovarianzanalysen abgebildet werden.

Die Prüfgrößen, Kennwerte und adjustierten Blutdruckunterschiede in Ruhe und während Belastung bei Vergleich einzelner Gruppen werden für die Gesamtstichprobe zusätzlich tabellarisch (Tabellen 44-58) und grafisch dargestellt (Abbildungen 37-48). Die Effekte auf den Blutdruck bei Summierung einzelner lebensstilabhängiger und familiärer Risikofaktoren können den Tabellen 59 und 60 sowie den Abbildungen 49 und 50 entnommen werden. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse aus den bivariaten und partiellen Zusammenhangsanalysen folgt in Tabelle 61; die ermittelten Blutdruckdifferenzen aus den varianzanalytischen Gruppenvergleichen sind dem Überblick der Tabelle 62 zu entnehmen. Das Kapitel 8.9 beinhaltet die aus der Regressionsanalyse gewonnenen Resultate (Tabellen 63-66). Die aus den drei Fragestellungen resultierenden wichtigsten Befunde werden im abschließenden Kapitel des Ergebnisteils durch die Tabellen 67-69 sowie Abbildungen 51-55 resümiert.

8.1 Blutdruck und Herzfrequenz

Im Folgenden werden die mittleren systolischen und diastolischen Blutdruckwerte in Ruhe und unter Belastung als Mittelwerte \pm Standardabweichung dargestellt sowie auf signifikante Geschlechts- bzw. Altersunterschiede getestet. Die Angaben zum Ruheblutdruck umfassen die Werte aus allen drei Messungen (T1-T3); für die statistische Auswertung wurde ausschließlich der niedrigste Blutdruckwert (Tmin) herangezogen. Für den Blutdruck während Ergometrie diente der Messwert bei einer Belastung von 1,5 Watt/kg Körpergewicht.

8.1.1 Unter Ruhebedingungen

Der systolische Blutdruck in Ruhe betrug im Mittel $113,1 \pm 12,8$ mmHg und diastolisch $57,2 \pm 7,1$ mmHg (Tmin). Der mittlere systolische Blutdruck sank um 3,7 mmHg von $120,9 \pm 15,0$ mmHg bei T1 auf $117,2 \pm 14,2$ mmHg bei T2. Zum Zeitpunkt der dritten Messung (T3) war dieser nochmals um weitere 4,1 mmHg niedriger ($113,1 \pm 12,8$ mmHg). In Bezug auf die diastolischen Werte ließ sich keine kontinuierliche Abnahme in den gemessenen Blutdruckwerten beobachten; der mittlere diastolische Blutdruck war bei T1 am niedrigsten ($56,9 \pm 7,5$ mmHg). Die durchschnittliche Herzfrequenz lag bei $75,2 \pm 13,2$ Schlägen pro Minute (Tabelle 4).

Tabelle 4. Systolischer und diastolischer Blutdruck (mmHg) bei T1, T2, T3 sowie Tmin und Herzfrequenz (Schläge pro Minute, S/min) unter Ruhebedingungen in der Gesamtgruppe ($n=531$). Dargestellt sind Mittelwerte (M) \pm Standardabweichung (SD), Minimum (min), Maximum (max). T1=Messzeitpunkt 1, T2=Messzeitpunkt 2, T3=Messzeitpunkt 3, Tmin=niedrigster Blutdruckwert aller drei Messungen, sBD=systolischer Blutdruck, dBD=diastolischer Blutdruck, RR-Ruhe=Ruheblutdruck, HF=Herzfrequenz.

	Parameter	n	$M \pm SD$	min	max
T1	sBD (mmHg)	531	$120,9 \pm 15,0$	80	170
	dBD (mmHg)	531	$56,9 \pm 7,5$	38	82
T2	sBD (mmHg)	531	$117,2 \pm 14,2$	84	198
	dBD (mmHg)	531	$58,3 \pm 7,6$	32	82
T3	sBD (mmHg)	531	$113,6 \pm 12,8$	82	158
	dBD (mmHg)	531	$57,6 \pm 7,3$	36	88
Tmin	RR-Ruhe (mmHg)	531	$113,1 \pm 12,8/57,2 \pm 7,1$	82/36	158/86
	HF (S/min)	531	$75,2 \pm 13,2$	44	128

Bei 70,8% ($n=376$) der Probanden war der zweite Messwert niedriger als der erste, während in 13,6% ($n=72$) der Fälle beide Werte gleich waren. Zum Zeitpunkt T2 waren noch 15,6% ($n=83$) der Messwerte höher als zum Zeitpunkt T1. Dagegen blieben 82,1% ($n=436$) der Messwerte aus der dritten Messung unter den Messwert zum Zeitpunkt T1. Nur bei 9% ($n=48$) der Probanden war der dritte Wert höher als der erste; bei 8,9% ($n=47$) der Fälle unterschieden sich erster und dritter Blutdruckwert nicht. Damit ging mit dem niedrigsten Messwert mit nur sehr wenigen Ausnahmen der Wert aus der dritten Messung in die Analyse ein. Wird der Mittelwert aus den Ergebnissen aus allen drei Messungen gebildet, zeigt sich ein systolischer Ruheblutdruck von $117,2 \pm 13,5$ mmHg – der für diese Untersuchung verwendete Messwert für den systolischen Ruheblutdruck liegt somit durchschnittlich 4,1 mmHg unter dem mittlerem Blutdruckwert.

Es zeigten sich geschlechtsspezifische Unterschiede (Tabelle 5): Während bei Jungen ein höherer systolischer Blutdruck zu messen war ($t=4,467$, $df=527$, $p<0,001$, $d=0,39$), wiesen Mädchen hingegen höhere diastolische Blutdruckwerte ($t=-2,629$, $df=529$, $p<0,001$, $d=0,22$) und Herzfrequenzen ($t=5,091$, $df=529$, $p<0,001$, $d=0,44$) auf.

Tabelle 5. Systolischer und diastolischer Blutdruck (mmHg) sowie Herzfrequenz (S/min) in Ruhe bei Jungen (♂) und Mädchen (♀). Dargestellt sind $M \pm SD$, min, max. *** $p<0,001$ für signifikante Geschlechtsunterschiede. sBD=systolischer Blutdruck, dBD=diastolischer Blutdruck, HF=Herzfrequenz.

	Parameter	n	$M \pm SD$	min	max	p (♂/♀)
♂	sBD (mmHg)	271	$115,5 \pm 13,2$	84	158	<i>sBD:</i> $p<0,001$ ***
	dBD (mmHg)	271	$56,4 \pm 8,1$	36	80	
	HF (S/min)	271	$72,4 \pm 12,3$	44	120	
♀	sBD (mmHg)	260	$110,6 \pm 11,9$	82	154	<i>dBD:</i> $p<0,001$ ***
	dBD (mmHg)	260	$58,1 \pm 7,1$	38	86	
	HF (S/min)	260	$78,1 \pm 13,4$	52	128	

Mit zunehmendem Alter stiegen systolischer und diastolischer Blutdruck. Die Herzfrequenz nahm bis zu einem Alter von 13 Jahren zunächst zu, fiel daraufhin bis zu einem Alter von 16 Jahren ab und zeigte eine tendenzielle Stagnation. Die durchschnittliche Herzfrequenz war bei den 13-Jährigen am höchsten ($79,3 \pm 12,6$ Schläge pro Minute) (Tabelle 6, Abbildung 1).

Tabelle 6. Systolischer und diastolischer Blutdruck (mmHg) sowie Herzfrequenz (S/min) in Ruhe getrennt nach Alter. Dargestellt sind $M \pm SD$. sBD=systolischer Blutdruck, dBD=diastolischer Blutdruck, HF=Herzfrequenz.

Alter (Jahre)	<i>n</i>	sBD (mmHg)	dBD (mmHg)	HF (S/min)
12	44	105,2 ± 10,8	52,4 ± 6,8	77,5 ± 13,0
13	114	111,5 ± 10,8	54,8 ± 6,6	79,3 ± 12,6
14	107	111,7 ± 13,1	57,3 ± 7,4	76,7 ± 13,4
15	89	114,9 ± 12,3	58,7 ± 6,0	73,6 ± 14,5
16	108	114,2 ± 13,5	58,5 ± 6,3	71,6 ± 12,1
17	69	118,8 ± 13,1	60,4 ± 7,7	71,8 ± 11,1

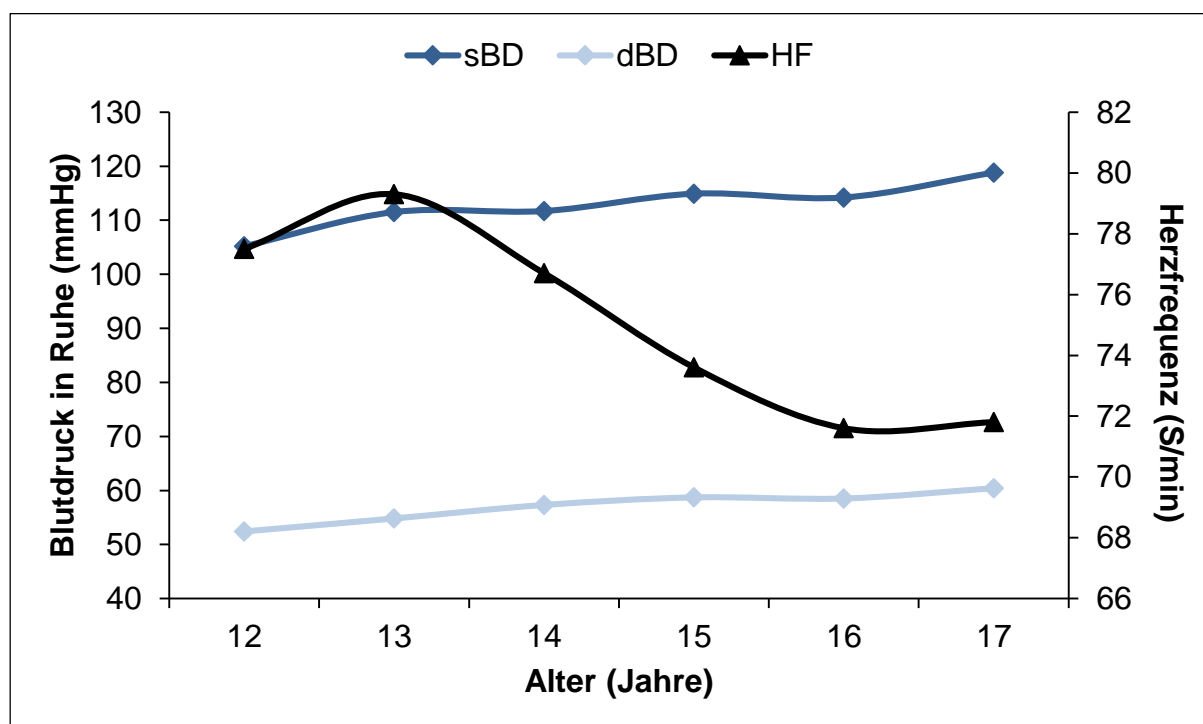


Abbildung 1. Systolischer (sBD) und diastolischer (dBD) Blutdruck (mmHg) sowie Herzfrequenz (S/min) in Ruhe im Altersgang ($n=531$). Dargestellt sind Mittelwerte.

8.1.2 Während ergometrischer Belastung

Der mittlere Blutdruck lag nach dreiminütiger ergometrischer Belastung von 1,0 Watt/kg Körpergewicht bei $135,9 \pm 18,2/57,8 \pm 8,3$ mmHg und stieg nach einer weiteren dreiminütigen Belastung bei 1,5 Watt/kg Körpergewicht auf $149,9 \pm 19,8/54,2 \pm 8,6$ mmHg an. Im weiteren Verlauf nahm der systolische Blutdruck stetig zu, während der diastolische Blutdruck abnahm. Von der zweiten zur dritten Belastungsstufe (2,0 Watt/kg Körpergewicht) stieg der Blutdruck systolisch um weitere 12 mmHg an ($161,9 \pm 23,2$ mmHg) und nahm diastolisch um 3,4 mmHg ($50,8 \pm 9,0$ mmHg) ab. Nach einer Belastungszeit von 12 Minuten (2,5 Watt/kg Körpergewicht) lag der systolische Blutdruck weitere 11,5 mmHg über dem gemessenen Wert der vorangegangenen Belastungsstufe ($173,4 \pm 26,8$ mmHg). Der diastolische Blutdruck sank hingegen auf $49,0 \pm 8,2$ mmHg. Nach einer Belastung von 3,0 Watt/kg Körpergewicht lag der Blutdruck systolisch bei $184,6 \pm 27,3$ mmHg bzw. diastolisch bei $47,6 \pm 8,9$ mmHg und betrug nach der maximal erreichten Belastung von 3,5 Watt/kg Körpergewicht $187,5 \pm 24,0/52,0 \pm 9,1$ mmHg.

Die Herzfrequenz lag am Ende der ersten Belastungsstufe bei $131,7 \pm 15,7$ Schlägen pro Minute. Mit $150,4 \pm 17,1$ Schlägen pro Minute am Ende der zweiten (1,5 Watt/kg Körpergewicht) bzw. $163,4 \pm 14,5$ Schlägen pro Minute nach Absolvierung der dritten Stufe (2,0 Watt/kg Körpergewicht) stieg die Herzfrequenz innerhalb der ersten 9 Minuten am stärksten an. Unter der maximal erreichten Belastung von 3,5 Watt/kg Körpergewicht lag die Herzfrequenz im Mittel 46,6 Schläge pro Minute ($178,3 \pm 7,1$ Schläge pro Minute) über dem Messwert, der nach Beenden der dreiminütigen Anfangslast von 1 Watt/kg Körpergewicht ermittelt werden konnte (Tabelle 7).

In Abbildung 2 ist der Blutdruck während Belastung im Zeitverlauf (18 Minuten) zu erkennen.

Table 7. Systolischer und diastolischer Blutdruck (mmHg) sowie Herzfrequenz (S/min) unter Belastung am Ende einer jeweils drei Minuten andauernden Belastungsstufe in der Gesamtgruppe ($n=492$). Dargestellt sind $M \pm SD$, min, max, sBD=systolischer Blutdruck, dBD=diastolischer Blutdruck, HF=Herzfrequenz, KG=Körpergewicht.

Parameter	n	$M \pm SD$	min	max
sBD (mmHg)	492	135,9 \pm 18,2	80	206
1,0 Watt/kg KG dBD (mmHg)	492	57,8 \pm 8,3	38	100
HF (S/min)	492	131,7 \pm 15,7	96	189
sBD (mmHg)	492	149,9 \pm 19,8	108	240
1,5 Watt/kg KG dBD (mmHg)	492	54,2 \pm 8,6	30	74
HF (S/min)	492	150,4 \pm 17,1	109	198
sBD (mmHg)	401	161,9 \pm 23,2	112	260
2,0 Watt/kg KG dBD (mmHg)	401	50,8 \pm 9,0	30	80
HF (S/min)	401	163,4 \pm 14,5	123	196
sBD (mmHg)	230	173,4 \pm 26,8	114	280
2,5 Watt/kg KG dBD (mmHg)	230	49,0 \pm 8,2	20	70
HF (S/min)	230	170,4 \pm 9,4	142	189
sBD (mmHg)	74	184,6 \pm 27,3	140	280
3,0 Watt/kg KG dBD (mmHg)	74	47,6 \pm 8,9	30	70
HF (S/min)	74	175,4 \pm 5,6	162	188
sBD (mmHg)	4	187,5 \pm 24,0	152	204
3,5 Watt/kg KG dBD (mmHg)	4	52,0 \pm 9,1	40	60
HF (S/min)	4	178,3 \pm 1,7	176	180

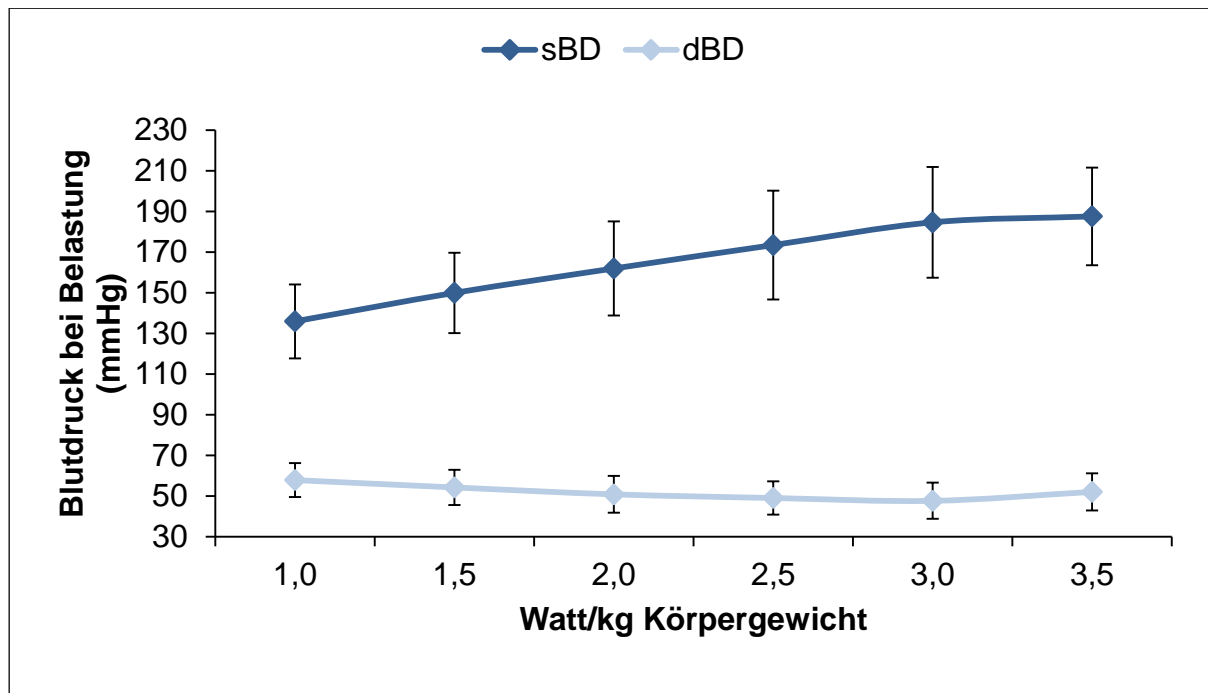


Abbildung 2. Systolischer (sBD) und diastolischer (dBD) unter Belastung (mmHg) jeweils zum Ende der dreiminütigen Belastungsstufen von 1,0-3,5 Watt/kg Körpergewicht ($M \pm SD$).

Auch die Blutdruckwerte bei Belastung zeigten geschlechtsspezifische Unterschiede (Tabelle 8): Im Vergleich zu den Mädchen konnte bei den untersuchten Jungen erneut ein höherer systolischer Belastungsblutdruck ($t=2,252$, $df=490$, $p<0,001$, $d=0,39$), aber eine niedrigere durchschnittliche Herzfrequenz ($t=-11,951$, $df=489$, $p<0,001$, $d=0,41$) gemessen werden. Der diastolische Belastungsblutdruck unterschied sich nicht zwischen Jungen und Mädchen ($t=-0,274$, $df=490$, $p=0,784$).

Tabelle 8. Systolischer und diastolischer Blutdruck (mmHg) sowie Herzfrequenz (S/min) bei einer Belastung von 1,5 Watt/kg Körpergewicht bei Jungen und Mädchen. Dargestellt sind $M \pm SD$, min, max. *** $p<0,001$ für signifikante Geschlechtsunterschiede. n.s.=nicht signifikant, sBD=systolischer Blutdruck, dBD=diastolischer Blutdruck, HF=Herzfrequenz.

Parameter	<i>n</i>	$M \pm SD$	min	max	p (♂/♀)	
♂	sBD (mmHg)	252	153,6 ± 20,6	108	240	<i>sBD</i> : $p<0,001$ ***
	dBD (mmHg)	252	54,1 ± 8,5	30	74	
	HF (S/min)	252	142,5 ± 15,2	109	190	
♀	sBD (mmHg)	240	146,1 ± 18,2	110	208	<i>dBD</i> : $p=0,784$ (n.s.) <i>HF</i> : $p<0,001$ ***
	dBD (mmHg)	240	54,3 ± 8,7	30	74	
	HF (S/min)	240	148,7 ± 15,0	118	198	

Der systolische Belastungsblutdruck (1,5 Watt/kg Körpergewicht) stieg mit dem Alter an, während der diastolische Belastungsblutdruck zunächst bis zu einem Alter von 14 Jahren zunahm und dann nahezu unverändert blieb. Die bei Belastung ermittelten Herzfrequenzen fielen im Altersgang, wobei die Belastungskurve bei den 13-jährigen und 15-jährigen Probanden durch einen marginalen Anstieg der Herzfrequenz charakterisiert ist (Tabelle 9, Abbildung 3).

Tabelle 9. Systolischer und diastolischer Blutdruck (mmHg) sowie Herzfrequenz (S/min) bei einer Belastung von 1,5 Watt/kg Körpergewicht getrennt nach Alter. Dargestellt sind $M \pm SD$. sBD=systolischer Blutdruck, dBD=diastolischer Blutdruck, HF=Herzfrequenz.

Alter (Jahre)	<i>n</i>	sBD (mmHg)	dBD (mmHg)	HF (S/min)
12	42	133,1 ± 13,1	48,5 ± 9,2	154,1 ± 15,3
13	112	145,7 ± 15,6	53,7 ± 9,3	155,8 ± 17,2
14	100	149,3 ± 19,2	55,4 ± 8,0	150,8 ± 16,1
15	80	153,0 ± 17,8	54,6 ± 7,9	151,3 ± 18,3
16	94	154,4 ± 23,4	54,3 ± 8,3	146,3 ± 15,3
17	64	159,0 ± 19,8	56,3 ± 7,7	143,3 ± 17,4

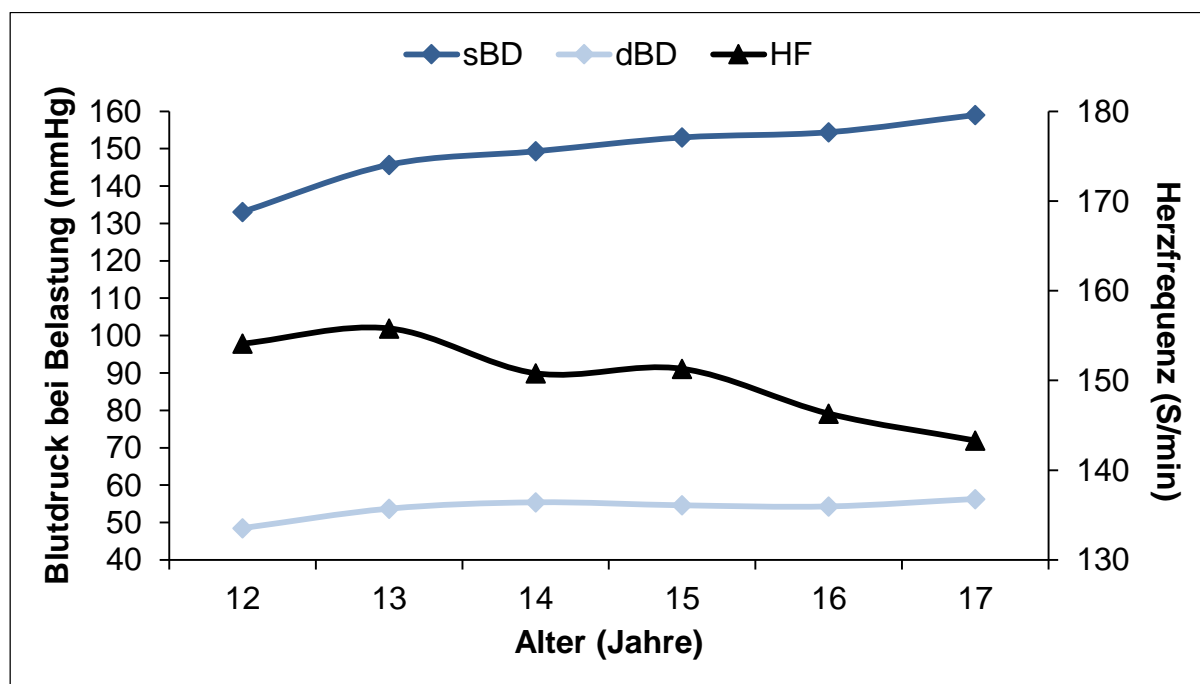


Abbildung 3. Systolischer (sBD) und diastolischer (dBD) Blutdruck (mmHg) sowie Herzfrequenz (HF, Schläge pro Minute) bei einer Belastung von 1,5 Watt/kg Körpergewicht im Altersgang ($n=492$). Dargestellt sind Mittelwerte.

8.1.3 Gesamtbetrachtung der Blutdruckwerte nach Alter und Geschlecht

Tabelle 10 zeigt die mittleren alters- und geschlechtsabhängigen Blutdruckwerte in Ruhe und unter Belastung bei Jungen und Mädchen. Bis zu einem Alter von 16 Jahren nahmen systolischer Ruhe- und Belastungsblutdruck der Jungen kontinuierlich zu, während diese Beobachtung in der weiblichen Gruppe nur bis zum 15. Lebensjahr zutraf. Die systolischen Blutdruckwerte der Jungen sanken ab dem 16. Lebensjahr wieder um mittlere 3 mmHg. Bei den Mädchen fielen die systolischen Blutdruckwerte vom 15. auf das 16. Lebensjahr durchschnittlich um knapp 4 mmHg, bevor sie schließlich bei den 17-jährigen Mädchen um weitere 10 mmHg höher waren als bei den 16-jährigen Probanden.

Mädchen des 14. Lebensalters zeigten einen signifikant höheren diastolischen Ruheblutdruck als gleichaltrige Jungen ($t=-2,605$, $df=105$, $p=0,011$, $d=0,51$). Dagegen wiesen weibliche Probanden im Alter von 16 Jahren einen 14,2 mmHg niedrigeren systolischen Ruheblutdruck im Vergleich zu den Jungen ihres Alters auf ($t=6,296$, $df=106$, $p<0,001$, $d=1,16$).

Der systolische Belastungsblutdruck der 15- bzw. 16-jährigen Mädchen war um 8,9 mmHg ($t=-2,278$, $df=78$, $p=0,025$, $d=0,52$) bzw. 17,1 mmHg ($t=3,762$, $df=92$, $p<0,001$, $d=0,79$) niedriger als bei Jungen desselben Alters.

In Abbildung 4 sind die geschlechtsabhängigen Unterschiede im Ruhe- und Belastungsblutdruck altersdifferenziert in grafischer Form dargestellt.

Tabelle 10. Systolischer und diastolischer Blutdruck (mmHg) in Ruhe und bei einer Belastung von 1,5 Watt/kg Körpergewicht getrennt nach Alter und Geschlecht. Dargestellt sind $M \pm SD$. * $p < 0,05$, *** $p < 0,001$ für signifikante Geschlechtsunterschiede. RR-Ruhe=systolischer und diastolischer Ruheblutdruck, RR-Belastung=systolischer und diastolischer Belastungsblutdruck.

Alter (Jahre)	♂				♀			
	<i>n</i>	RR-Ruhe (mmHg)	<i>n</i>	RR-Belastung (mmHg)	<i>n</i>	RR-Ruhe (mmHg)	<i>n</i>	RR-Belastung (mmHg)
12	24	104,9 ± 11,3/52,9 ± 7,6	23	134,6 ± 13,6/50,4 ± 9,5	20	105,6 ± 10,5/51,8 ± 5,8	19	131,2 ± 12,5/46,1 ± 8,6
13	54	112,8 ± 11,4/54,1 ± 6,4	53	148,6 ± 16,0/54,8 ± 9,0	60	110,4 ± 10,2/55,5 ± 6,8	59	143,1 ± 14,9/52,7 ± 9,5
14	62	113,1 ± 13,1/55,7 ± 6,8*	57	150,7 ± 18,7/55,4 ± 7,7	45	109,8 ± 13,0/59,4 ± 7,7*	43	147,4 ± 19,9/55,4 ± 8,4
15	46	117,3 ± 13,1/58,6 ± 6,2	40	157,5 ± 17,5*/53,3 ± 8,3	43	112,3 ± 11,0/58,9 ± 5,8	40	148,6 ± 17,3*/56,0 ± 7,3
16	46	122,3 ± 11,6***/57,8 ± 7,2	42	163,9 ± 25,7***/52,8 ± 9,0	62	108,1 ± 13,2***/59,0 ± 5,6	52	146,8 ± 18,3***/55,4 ± 7,6
17	39	119,3 ± 13,1/59,0 ± 7,3	37	161,1 ± 19,5/55,6 ± 7,8	30	118,1 ± 11,9/62,1 ± 8,0	27	156,2 ± 20,2/57,3 ± 7,7

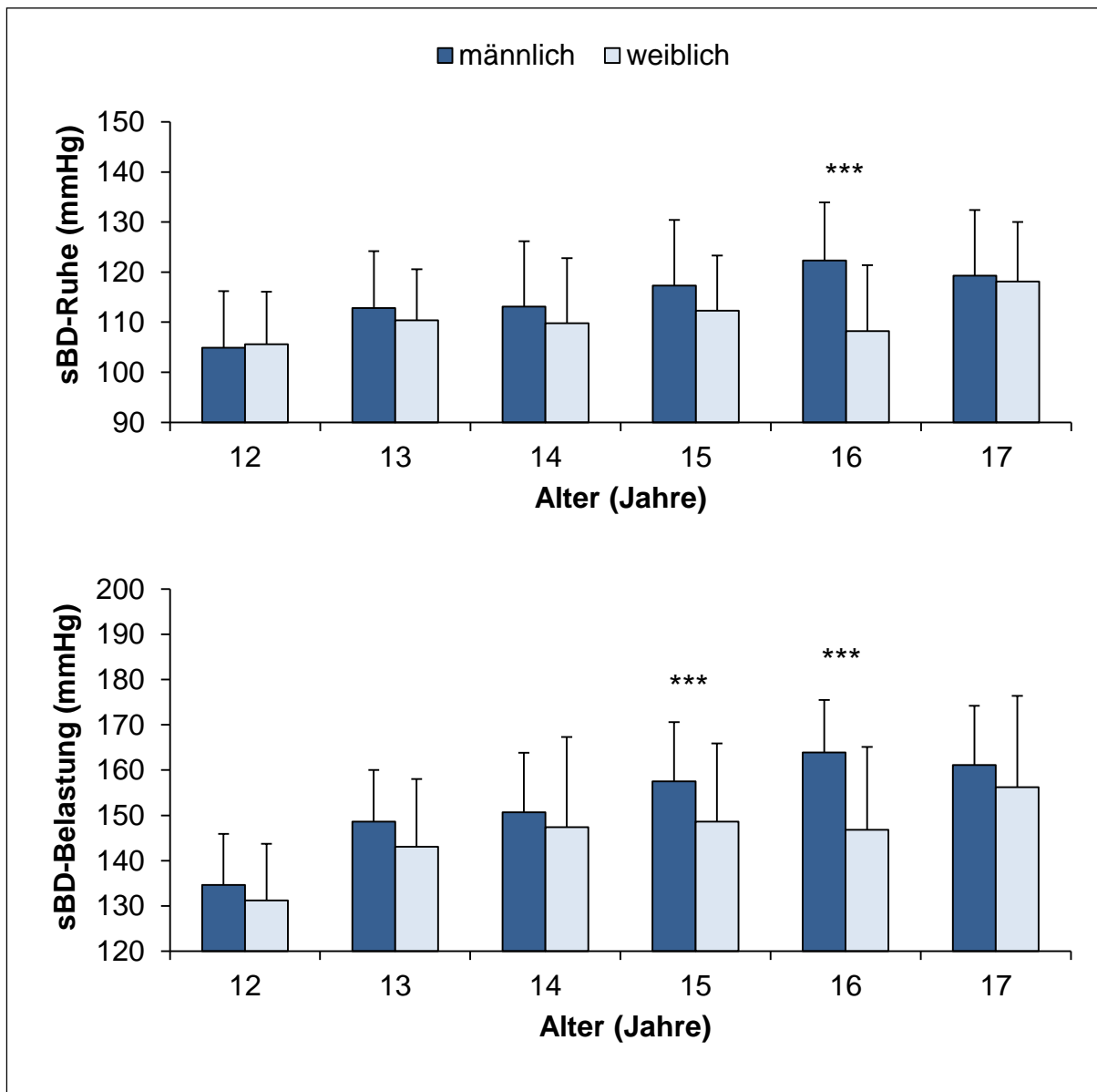


Abbildung 4. Systolischer Blutdruck (mmHg) in Ruhe (sBD-Ruhe) und unter Belastung (sBD-Belastung) bei Jungen und Mädchen im Altersgang. Dargestellt sind $M \pm SD$. *** $p < 0,001$ für signifikante Geschlechtsunterschiede.

Der Vergleich zwischen Jungen und Mädchen machte Blutdruckunterschiede in den einzelnen Altersgruppen deutlich (Tabelle 11). Während sich beide Geschlechter in der Altersgruppe 12 bis 13 Jahre zunächst nicht signifikant im Ruhe- und Belastungsblutdruck unterschieden, zeigte sich bei den 14- bis 15-jährigen Mädchen ein im Mittel 3,8 mmHg niedrigerer systolischer Blutdruck ($t=2,085$, $df=194$, $p=0,038$, $d=0,3$) und 2,2 mmHg höherer diastolischer Blutdruck in Ruhe ($t=-2,307$, $df=194$, $p=0,022$, $d=0,34$). Unter Belastung fiel der mittlere systolische Blutdruck der Mädchen 5,5 mmHg ($t=1,982$, $df=178$, $p=0,049$, $d=0,3$) niedriger aus als bei den Jungen. Bei Mädchen der Altersgruppe 16 bis 17 Jahre waren systolischer Ruhe- und

Belastungsblutdruck im Mittel 9,6 mmHg ($t=5,019$, $df=175$, $p<0,001$, $d=0,75$) bzw. 12,6 mmHg ($t=3,736$, $df=156$, $p<0,001$, $d=0,6$) niedriger als bei den gleichaltrigen Jungen.

Tabelle 11. Systolischer (sBD) und diastolischer (dBD) Blutdruck (mmHg) in Ruhe und bei einer Belastung von 1,5 Watt/kg Körpergewicht in den geschlechtsdifferenzierten Altersgruppen 12-13, 14-15 und 16-17 Jahre. Dargestellt sind $M \pm SD$. * $p<0,05$, ** $p<0,01$, *** $p<0,001$ für signifikante Geschlechtsunterschiede in der jeweiligen Altersgruppe. RR-Ruhe=systolischer und diastolischer Ruheblutdruck, RR-Belastung=systolischer und diastolischer Belastungsblutdruck.

Parameter		<i>n</i>	12/13	<i>n</i>	14/15	<i>n</i>	16/17	
RR-Ruhe (mmHg)	♂	sBD	78	110,4 ± 11,9	108	114,9 ± 13,2*	85	120,9 ± 12,3***
		dBD	78	53,7 ± 6,8	108	56,9 ± 6,7*	85	58,3 ± 7,2
	♀	sBD	80	109,2 ± 10,4	88	111,1 ± 12,1*	92	111,4 ± 13,0***
		dBD	80	54,6 ± 6,8	88	59,2 ± 6,8*	92	60,0 ± 6,6
	Gesamt	sBD	158	109,8 ± 11,1^{ab}	196	113,1 ± 12,8^b	177	116,0 ± 13,5^a
		dBD	158	54,2 ± 6,7^{ab}	196	57,9 ± 6,8^b	177	59,2 ± 6,9^{ab}
RR- Belastung (mmHg)	♂	sBD	76	144,3 ± 16,5	97	153,5 ± 18,4*	79	162,6 ± 22,9*
		dBD	76	53,5 ± 9,3	97	53,5 ± 9,3	79	54,1 ± 8,5
	♀	sBD	78	140,2 ± 15,1	83	148,0 ± 18,6*	79	150,0 ± 19,4***
		dBD	78	51,1 ± 9,6	83	55,7 ± 7,8	79	56,1 ± 7,6
	Gesamt	sBD	154	142,2 ± 15,9^{ab}	180	150,9 ± 18,6^{ab}	158	156,3 ± 22,1^{ab}
		dBD	154	52,3 ± 9,5^{ab}	180	55,0 ± 7,9^b	158	55,1 ± 8,1^{ab}

^a signifikant ($p<0,05$) nach rechts

^b signifikant ($p<0,05$) nach links

Die Analyse kam zu signifikanten Unterschieden zwischen den drei Altersgruppen im systolischen ($F_{(2,530)}=10,140$, $p<0,001$, $\eta^2=0,037$) und diastolischen ($F_{(2,530)}=24,316$, $df=530$, $p<0,001$, $\eta^2=0,084$) Ruheblutdruck sowie zwischen systolischem ($F_{(2,491)}=21,643$, $p<0,001$, $\eta^2=0,081$) und diastolischem ($F_{(2,491)}=5,695$, $p=0,004$, $\eta^2=0,023$) Belastungsblutdruck (Abbildung 5). In den paarweisen Einzelvergleichen blieben signifikante Unterschiede zwischen den 14- bis 15-jährigen und 16- bis 17-jährigen Probanden im systolischen und diastolischen Blutdruck in Ruhe sowie im

diastolischen Blutdruck unter Belastung aus. 12- bis 13-jährige Jungen und Mädchen zeigten dagegen im Mittel 3,4 mmHg ($p=0,045$) bzw. 6,2 mmHg ($p<0,001$) niedrigere systolische Ruheblutdruckwerte als 14- bis 15-jährige bzw. 16- bis 17-jährige Probanden. Außerdem war der systolische Belastungsblutdruck der jüngsten Altersgruppe 8,7 mmHg ($p<0,001$) bzw. 14,1 mmHg ($p<0,001$) niedriger im Vergleich zu den Probanden aus den beiden älteren Altersgruppen. 14- bis 15-jährige Probanden unterschieden sich in ihrem systolischen Belastungsblutdruck zusätzlich von den 16- bis 17-jährigen Teilnehmern um durchschnittlich 5,4 mmHg ($p=0,037$).

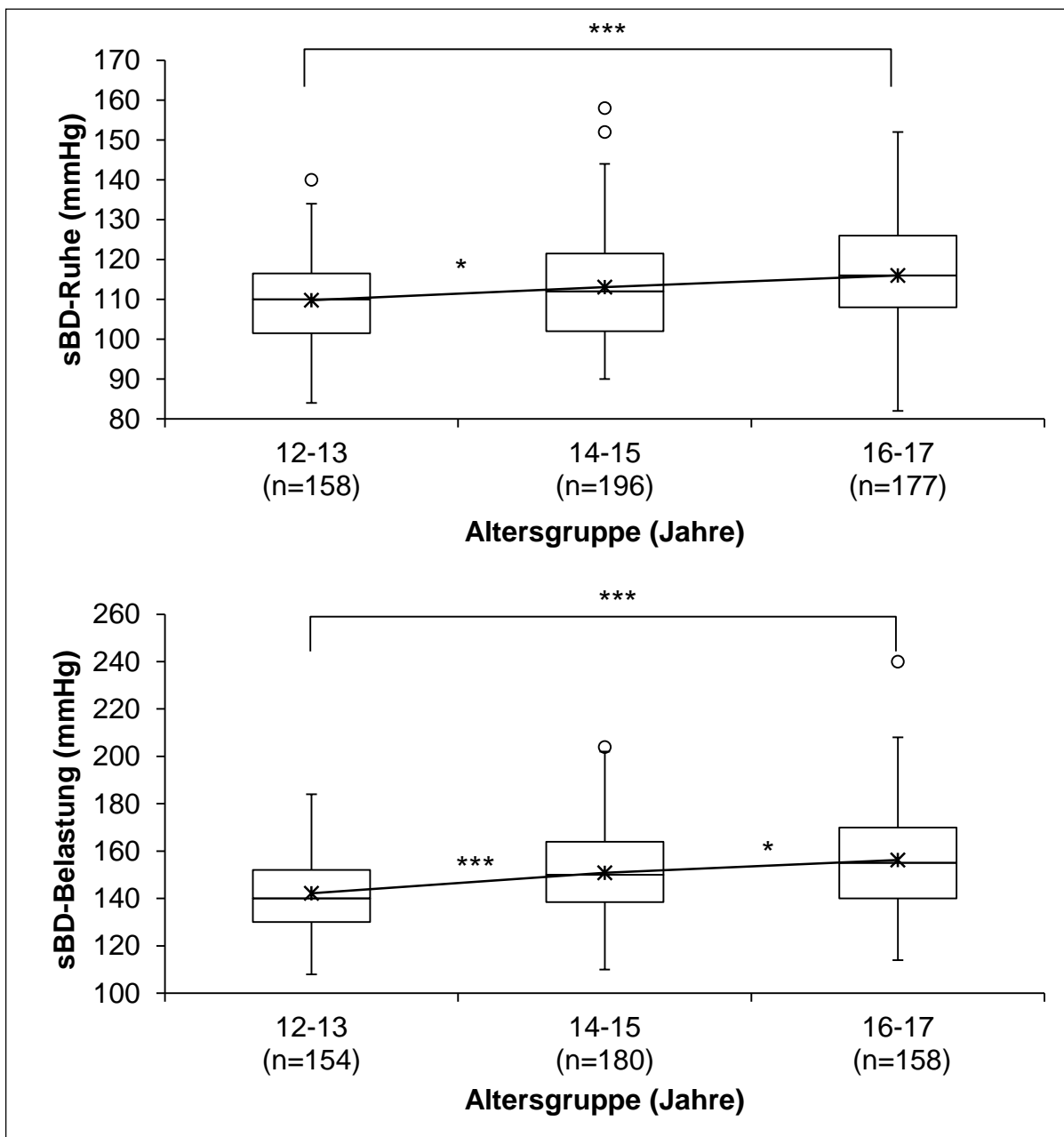


Abbildung 5. Systolischer Blutdruck (mmHg) in Ruhe (sBD-Ruhe) und unter Belastung (sBD-Belastung) in den Altersgruppen 12-13, 14-15, 16-17 Jahre. * $p<0,05$, ** $p<0,01$, *** $p<0,001$ für signifikante Unterschiede zwischen den Altersgruppen.

8.2 Blutdruckperzentilen – Differenzierung normaler, hoch normaler und erhöhter Blutdruckwerte

Die Ruheblutdruckwerte ($n=531$) wurden zunächst in die KiGGS-Referenzperzentilen (Neuhauser et al., 2011) eingeordnet sowie alters-, geschlechts- und größenabhängig beurteilt. Anhand der prozentualen Häufigkeiten von normalen, hoch normalen und erhöhten Messwerten ergaben sich die entsprechenden Perzentilkurven für den Ruhe- und Belastungsblutdruck des untersuchten Kollektivs. Die Stichprobenperzentilen werden altersgruppen- und geschlechtsspezifisch dargestellt.

8.2.1 Einordnung der Blutdruckwerte in Ruhe

Unter Verwendung der 90. bzw. 95. alters-, geschlechts- und größenabhängigen KiGGS-Perzentile wiesen von den 531 Probanden mit verwertbaren Blutdruckdaten 4,5% ($n=24$) einen hoch normalen ($\geq 90.$ -95. Perzentile) und 7,9% ($n=42$) einen erhöhten ($\geq 95.$ Perzentile) Ruheblutdruck auf. Damit war bei 87,6% der Probanden ($n=465$) ein normaler Ruheblutdruck messbar (Abbildung 6).

Von den 24 hypertensiven Probanden waren jeweils $n=12$ männlich (4,4% aller Jungen) und $n=12$ weiblich (4,6% aller Mädchen). 21 Jungen (7,7%) und ebenso viele Mädchen (8,1%) zeigten einen hoch normalen Ruheblutdruck. Die altersspezifische prozentuale Verteilung an hoch normalen bzw. erhöhten Messwerten ist der Abbildung 7 zu entnehmen. Unter Heranziehung der KiGGS-Perzentilen konnten bei den 12-Jährigen 6,8% ($n=3$) und bei den 13-Jährigen 6,2% ($n=7$) als hypertensiv identifiziert werden. Bei den 14-Jährigen war der Messwert in 10,2% ($n=11$) und bei den 15-Jährigen in 6,7% ($n=6$) der Fälle als erhöht einzuordnen. 6,5% ($n=8$) der 16-jährigen und 10,1% ($n=7$) der 17-jährigen Probanden waren hypertensiv.

30,5% ($n=162$) der Blutdruckmesswerte überstiegen den für Erwachsene als optimal gelten Wert von 120/80 mmHg. Die betroffenen Probanden waren im Mittel $15,0 \pm 1,5$ Jahre alt. Bei den Jungen ($15,1 \pm 1,4$ Jahre) traf dies in 40,2% ($n=109$) der Fälle zu; bei den Mädchen ($14,9 \pm 1,6$ Jahre) waren ein Fünftel (20,4%, $n=53$) der Messwerte nicht mehr im optimalen Blutdruckbereich. Unter diesen Heranwachsenden wiesen 11,0% ($n=12$) der männlichen und 15,1% ($n=8$) der weiblichen Gruppe Blutdruckwerte $\geq 140/90$ mmHg auf.

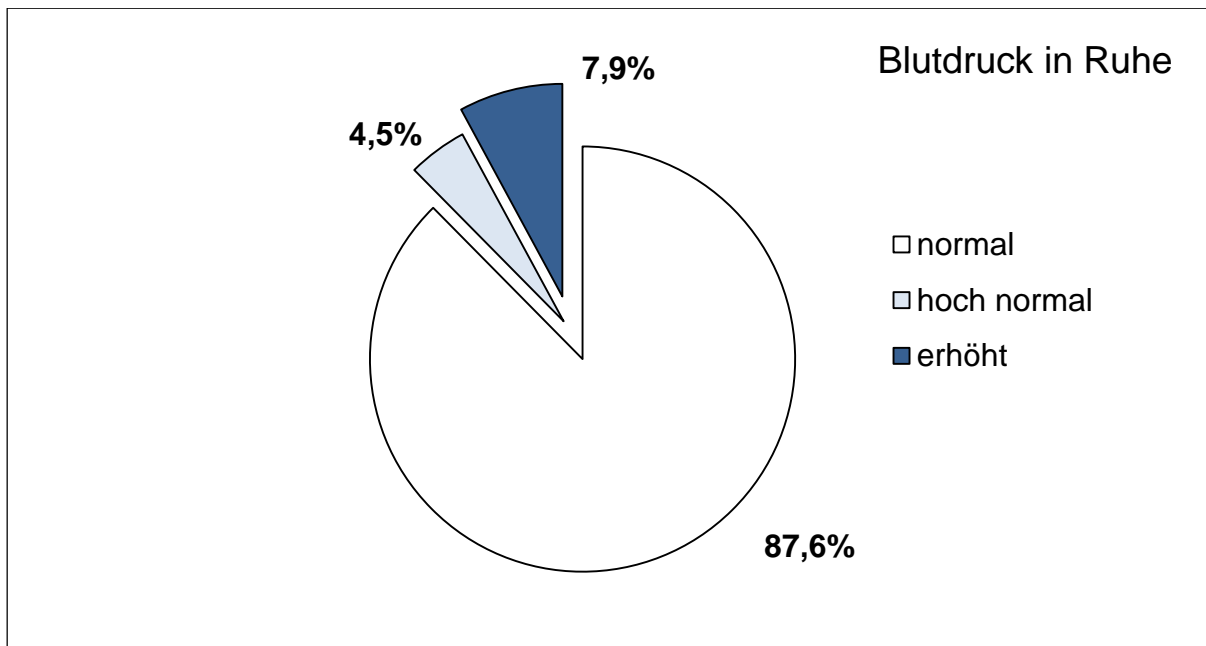


Abbildung 6. Prozentuale Verteilung normaler, hoch normaler und erhöhter Blutdruckwerte in Ruhe ($n=531$) nach Einordnung in die KiGGS-Perzentilen (Neuhauser et al., 2011).

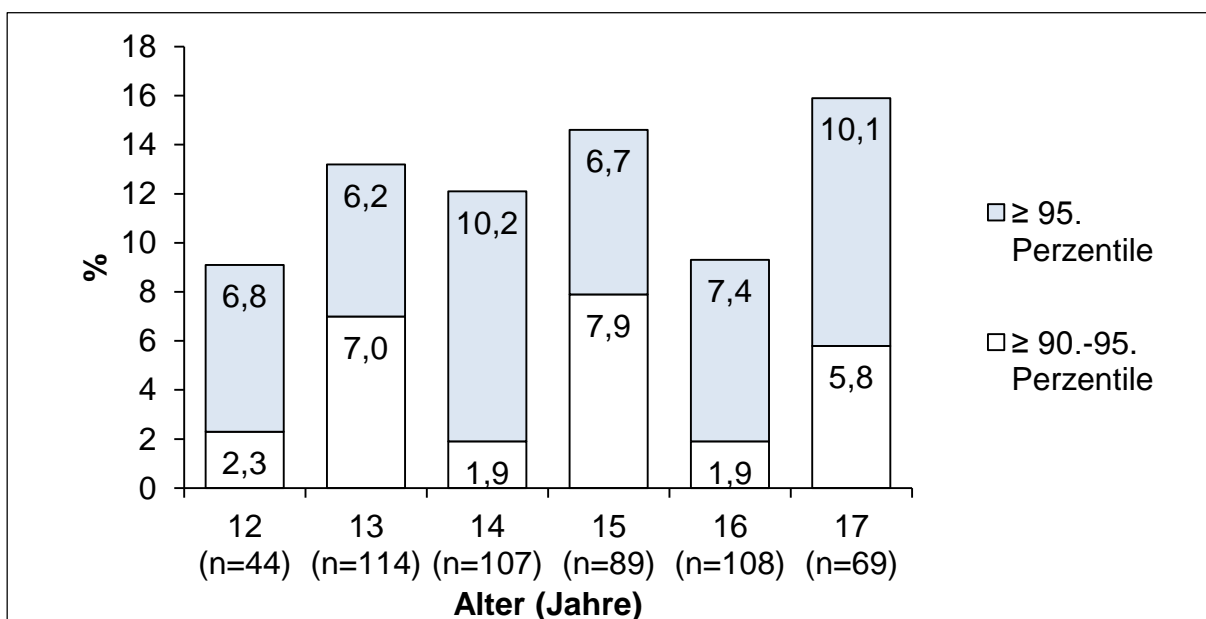


Abbildung 7. Prozentuale Häufigkeiten von hoch normalen und erhöhten Blutdruckwerten in Ruhe (nach KiGGS) getrennt nach Alter.

Nach Bildung der drei Altersgruppen 12-13 Jahre ($n=158$), 14-15 Jahre ($n=196$) und 16-17 Jahre ($n=177$) Jahre konnten 88,0% der 12- bis 13-Jährigen, 86,7% ($n=139$) der 14- bis 15-Jährigen ($n=170$) und 88,1% ($n=156$) der 16- bis 17-Jährigen als normotensiv klassifiziert werden. 6,3% ($n=10$) der Blutdruckwerte in Ruhe wurden bei den 12- bis 13-Jährigen als erhöht eingestuft. In der Altersgruppe 14-15 Jahre zeigten

8,7% ($n=17$) erhöhte Blutdruckwerte in Ruhe, während der prozentuale Anteil an hypertensiven Werten in der Gruppe der 16- bis 17-Jährigen bei 8,4% ($n=15$) lag (Abbildung 8).

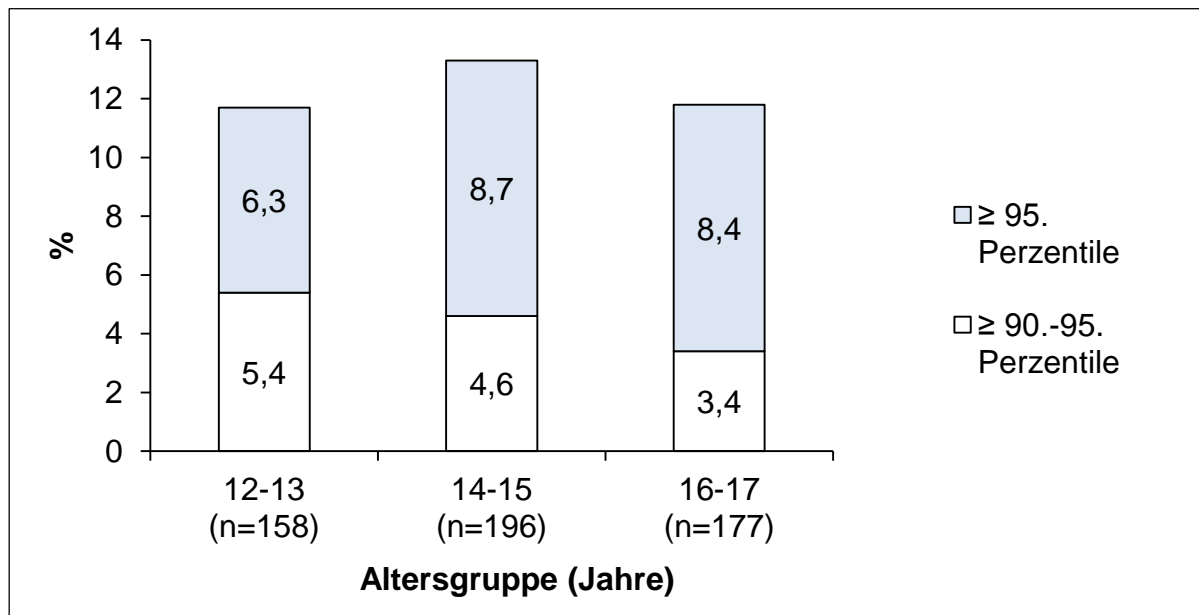


Abbildung 8. Prozentuale Häufigkeiten von hoch normalen und erhöhten Blutdruckwerten in Ruhe (nach KiGGS) in den drei Altersgruppen.

Der Anteil hoch normaler bzw. erhöhter Blutdruckwerte unterschied sich nicht zwischen den Geschlechtern. 87,8% der Jungen ($n=238$) und 87,3% der Mädchen ($n=227$) wiesen normale Blutdruckwerte in Ruhe auf (Abbildung 9).

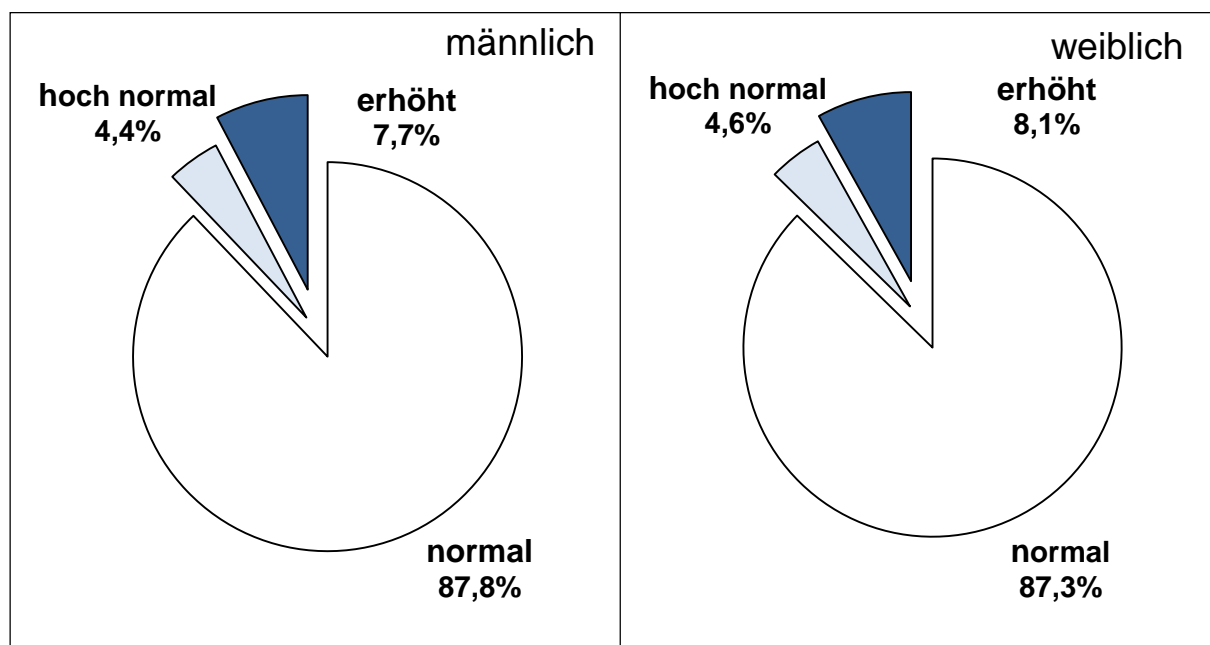


Abbildung 9. Prozentuale Verteilung normaler, hoch normaler und erhöhter Blutdruckwerte in Ruhe (nach KiGGS) bei Jungen ($n=271$) und Mädchen ($n=260$).

Bei Jungen der Altersgruppe 14-15 Jahre konnte der höchste absolute ($n=15$) und relative (5,5%) Anteil hoch normaler bzw. erhöhter Blutdruckwerte ihres Geschlechts gemessen werden, während dies bei den Mädchen im Alter von 16-17 Jahren ($n=12$; 4,6%) der Fall war (Abbildung 10).

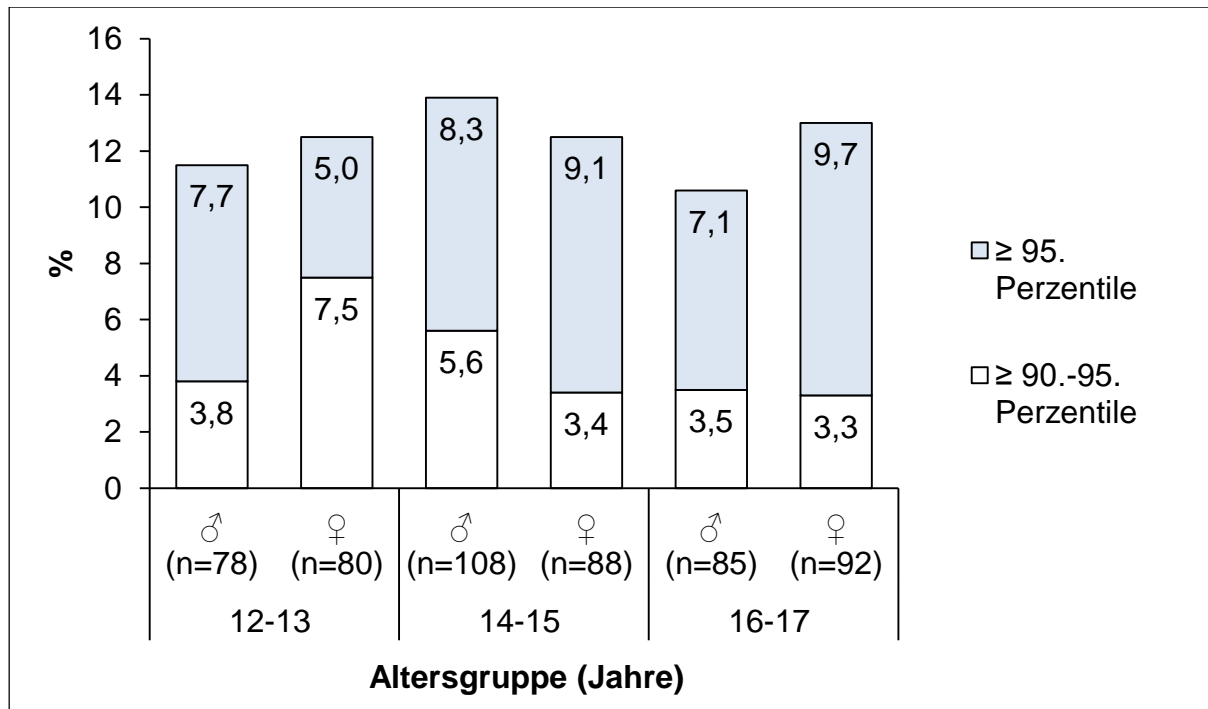


Abbildung 10. Prozentuale Häufigkeiten von hoch normalen und erhöhten Blutdruckwerten in Ruhe (nach KiGGS) bei Jungen ($n=271$) und Mädchen ($n=260$) in den drei Altersgruppen.

8.2.2 Perzentilen und Grenzwertbildung für den Belastungsblutdruck

Aus der in Abbildung 6 und Abbildung 8 dargestellten prozentualen Verteilung hoch normaler und erhöhter Blutdruckwerte in der Gesamtgruppe sowie innerhalb der drei Altersgruppen ergeben sich die entsprechenden Stichprobenperzentilen (Tabelle 12).

Tabelle 12. Abgeleitete Blutdruckperzentilen auf Basis der prozentualen Häufigkeiten von hoch normalen und erhöhten systolischen Ruheblutdruckwerten (nach KiGGS) für die Gesamtgruppe ($n=531$) und die drei Altersgruppen.

Altersgruppe (Jahre)	n	Perzentile hoch normal	Perzentile erhöht
12-13	158	88,3	93,7
14-15	196	86,7	91,3
16-17	177	88,2	91,6
Gesamt	531	87,6	92,1

In jeder Altersgruppe lag der Grenzwert für einen hoch normalen Blutdruck im Bereich der 86. bis 89. Stichprobenperzentile, während die Grenze für hypertensive Werte zwischen der 91. und 94. Perzentile zu finden war.

Tabelle 13 bildet die entsprechenden Perzentilen für die Geschlechtergruppen sowie für Jungen und Mädchen innerhalb der drei Altersgruppen ab, die aus der in Abbildung 9 und Abbildung 10 dargestellten geschlechts- und altersgruppenbezogenen prozentualen Verteilung hoch normaler bzw. erhöhter Messwerte resultieren.

Tabelle 13. Abgeleitete Blutdruckperzentilen für Jungen ($n=271$) und Mädchen ($n=260$) auf Basis der prozentualen Häufigkeiten von hoch normalen und erhöhten systolischen Ruheblutdruckwerten in den Geschlechter- und jeweiligen Altersgruppen.

	Altersgruppe (Jahre)	n	Perzentile hoch normal	Perzentile erhöht
♂	12-13	78	88,5	92,3
	14-15	108	86,1	91,7
	16-17	85	89,4	92,9
	Gesamt	271	87,9	92,3
♀	12-13	80	87,5	95,0
	14-15	88	87,5	90,9
	16-17	92	87,0	90,3
	Gesamt	260	87,3	91,9

Werden die in Tabelle 12 dargestellten Perzentilen für die Gesamtgruppe und jeweiligen Altersgruppen zugrunde gelegt, lassen sich die Grenzwerte für einen hoch normalen bzw. erhöhten systolischen Ruhe- und Belastungsblutdruck im untersuchten Kollektiv errechnen (Tabelle 14). In Tabelle 15 sind weiterhin die für Jungen und Mädchen abgeleiteten Grenzwerte anhand der in Tabelle 13 dargestellten altersgruppen- und geschlechtsdifferenzierten Perzentilen einzusehen.

Tabelle 14. Altersgruppenspezifische Grenzwerte für einen hoch normalen sowie erhöhten systolischen Ruhe- und Belastungsblutdruck (mmHg). sBD-Ruhe=systolischer Ruheblutdruck, sBD-Belastung=systolischer Belastungsblutdruck.

Parameter		12/13 Jahre	14/15 Jahre	16/17 Jahre	Gesamt
	<i>n</i>	158	196	177	531
sBD-Ruhe (mmHg)	hoch normal [#]	122,8	128,0	132,0	128,0
	erhöht [#]	128,0	132,0	134,1	132,0
	<i>n</i>	154	180	158	492
sBD-Belastung (mmHg)	hoch normal ^{##}	162,0	172,0	184,0	172,0
	erhöht ^{##}	172,0	176,0	191,3	180,0

[#] entspricht der 90. bzw. 95. alters-, geschlechts- und größenabhängigen KiGGS-Perzentile

^{##} auf Basis der Perzentilen für den Ruheblutdruck in der Gesamtgruppe und den drei Altersgruppen (Tabelle 12).

Tabelle 15. Altersgruppen- und geschlechtsspezifische Grenzwerte für einen hoch normalen sowie erhöhten systolischen Ruhe- und Belastungsblutdruck (mmHg) in den drei Altersgruppen. sBD-Ruhe=systolischer Ruheblutdruck, sBD-Belastung=systolischer Belastungsblutdruck.

Parameter		12/13 Jahre	14/15 Jahre	16/17 Jahre	Gesamt
	<i>n</i>	78	108	85	271
♂ RR-Ruhe (mmHg)	hoch normal [#]	125,8	131,7	136,0	132,0
	erhöht [#]	128,0	134,0	141,8	134,0
	<i>n</i>	76	97	79	252
♂ RR-Belastung (mmHg)	hoch normal ^{##}	166,3	172,0	193,0	176,8
	erhöht ^{##}	172,0	177,3	201,3	184,0
	<i>n</i>	80	88	92	260
♀ RR-Ruhe (mmHg)	hoch normal [#]	122,0	125,8	126,0	124,0
	erhöht ^{##}	127,8	127,8	128,0	128,0
	<i>n</i>	78	83	79	240
♀ RR-Belastung (mmHg)	hoch normal ^{##}	158,0	172,0	172,0	168,8
	erhöht ^{##}	172,0	174,7	178,5	174,0

[#] entspricht der 90. bzw. 95. alters-, geschlechts- und größenabhängigen KiGGS-Perzentile

^{##} auf Basis der Perzentilen für den Ruheblutdruck in den drei Altersgruppen bei Jungen und Mädchen (Tabelle 13)

Die berechnete Grenze für belastungshypertensive Werte liegt bei den 16- bis 17-jährigen Probanden der Gesamtstichprobe ($n=492$) knapp 20 mmHg über dem Grenzwert der 12- bis 13-Jährigen und ist knapp 15 mmHg höher als der errechnete Wert für die Gruppe der 14- bis 15-Jährigen. Der Grenzwert für eine Belastungshypertonie befindet sich im Alter von 16 bis 17 Jahren zudem 9 mmHg unter dem oberen Blutdruckgrenzwert für Erwachsene (Franz, 1982). Bei Jungen zeigen sich gegenüber den Mädchen überwiegend höhere Grenzwerte für hoch normale bzw. erhöhte Blutdruckwerte bei Belastung. Im Alter von 12 bis 13 Jahren sind die Grenzen für erhöhte und im Alter von 14 bis 15 Jahren für hoch normale Blutdruckwerte während Ergometrie bei beiden Geschlechtern identisch. Die Berechnung bringt bei den ältesten Jungen einen Grenzwert für eine Belastungshypertonie hervor, der praktisch identisch mit dem Grenzwert von Erwachsenen ist. Abschließend ist zu erwähnen, dass 2,2% ($n=11$) aller Blutdruckmesswerte unter Belastung bereits den für Erwachsene geltenden oberen Blutdruckgrenzwert für eine Belastungshypertonie (200/100 mmHg) überstiegen.

8.2.3 Einordnung des Blutdrucks bei Belastung

In Bezug auf die für die Gesamtgruppe genannten Grenzwerte in Tabelle 14 entsprachen 86,4% ($n=425$) der Messwerte einem normalen Blutdruckniveau während Ergometrie; 5,7% ($n=28$) der Probanden zeigten hoch normale Messwerte und 7,9% ($n=39$) sind als belastungshypertensiv einzuordnen (Abbildung 11).

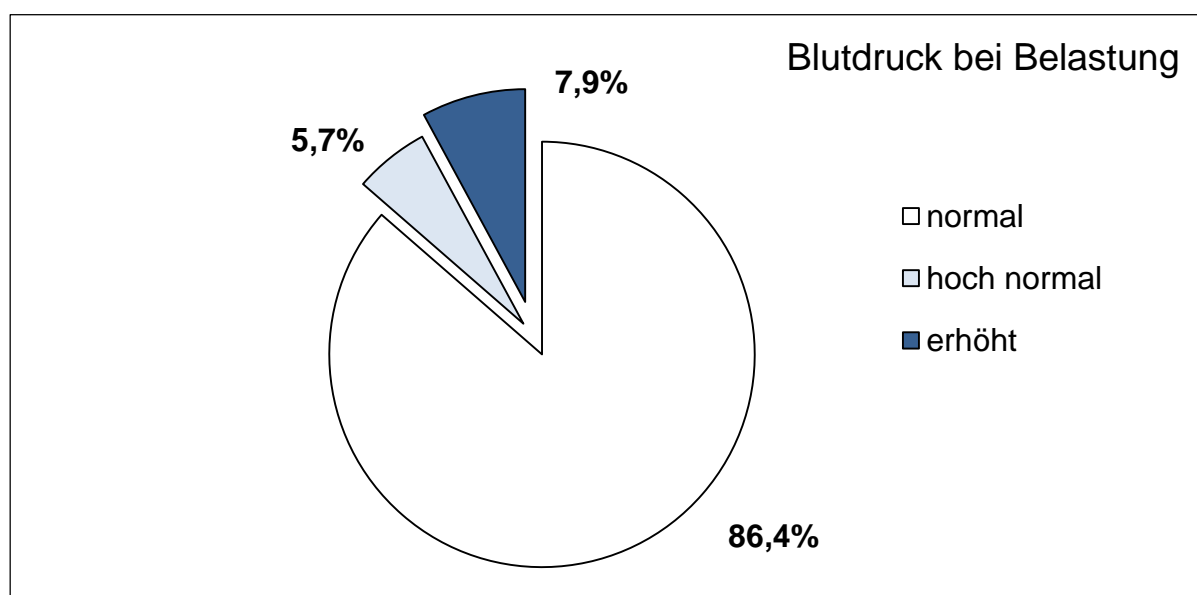


Abbildung 11. Prozentuale Verteilung normaler, hoch normaler und erhöhter Blutdruckwerte unter Belastung in der Gesamtgruppe ($n=492$; nach Tabelle 14)

Unter Anwendung des in Tabelle 14 dargestellten Grenzwertes für 12- bis 13-Jährige wurde deutlich, dass 6,5% ($n=10$) einen jeweils hoch normalen bzw. erhöhten Blutdruck bei einer Belastung von 1,5 Watt/kg Körpergewicht zeigten. In der Altersgruppe 14 bis 15 Jahre stieg der Anteil auf 6,7% ($n=12$) bzw. 8,9% ($n=16$). Dagegen konnten 3,8% ($n=6$) hoch normale bzw. 8,2% ($n=13$) hypertensive Belastungsblutdruckwerte in der ältesten Altersgruppe gemessen werden (Abbildung 12). Insgesamt wiesen 87,0% der 12- bis 13-Jährigen ($n=134$), 84,4% der 14- bis 15-Jährigen ($n=152$) und 88,0% der 16- bis 17-Jährigen ($n=139$) einen normalen Belastungsblutdruck auf.

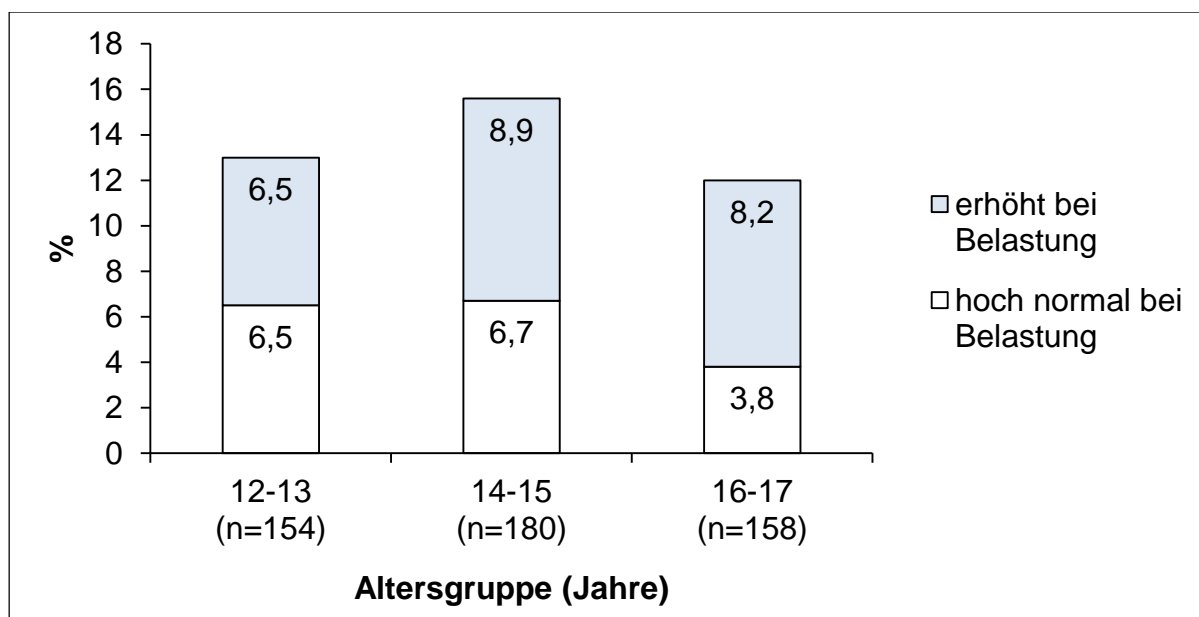


Abbildung 12. Prozentuale Häufigkeiten von hoch normalen und erhöhten Blutdruckwerten bei Belastung in den drei Altersgruppen.

Werden die alters- und geschlechtsabhängigen Grenzwerte aus Tabelle 15 zugrunde gelegt, sind 87,3% der Jungen ($n=220$) und 85,4% der Mädchen ($n=205$) als normotensiv bei Belastung einzustufen. Als hoch normal bzw. hypertensiv sind 5,2% ($n=13$) bzw. 7,5% der Jungen ($n=19$) und 5,8% ($n=14$) bzw. 8,8% der Mädchen ($n=21$) einzuordnen (Abbildung 13).

Unter ergometrischer Belastung machten Jungen der Altersgruppe 14 bis 15 Jahre absolut ($n=15$) und relativ den höchsten Anteil an hoch normalen bzw. erhöhten Messwerten während ergometrischer Belastung ihres Geschlechts aus (6,0%). Die Mehrheit aller hoch normalen bzw. erhöhten Belastungsblutdruckwerte der Mädchen

($n=13$, 5,4%) lag ebenfalls in der Altersgruppe der 14- bis 15-Jährigen vor (Abbildung 14).

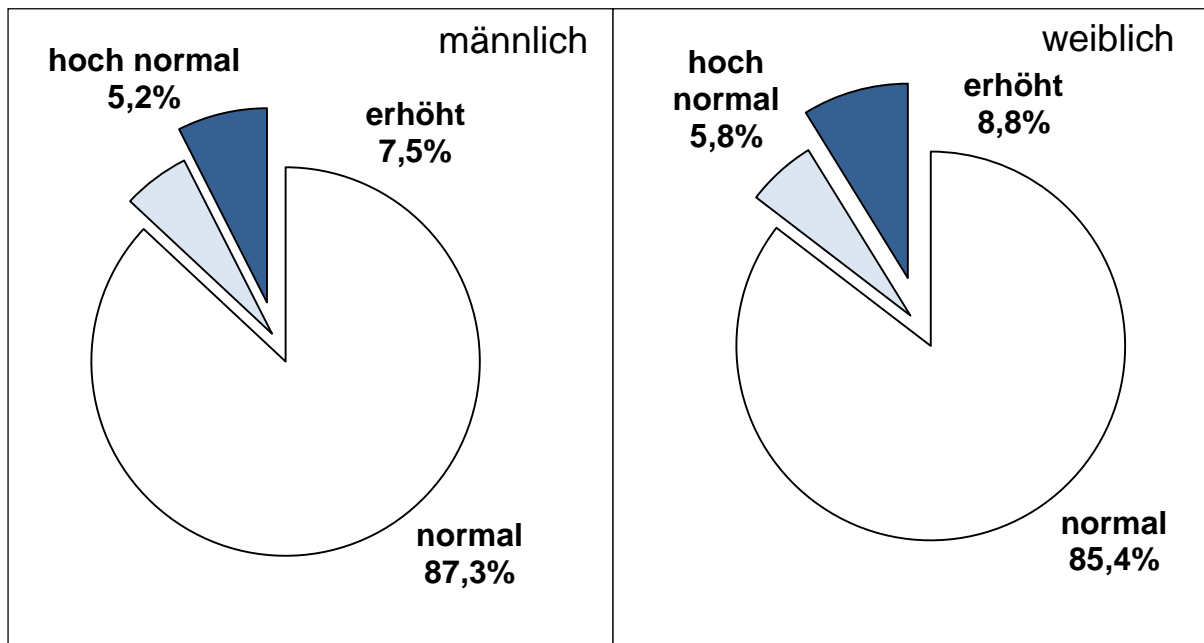


Abbildung 13. Prozentuale Verteilung normaler, hoch normaler und erhöhter Blutdruckwerte unter Belastung bei Jungen ($n=252$) und Mädchen ($n=240$).

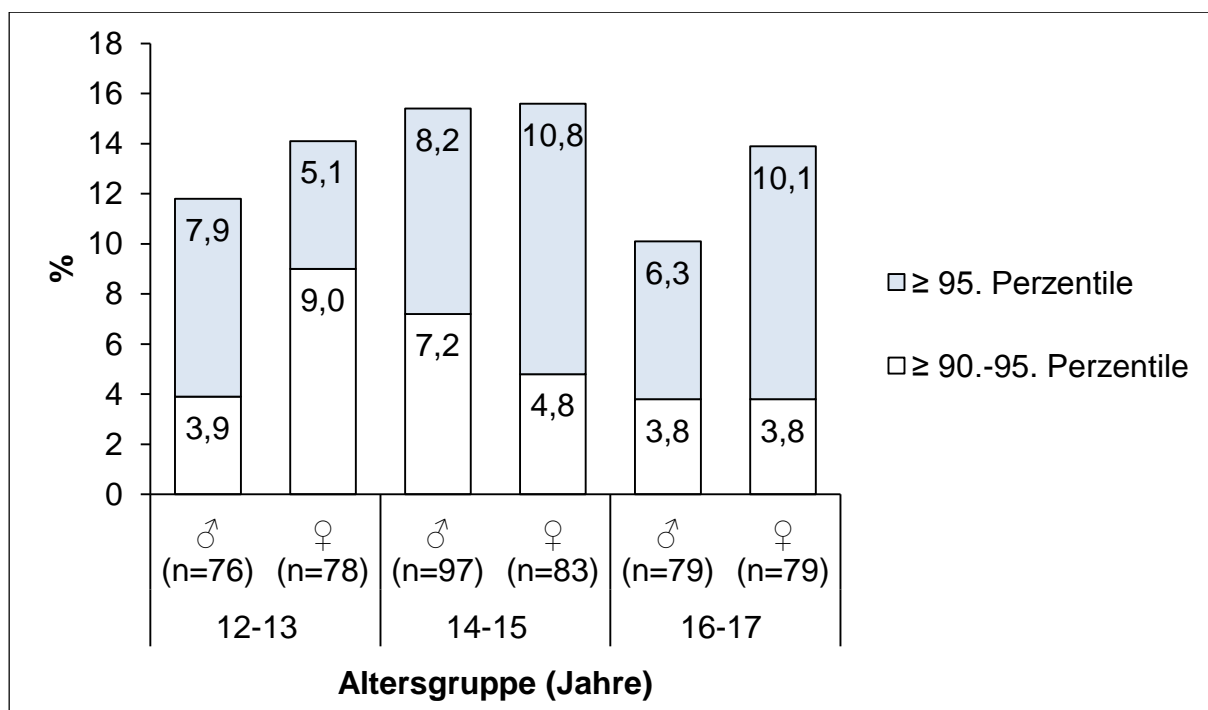


Abbildung 14. Prozentuale Häufigkeiten von hoch normalen und erhöhten Blutdruckwerten unter Belastung bei Jungen ($n=252$) und Mädchen ($n=240$) in den drei Altersgruppen.

8.2.4 Einteilung der Stichprobe nach normalen, hoch normalen und erhöhten Blutdruckwerten in Ruhe und unter Belastung

Von den $n=423$ Probanden (86,0%), die gemäß ihrer altersgruppenspezifischen Grenzwerte (Tabelle 14) normale Blutdruckwerte in Ruhe zeigten, wiesen $n=387$ auch normale Blutdruckwerte bei Belastung auf. Somit waren bei 78,7% der Gesamtgruppe normotensive Blutdruckwerte in Ruhe und unter Belastung messbar. Bei $n=23$ (4,7%) war der Belastungsblutdruck dagegen hoch normal und in $n=13$ Fällen (2,6%) erhöht. Bei jenen $n=25$ Probanden (5,1%), deren Ruheblutdruck als hoch normal definiert werden konnte, erwies sich dies bei $n=2$ auch unter Belastung (0,4%); $n=14$ Teilnehmer (2,8%) zeigten hingegen normale Blutdruckwerte, während $n=9$ (1,8%) unter Belastung hypertensiv waren. Von den $n=44$ Probanden (8,9%) mit erhöhten Blutdruckwerten in Ruhe bestätigte sich dies bei $n=17$ (3,5%) auch unter Belastung. In $n=24$ Fällen (4,9%) war der Belastungsblutdruck dagegen als normal und bei $n=3$ (0,6%) als hoch normal einzustufen (Tabelle 16).

Tabelle 16. Absolute (n) und relative (%) Anteile der normotensiven, hoch normalen und hypertensiven Probanden bei Belastung an den normotensiven, hoch normalen und hypertensiven Probanden unter Ruhebedingungen in der Gesamtgruppe ($n=492$) (altersgruppenspezifische Grenzwerte nach Tabelle 14).

		Ruheblutdruck*			Summe
		normal	hoch normal	erhöht	
Belastungsblutdruck*	normal	387 (78,7%)	14 (2,8%)	24 (4,9%)	425 (86,4%)
	hoch normal	23 (4,7%)	2 (0,4%)	3 (0,6%)	28 (5,7%)
	erhöht	13 (2,6%)	9 (1,8%)	17 (3,5 %)	39 (7,9%)
	Summe	423 (86,0%)	25 (5,1%)	44 (8,9%)	492 (100%)

* altersgruppenspezifische Grenzwerte nach Tabelle 14

Werden die altersgruppen- und geschlechtsabhängigen Grenzwerte für den Ruhe- und Belastungsblutdruck aus Tabelle 15 herangezogen, ergibt sich die in Tabelle 17 dargestellte Verteilung. Von den insgesamt $n=223$ Jungen (88,5% der männlichen Gesamtstichprobe) mit normalen Blutdruckwerten unter Ruhebedingungen zeigten $n=202$ Jungen (80,2%) auch unter Belastung normale Werte; $n=10$ Jungen (4,0%) wiesen hoch normale und $n=11$ Jungen (4,4%) erhöhte Blutdruckwerte auf. In $n=8$ Fällen (3,2%) stellte sich ein hoch normaler Ruheblutdruck heraus, der dagegen bei Belastung nur in einem Fall (0,4%) hoch normal war; $n=7$ männliche Studienteilnehmer

(2,8%) zeigten unter Belastung hingegen normale Werte. Von den $n=21$ hypertensiven Jungen in Ruhe (8,3%) waren $n=8$ Jungen auch unter Belastung hypertensiv (3,2%). Der überwiegende Teil der erhöhten Ruhewerte stellte sich dagegen als normaler Blutdruck unter Belastung heraus ($n=11$; 4,3%); in $n=2$ Fällen (0,8%) wurde ein hoch normaler Belastungsblutdruck erfasst.

Auch die Mehrheit aller $n=204$ (85,0% der weiblichen Gesamtstichprobe) normotensiven Mädchen in Ruhe wies unter Belastung normale Blutdruckwerte auf ($n=187$; 77,9%); $n=7$ weibliche Teilnehmer (2,9%) waren dagegen belastungshypertensiv, während $n=10$ Mädchen hoch normale Blutdruckwerte unter Belastung zeigten. Der in $n=15$ Fällen festgestellte hoch normale Ruheblutdruck (6,2%) konnte in $n=3$ Fällen (1,2%) auch bei Belastung gemessen werden; $n=9$ Mädchen (3,8%) waren dagegen normotensiv unter Belastung, weitere $n=3$ Mädchen (1,2%) waren belastungshypertensiv. Von den $n=21$ Mädchen mit erhöhten Ruhewerten (8,8%) waren $n=11$ Mädchen (4,6%) ebenfalls belastungshypertensiv, während $n=9$ weibliche Teilnehmer (3,8%) einen normalen Blutdruck bei Ergometrie zeigten. Bei einem Mädchen (0,4%) war der Belastungsblutdruck hoch normal.

Tabelle 17. Absolute (n) und relative (%) Anteile der normotensiven, hoch normalen und hypertensiven Blutdruckwerte bei Jungen ($n=252$) und Mädchen ($n=240$) unter Belastung an den normotensiven, hoch normalen und hypertensiven Blutdruckwerten bei Jungen und Mädchen in Ruhe (nach Tabelle 15).

		Ruheblutdruck*				
		normal	hoch normal	erhöht	Summe	
♂	Belastungsblutdruck*	normal	202 (80,2%)	7 (2,8%)	11 (4,3%)	220 (87,3%)
		hoch normal	10 (4,0%)	1 (0,4%)	2 (0,8%)	13 (5,2%)
		erhöht	11 (4,4%)	0 (0,0%)	8 (3,2%)	19 (7,5%)
		Summe	223 (88,5%)	8 (3,2%)	21 (8,3%)	252 (100%)
♀	Belastungsblutdruck*	normal	187 (77,9%)	9 (3,8%)	9 (3,8%)	205 (85,4%)
		hoch normal	10 (4,2%)	3 (1,2%)	1 (0,4%)	14 (5,8%)
		erhöht	7 (2,9%)	3 (1,2%)	11 (4,6%)	21 (8,8%)
		Summe	204 (85,0%)	15 (6,2%)	21 (8,8%)	240 (100%)

* altersgruppen- und geschlechtsspezifische Grenzwerte nach Tabelle 15

In Tabelle 18 werden die absoluten und relativen Anteile der Jungen und Mädchen (Tabelle 17) zusammengefasst in Bezug auf die Gesamtgruppe ($n=492$) dargestellt. Da die in Tabelle 17 dargestellten Häufigkeiten mit alters- und geschlechtsspezifischen Grenzwerten korrespondieren, ergeben sich in der folgenden Zusammenfassung leichte Abweichungen in den Häufigkeiten gegenüber der Tabelle 16.

Tabelle 18. Zusammengefasste absolute (n) und relative (%) Anteile der in Tabelle 17 abgebildeten geschlechtsspezifischen Verteilung in Relation zur Gesamtgruppe ($n=492$).

		Ruheblutdruck*			
		normal	hoch normal	erhöht	Summe
Belastungsblutdruck*	normal	389 (79,1%)	16 (3,3%)	20 (4,1%)	425 (86,4%)
	hoch normal	20 (4,1%)	4 (0,8%)	3 (0,6%)	27 (5,5%)
	erhöht	18 (3,7%)	3 (0,6%)	19 (3,9%)	40 (8,1%)
	Summe	427 (86,8%)	23 (4,7%)	42 (8,5%)	492 (100%)

* altersgruppen- und geschlechtsspezifische Grenzwerte nach Tabelle 15

8.3 Anthropometrische Daten

Alter, Körpergröße, Körpergewicht, Body-Mass-Index (BMI), BMI-Perzentile und Taillenumfang werden als Mittelwerte \pm Standardabweichung dargestellt, in die entsprechenden Referenzwerte eingeordnet (vgl. Kapitel 7.4.1) sowie auf signifikante Geschlechts- und Altersunterschiede getestet.

8.3.1 Prävalenz von Übergewicht und Adipositas

In Tabelle 19 sind die anthropometrischen Daten der Gesamtgruppe ($n=532$), der Jungen ($n=271$) und der Mädchen ($n=261$) dargestellt. Altersunterschiede lagen nicht vor ($t=-0,219$, $df=530$, $p=0,827$). Die Jungen der Stichprobe waren größer ($t=10,677$, $df=481$, $p<0,001$, $d=0,92$), besaßen ein höheres Körpergewicht ($t=4,671$, $df=505$, $p<0,001$, $d=0,41$) und einen größeren Taillenumfang ($t=4,184$, $df=527$, $p<0,001$, $d=0,4$) als die Mädchen. Der BMI ($t=1,049$, $df=529$, $p=0,295$) bzw. die BMI-Perzentile ($t=-0,888$, $df=529$, $p=0,375$) unterschieden sich nicht zwischen den Geschlechtern.

Table 19. Alter (Jahre), Körpergröße (cm), Körpergewicht (kg), BMI (kg/m²), BMI-Perzentile und Taillenumfang (cm) in der Gesamtgruppe ($n=532$) und den Geschlechtergruppen. Dargestellt sind $M \pm SD$, min, max. *** $p < 0,001$ für signifikante Geschlechtsunterschiede. n.s.=nicht signifikant.

	Parameter	n	$M \pm SD$	min	max	p (♂/♀)	
Gesamt	Alter (Jahre)	532	14,6 ± 1,5	12,0	17,0	<i>Alter:</i> $p=0,827$ (n.s.)	
	Körpergröße (cm)	532	169,1 ± 9,3	147,0	193,0		
	Körpergewicht (kg)	531	60,5 ± 12,6	33,5	112,5		
	BMI (kg/m ²)	531	21,0 ± 3,4	13,2	35,5		
	BMI-Perzentile	531	58,4 ± 27,4	0,0	99,5		<i>Körpergröße:</i> $p < 0,001$ ***
	Taillenumfang (cm)	529	71,0 ± 8,7	51,0	111,0		
♂	Alter (Jahre)	271	14,6 ± 1,5	12	17	<i>Körpergewicht:</i> $p < 0,001$ ***	
	Körpergröße (cm)	271	172,9 ± 9,8	147,0	193,0		
	Körpergewicht (kg)	271	63,0 ± 13,8	33,8	112,5		
	BMI (kg/m ²)	271	20,9 ± 3,4	13,2	34,1		<i>BMI:</i> $p=0,295$ (n.s.)
	BMI-Perzentile	271	57,4 ± 27,6	0,0	99,5		
	Taillenumfang (cm)	271	72,6 ± 8,0	56,0	111,0		<i>BMI-Perzentile:</i> $p=0,375$ (n.s.)
Alter (Jahre)	261	14,6 ± 1,5	12	17			
♀	Körpergröße (cm)	261	165,1 ± 6,8	147,0	186,0	<i>Taillenumfang:</i> $p < 0,001$ ***	
	Körpergewicht (kg)	260	58,0 ± 10,6	33,5	102,7		
	BMI (kg/m ²)	260	21,2 ± 3,4	13,4	35,6		
	BMI-Perzentile	260	59,5 ± 27,1	0,0	99,5		
	Taillenumfang (cm)	258	69,4 ± 8,2	51,0	107,0		

Mit zunehmendem Alter ließ sich insgesamt ein Anstieg in Körpergröße und -gewicht sowie im BMI und Taillenumfang beobachten (Tabelle 20, Abbildung 15). Die mittlere BMI-Perzentile nahm bis zu einem Alter von 14 Jahren zunächst zu und zeigte im Alter von 15 und 16 Jahren eine leichte Abnahme, bevor sich erneut ein leichter Anstieg verzeichnen ließ. 14-Jährige wiesen ihrer durchschnittlichen alters- und geschlechtsabhängigen BMI-Perzentile ($61,6 \pm 28,0$) entsprechend den höchsten BMI im Altersvergleich ($21,4 \pm 4,3 \text{ kg/m}^2$) auf. Obwohl bei den 17-Jährigen die höchsten Body-Mass-Indizes von durchschnittlich $22,5 \pm 3,6 \text{ kg/m}^2$ ermittelt werden konnten, lag dieser nach Einordnung in die entsprechenden Referenzperzentilen unter der ermittelten BMI-Perzentile der 13- und 14-jährigen Probanden.

Tabelle 20. Anthropometrische Daten getrennt nach Alter. Dargestellt sind $M \pm SD$. J=Jahre, KG=Körpergewicht, BMI-P.=BMI-Perzentile, TU=Taillenumfang.

Alter (J)	<i>n</i>	Größe (cm)	<i>n</i>	KG (kg)	<i>n</i>	BMI (kg/m ²)	BMI-P.	<i>n</i>	TU (cm)
12	45	159,0 ± 6,9	45	47,9 ± 10,1	45	18,8 ± 3,0	52,0 ± 26,3	44	64,6 ± 6,9
13	114	165,0 ± 7,2	114	55,3 ± 10,2	114	20,2 ± 2,9	60,9 ± 26,7	114	68,0 ± 7,6
14	107	169,1 ± 8,8	107	61,7 ± 15,2	107	21,4 ± 4,3	61,6 ± 28,0	106	72,4 ± 10,7
15	89	172,7 ± 8,7	89	62,1 ± 9,7	89	21,0 ± 2,8	56,7 ± 27,5	88	71,2 ± 6,4
16	108	173,0 ± 8,6	107	64,6 ± 9,3	107	21,5 ± 2,7	56,3 ± 26,6	108	72,7 ± 7,9
17	69	172,5 ± 9,3	69	67,2 ± 12,5	69	22,5 ± 3,6	59,2 ± 29,0	69	75,2 ± 8,6

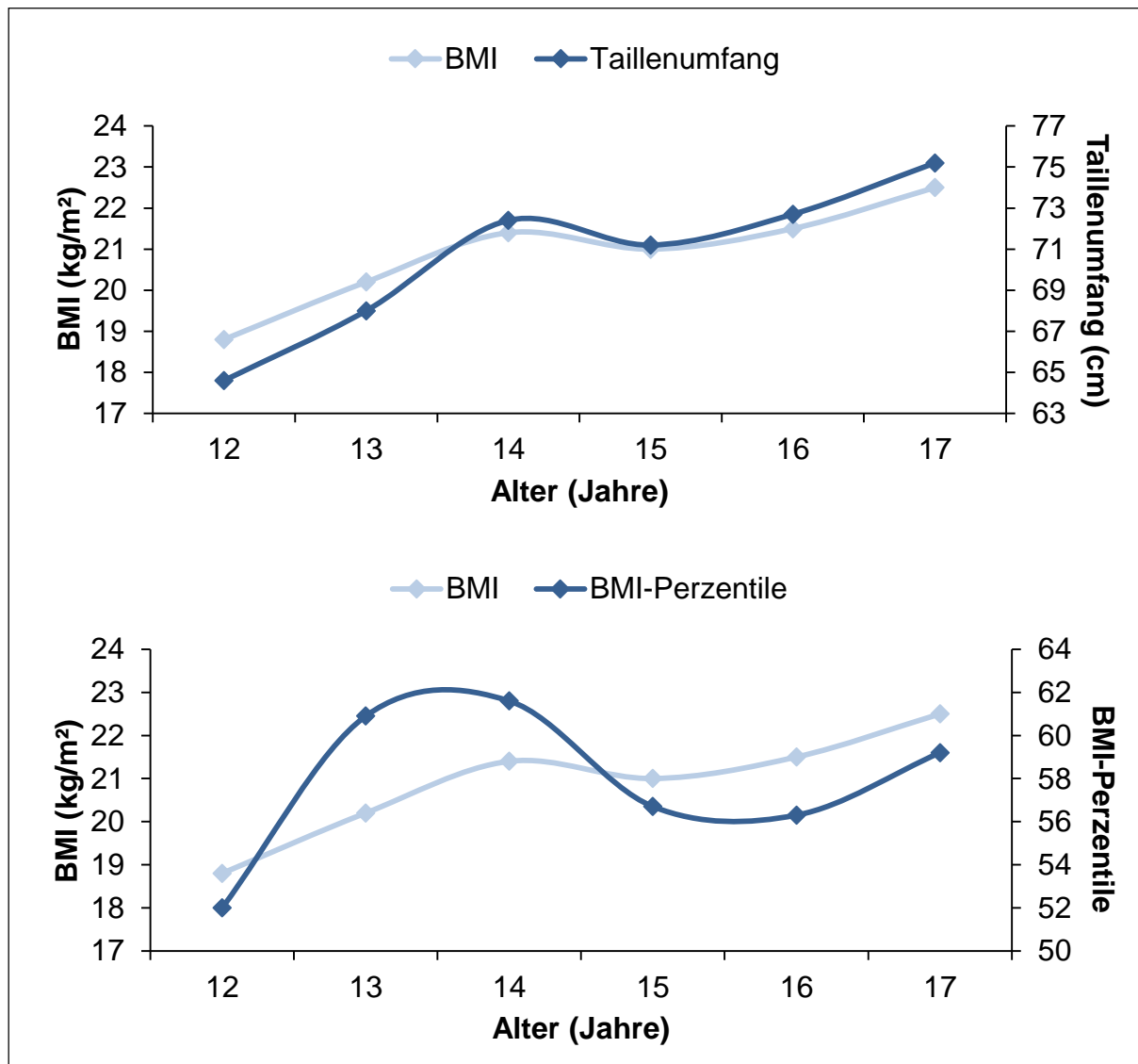


Abbildung 15. BMI (kg/m²), Taillenumfang (cm) und BMI-Perzentile im Altersgang (Mittelwerte).

Die Klassifikation des BMI (Kromeyer-Hauschild et al., 2001) in der Gesamtgruppe ($n=531$) und den Geschlechtergruppen ist tabellarisch (Tabelle 21) und grafisch (Abbildung 16) dargestellt. 5,5% ($n=29$) der untersuchten Probanden waren adipös (≥ 97 . Perzentile); bei 7,9% ($n=42$) lag Übergewicht (≥ 90 .-97. Perzentile), bei 81,5% ($n=433$) Normalgewicht (≥ 10 .-90. Perzentile) und bei 5,1% ($n=27$) Untergewicht (0.-10. Perzentile) vor. Es zeigten sich keine nennenswerten geschlechtsspezifischen Unterschiede hinsichtlich der Gruppenzugehörigkeit im BMI ($z=-0,553$, $p=0,580$). 14,1% der Jungen ($n=38$) und 12,7% der Mädchen ($n=33$) waren übergewichtig bzw. adipös. Der Anteil normalgewichtiger Studienteilnehmer betrug in beiden Geschlechtergruppen 81,5%.

Tabelle 21. Klassifikation des BMI in der Gesamtgruppe ($n=531$) und den Geschlechtergruppen. Dargestellt sind absolute (n) und relative (%) Anteile. n.s.=nicht signifikant.

Parameter	Gesamt ($n=531$)	♂ ($n=271$)	♀ ($n=260$)	p (♂/♀)	
Body-Mass-Index	Adipositas	29 (5,5%)	14 (5,2%)	15 (5,8%)	<i>BMI-Klassifikation: $p=0,580$ (n.s.)</i>
	Übergewicht	42 (7,9%)	24 (8,9%)	18 (6,9%)	
	Normalgewicht	433 (81,5%)	221 (81,5%)	212 (81,5%)	
	Untergewicht	27 (5,1%)	12 (4,4%)	15 (5,8%)	

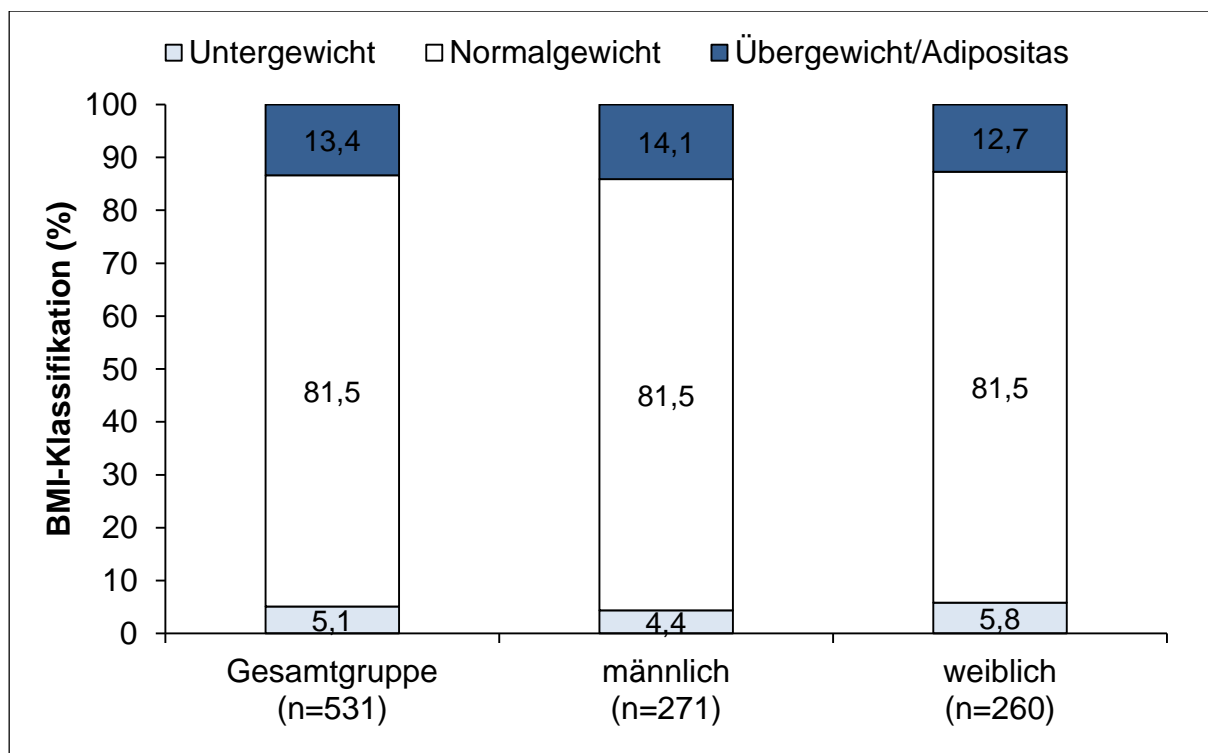


Abbildung 16. Klassifikation des BMI in der Gesamtgruppe ($n=531$) und den Geschlechtergruppen (%).

Entsprechend der alters- und geschlechtsabhängigen KiGGS-Referenzperzentilen (Kromeyer-Hauschild et al., 2011) lag der Taillenumfang bei 3,6% ($n=19$) der Versuchspersonen oberhalb der 97. Perzentile; 8,7% ($n=46$) der Messwerte waren zwischen der 90. und 97. Perzentile einzuordnen. 77,1% ($n=408$) der Probanden zeigten Bauchumfänge zwischen der 10. und 90. Perzentile und 10,6% ($n=56$) lagen

unterhalb der 10. Perzentile. Geschlechtsspezifische Unterschiede im Hinblick auf die Verteilung der Bauchumfänge waren nicht zu erkennen ($z=-0,555$, $p=0,579$). Bei 11,5% der Jungen ($n=31$) und 13,2% der Mädchen ($n=34$) lag der Bauchumfang oberhalb der 90. alters- und geschlechtsabhängigen Referenzperzentile (Tabelle 22, Abbildung 17).

Tabelle 22. Klassifikation des Taillenumfangs in der Gesamtgruppe ($n=529$) und den Geschlechtergruppen. Dargestellt sind absolute (n) und relative (%) Anteile. n.s.=nicht signifikant.

Parameter	Gesamt ($n=529$)	♂ ($n=271$)	♀ ($n=258$)	p (♂/♀)	
Taillenumfang	≥ 97. Perzentile	19 (3,6%)	11 (4,1%)	8 (3,1%)	<i>Taillenumfang- Klassifikation: $p=0,579$ (n.s.)</i>
	≥ 90.-97. Perzentile	46 (8,7%)	20 (7,4%)	26 (10,1%)	
	≥ 10.-90. Perzentile	408 (77,1%)	212 (78,2%)	196 (76,0%)	
	< 10. Perzentile	56 (10,6%)	28 (10,3%)	28 (10,9%)	

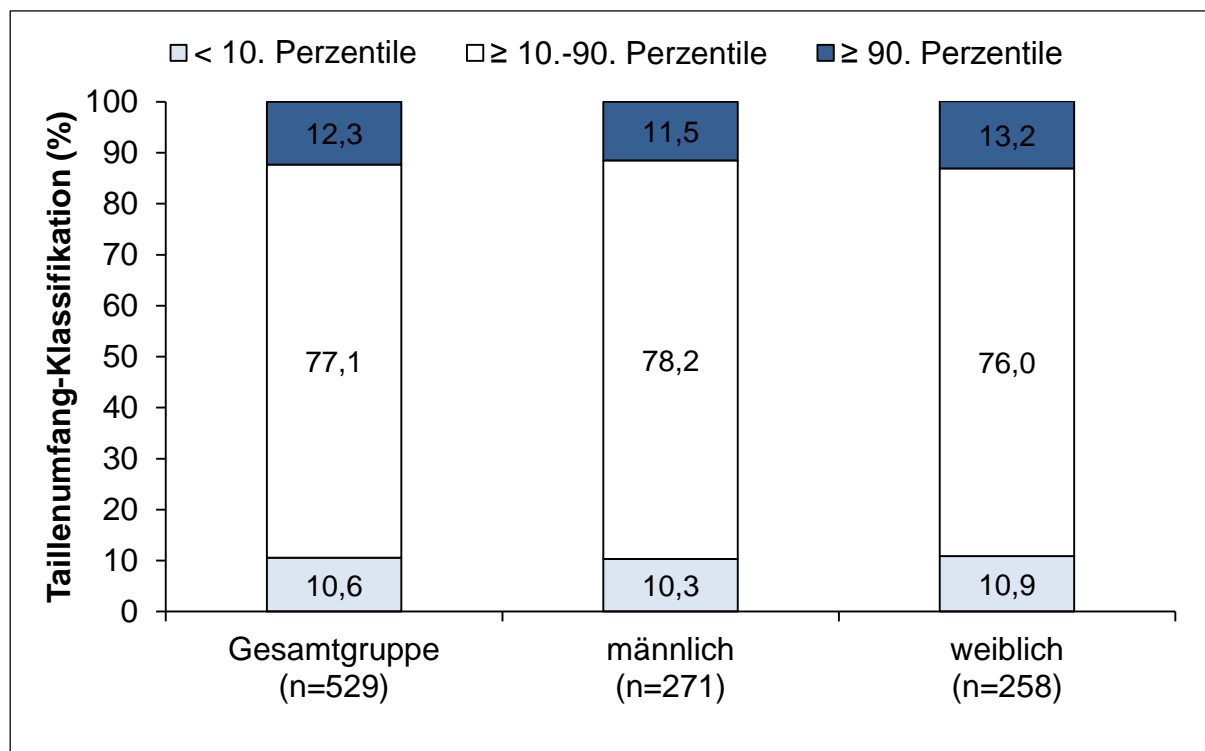


Abbildung 17. Klassifikation des Taillenumfangs in der Gesamtgruppe ($n=529$) und den Geschlechtergruppen (%).

8.3.2 Gesamtbetrachtung von BMI und Taillenumfang nach Alter und Geschlecht

In Tabelle 23 sind die mittleren Werte des BMI, der BMI-Perzentile und des Bauchumfangs nach Alter und Geschlecht einzusehen. Jungen zeigten in jeder Altersstufe höhere Bauchumfänge als Mädchen; signifikante Unterschiede waren jedoch allenfalls im Alter von 12 Jahren ($t=2,515$, $df=42$, $p=0,012$, $d=0,79$) und 13 Jahren sichtbar ($t=2,115$, $df=112$, $p=0,037$, $d=0,41$). Im Altersgang ließ sich tendenziell eine Zunahme im BMI beobachten; in den mittleren BMI-Perzentilen bestätigte sich dieser altersabhängige Anstieg jedoch nicht. Bei 13- und 14-jährigen Jungen sowie 13- und 17-jährigen Mädchen entsprach der BMI der höchsten Perzentile ihres Geschlechts. Zwischen Jungen und Mädchen bestanden keine statistisch relevanten Unterschiede im BMI oder in der BMI-Perzentile (Abbildung 18).

Tabelle 23. BMI (kg/m²), BMI-Perzentile und Taillenumfang (cm) getrennt nach Alter und Geschlecht. Dargestellt sind $M \pm SD$. * $p < 0,05$ für signifikante Geschlechtsunterschiede. J=Jahre, BMI-P.=BMI-Perzentile, TU=Taillenumfang.

Alter (J)	♂					♀				
	<i>n</i>	BMI (kg/m ²)	BMI-P.	<i>n</i>	TU (cm)	<i>n</i>	BMI (kg/m ²)	BMI-P.	<i>n</i>	TU (cm)
12	24	19,4 ± 3,7	55,5 ± 28,2	24	66,9 ± 7,9*	21	18,2 ± 1,9	48,0 ± 24,0	20	61,9 ± 4,2*
13	54	19,5 ± 2,7	60,5 ± 25,3	54	69,6 ± 7,9*	60	19,0 ± 3,0	61,3 ± 28,0	60	66,6 ± 7,0*
14	62	20,9 ± 4,2	62,7 ± 28,1	62	74,0 ± 10,8	45	21,0 ± 4,6	60,0 ± 28,1	44	70,2 ± 10,3
15	46	20,2 ± 2,8	54,4 ± 27,9	46	72,3 ± 5,9	43	20,9 ± 3,0	59,2 ± 27,1	42	70,0 ± 6,8
16	46	21,2 ± 2,9	52,5 ± 28,6	46	74,3 ± 8,4	61	21,8 ± 2,5	59,2 ± 24,9	62	71,5 ± 7,3
17	39	21,6 ± 3,6	55,3 ± 28,1	39	76,1 ± 8,9	30	22,5 ± 3,7	64,4 ± 29,9	30	74,0 ± 8,3

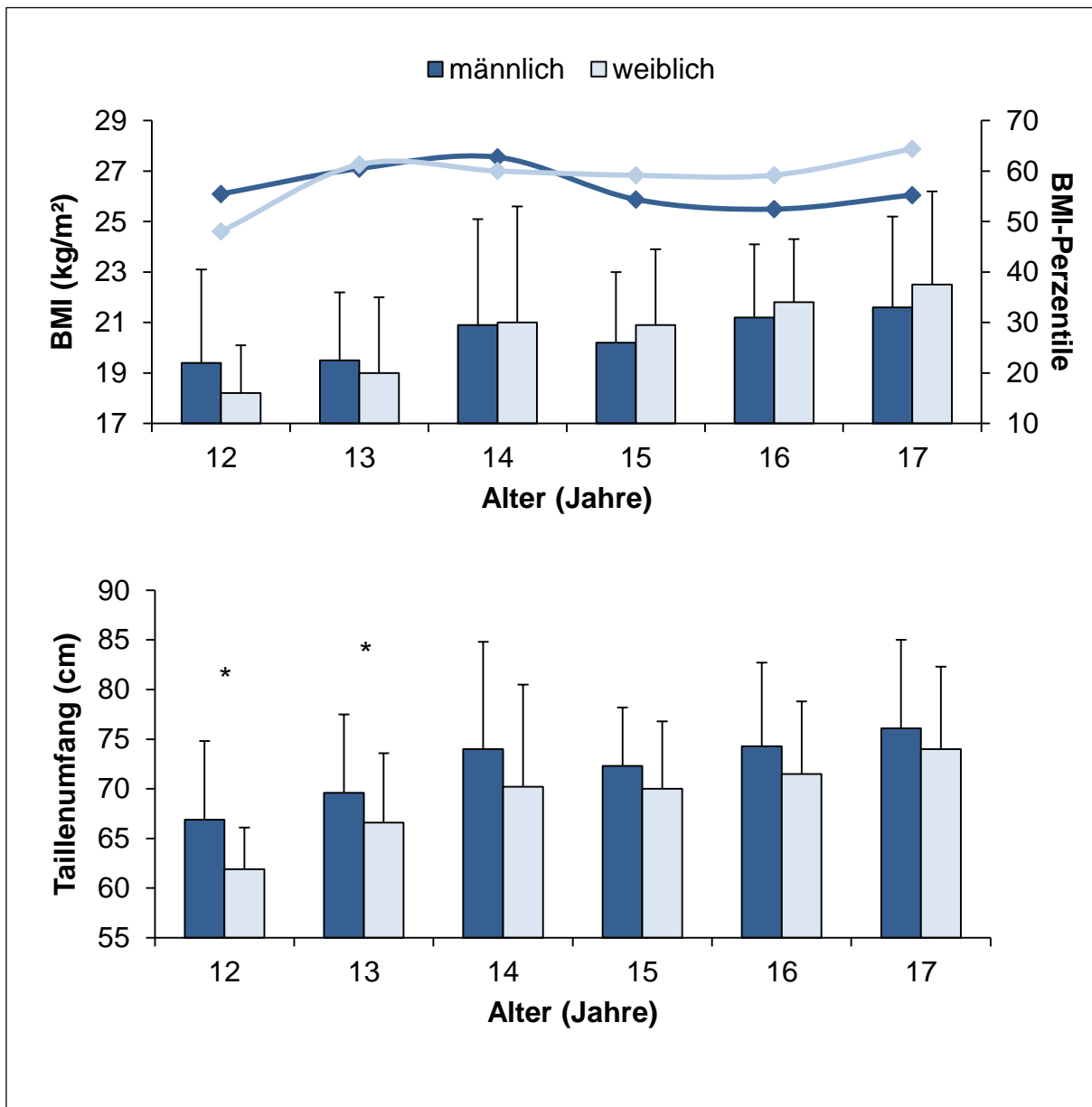


Abbildung 18. BMI (kg/m²), BMI-Perzentile (dargestellt als Linie) und Taillenumfang (cm) bei Jungen und Mädchen im Altersgang. Dargestellt sind $M \pm SD$. * $p < 0,05$ für signifikante Geschlechtsunterschiede.

8.4 Körperliche Leistungsfähigkeit

Die Testergebnisse auf dem Fahrradergometer werden als absolute und relative aerobe Leistungsfähigkeit in Watt dargestellt. Die Beurteilung der Physical Working Capacity 170 (PWC170) erfolgte als relative Leistung in Watt je kg Körpergewicht bei einer Herzfrequenz von 170 Schlägen pro Minute.

8.4.1 Absolute und relative Ausdauerleistungsfähigkeit

Tabelle 24 verdeutlicht die mittleren Wattzahlen, die bei den unterschiedlichen gewichtsbezogenen Belastungsstufen erreicht wurden. Die Minima und Maxima der Wattstufen weisen auf extreme individuelle Unterschiede in der Körperkomposition der Probanden hin. Bei $n=91$ (18,5%) Probanden war die Untersuchung nach der zweiten Belastungsstufe ($86,7 \pm 14,3$ Watt) beendet. Weitere $n=171$ (34,8%) Probanden absolvierten den Test innerhalb einer Belastungszeit von 9 Minuten ($115,9 \pm 19,7$ Watt). Bei $n=156$ (31,7%) Versuchspersonen wurde die Messung nach der vierten Belastungsstufe ($149,4 \pm 26,5$ Watt) abgebrochen, während $n=70$ (14,2%) Teilnehmer nach einer Belastungszeit von 15 Minuten ($183,1 \pm 31,1$ Watt) die Zielherzfrequenz von 170 Schlägen pro Minute erreichten. In $n=4$ (0,8%) Fällen war der Test nach einer Belastung von 18 Minuten ($210,0 \pm 28,6$ Watt) beendet.

Die durchschnittliche absolute Leistung der Gesamtstichprobe in der PWC170 betrug $120,2 \pm 38,5$ Watt (Tabelle 25). Die relative Ausdauerleistungsfähigkeit lag bei $2,0 \pm 0,5$ Watt/kg Körpergewicht. Das Ergebnis konnte in drei Fällen nicht ausgewertet werden, da die Zielherzfrequenz von 170 Schlägen pro Minute bereits in der ersten Stufe überschritten wurde bzw. der Test vorzeitig wegen Schwindel abgebrochen werden musste. Von den $n=492$ getesteten Probanden erreichten 99,4% die vorgegebene Herzfrequenz. Jungen wiesen gegenüber den Mädchen eine signifikant höhere absolute ($t=12,565$, $df=450$, $p<0,001$, $d=1,13$) und relative Leistungsfähigkeit auf ($t=11,541$, $df=483$, $p<0,001$, $d=0,88$).

Tabelle 24. Absolute Leistung (Watt) sowie Herzfrequenz (S/min) am Ende der Belastungsstufen in der Gesamtgruppe ($n=492$). Dargestellt sind $M \pm SD$, min, max. HF=Herzfrequenz, KG=Körpergewicht.

Parameter		n	$M \pm SD$	min	max
1,0 Watt/kg KG	Watt	492	$57,7 \pm 9,4$	30	90
	HF (S/min)		$131,7 \pm 15,7$	96	189
1,5 Watt/kg KG	Watt	492	$86,7 \pm 14,3$	45	135
	HF (S/min)		$150,4 \pm 17,1$	109	198
2,0 Watt/kg KG	Watt	401	$115,9 \pm 19,7$	60	180
	HF (S/min)		$163,4 \pm 14,5$	123	196
2,5 Watt/kg KG	Watt	230	$149,4 \pm 26,5$	75	225
	HF (S/min)		$170,4 \pm 9,4$	142	189
3,0 Watt/kg KG	Watt	74	$183,1 \pm 31,1$	120	240
	HF (S/min)		$175,4 \pm 5,6$	162	188
3,5 Watt/kg KG	Watt	4	$210,0 \pm 28,6$	175	245
	HF (S/min)		$178,3 \pm 1,7$	176	180

Tabelle 25. Absolute (Watt) und relative (Watt/kg Körpergewicht) Leistungsfähigkeit in der Gesamtgruppe ($n=489$) und den Geschlechtergruppen. Dargestellt sind $M \pm SD$, min, max. *** $p < 0,001$ für signifikante Geschlechtsunterschiede, KG=Körpergewicht, PWC170_{abs}=absolute Leistung in Watt, PWC170_{rel}=relative Leistung in Watt/kg Körpergewicht.

Parameter		n	$M \pm SD$	min	max	p (♂/♀)	
Körperliche Leistungsfähigkeit	Gesamt	PWC170 _{abs} (Watt)	489	$120,2 \pm 38,5$	50	240	PWC170 _{abs} : $p < 0,001$ ***
		PWC170 _{rel} (Watt/kg KG)		$2,0 \pm 0,5$	0,9	3,4	
	♂	PWC170 _{abs} (Watt)	252	$138,5 \pm 38,8$	54	240	
		PWC170 _{rel} (Watt/kg KG)		$2,2 \pm 0,5$	1,0	3,4	
	♀	PWC170 _{abs} (Watt)	237	$100,7 \pm 27,1$	50	175	PWC170 _{rel} : $p < 0,001$ ***
		PWC170 _{rel} (Watt/kg KG)		$1,8 \pm 0,4$	0,9	2,8	

Im Altersgang zeigte sich eine Zunahme in der absoluten Ausdauerleistung: 17-Jährige absolvierten im Durchschnitt fast 60 Watt mehr als die 12-Jährigen der Stichprobe ($89,6 \pm 19,1$ Watt vs. $149,2 \pm 45,2$ Watt). Ein altersabhängiger Anstieg ließ sich ebenfalls in der relativen Leistungsfähigkeit ab einem Alter von 13 Jahren beobachten; bei den 12- und 13-Jährigen zeigte sich kein nennenswerter Unterschied in den relativen Werten der PWC170 (Tabelle 26, Abbildung 19).

Tabelle 26. Absolute (Watt) und relative (Watt/kg Körpergewicht) Leistung getrennt nach Alter. Dargestellt sind $M \pm SD$. KG=Körpergewicht, $PWC170_{abs}$ =absolute Leistung in Watt, $PWC170_{rel}$ =relative Leistung in Watt/kg Körpergewicht.

Alter (Jahre)	<i>n</i>	$PWC170_{abs}$ (Watt)	$PWC170_{rel}$ (Watt/kg KG)
12	42	$89,6 \pm 19,1$	$1,89 \pm 0,4$
13	111	$101,5 \pm 27,7$	$1,86 \pm 0,5$
14	100	$116,0 \pm 31,5$	$1,95 \pm 0,5$
15	79	$125,3 \pm 39,6$	$2,01 \pm 0,5$
16	93	$136,3 \pm 35,4$	$2,11 \pm 0,5$
17	64	$149,2 \pm 45,2$	$2,23 \pm 0,6$

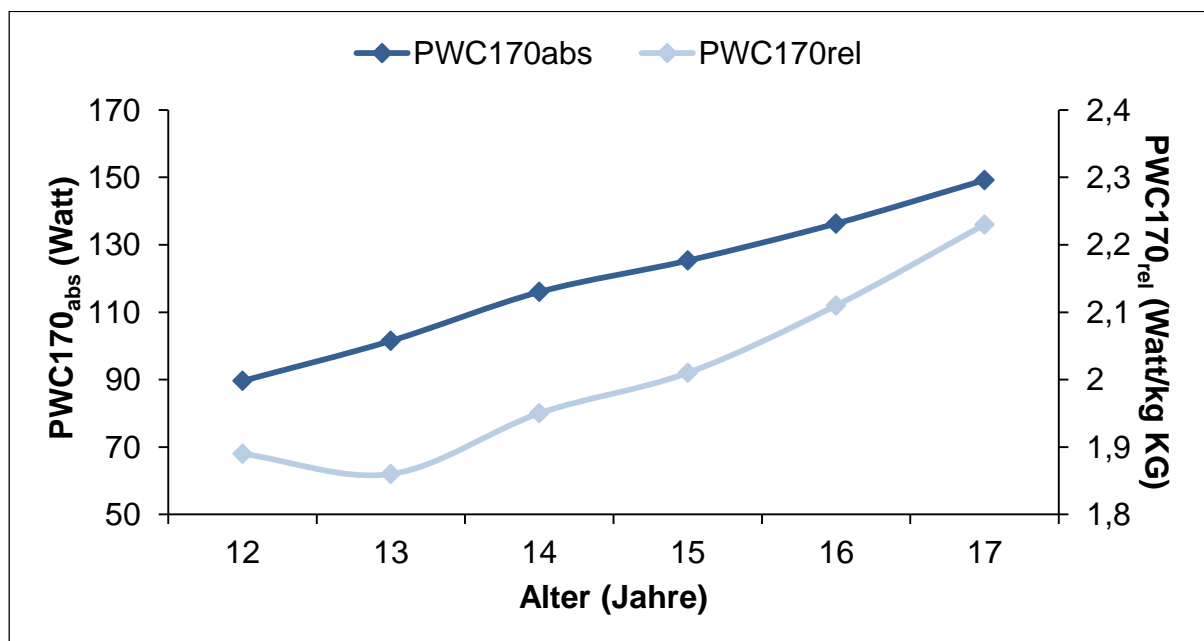


Abbildung 19. Absolute ($PWC170_{abs}$) Leistung (Watt) und relative ($PWC170_{rel}$) Leistung (Watt/kg Körpergewicht) im Altersgang (Mittelwerte).

Mit einer durchschnittlichen relativen Leistungsfähigkeit von $2,2 \pm 0,5$ Watt/kg Körpergewicht der Jungen und $1,8 \pm 0,4$ Watt/kg Körpergewicht der Mädchen erreichten beide Geschlechtergruppen nicht den empfohlenen Normwert (Klemt, 1988). Mädchen und Jungen konnte gleichermaßen eine insgesamt „geringe“ körperliche Fitness zugeschrieben werden (nach Tabelle 3). Im Einzelnen erzielten nahezu zwei Drittel der Probanden ($n=334$; 68,3%) ein Leistungsergebnis, welches einer „geringen“ bzw. „sehr geringen“ Fitness entspricht. Jungen und Mädchen machten jeweils die Hälfte dieser Fitnesskategorie aus (50,3% vs. 49,7%). Nur ein Drittel der Stichprobe ($n=155$; 31,7%) besaß damit eine „durchschnittliche“ bzw. „gute“ Ausdauerleistungsfähigkeit; die Anzahl der männlichen Probanden war gegenüber den weiblichen Probanden in dieser etwas Gruppe größer (54,2% vs. 45,8%). Insgesamt zeigten sich allerdings keine relevanten Unterschiede in der Gruppenzugehörigkeit zwischen Jungen und Mädchen ($z=-0,791$, $p=0,429$). 33,4% ($n=84$) der Jungen 30,0% ($n=71$) der Mädchen hatten eine „durchschnittliche“ bzw. „gute“ Ausdauerleistungsfähigkeit (Tabelle 27, Abbildung 20).

Tabelle 27. Klassifikation der relativen Ausdauerleistungsfähigkeit ($PWC170_{rel}$) in der Gesamtgruppe ($n=489$) und den Geschlechtergruppen. Dargestellt sind absolute (n) und relative (%) Anteile. KG=Körpergewicht, $PWC170_{rel}$ =relative Leistung in Watt/kg Körpergewicht. n.s.=nicht signifikant.

Parameter	Gesamt ($n=489$)	♂ ($n=252$)	♀ ($n=237$)	p (♂/♀)	
PWC170 _{rel} (Watt/kg KG)	„gut“ ♂: 3,0-3,5 ♀: 2,4-2,9	37 (7,6%)	11 (4,4%)	26 (11,0%)	<i>Fitness-Klassifikation:</i> $p=0,429$ (n.s.)
	„Norm“ ♂: 2,5-2,9 ♀: 2,0-2,3	118 (24,1%)	73 (29,0%)	45 (19,0%)	
	„gering“ ♂: 2,0-2,4 ♀: 1,6-1,9	184 (37,6%)	98 (38,9%)	86 (36,3%)	
	„sehr gering“ ♂: < 2,0 ♀: < 1,6	150 (30,7%)	70 (27,8%)	80 (33,8%)	

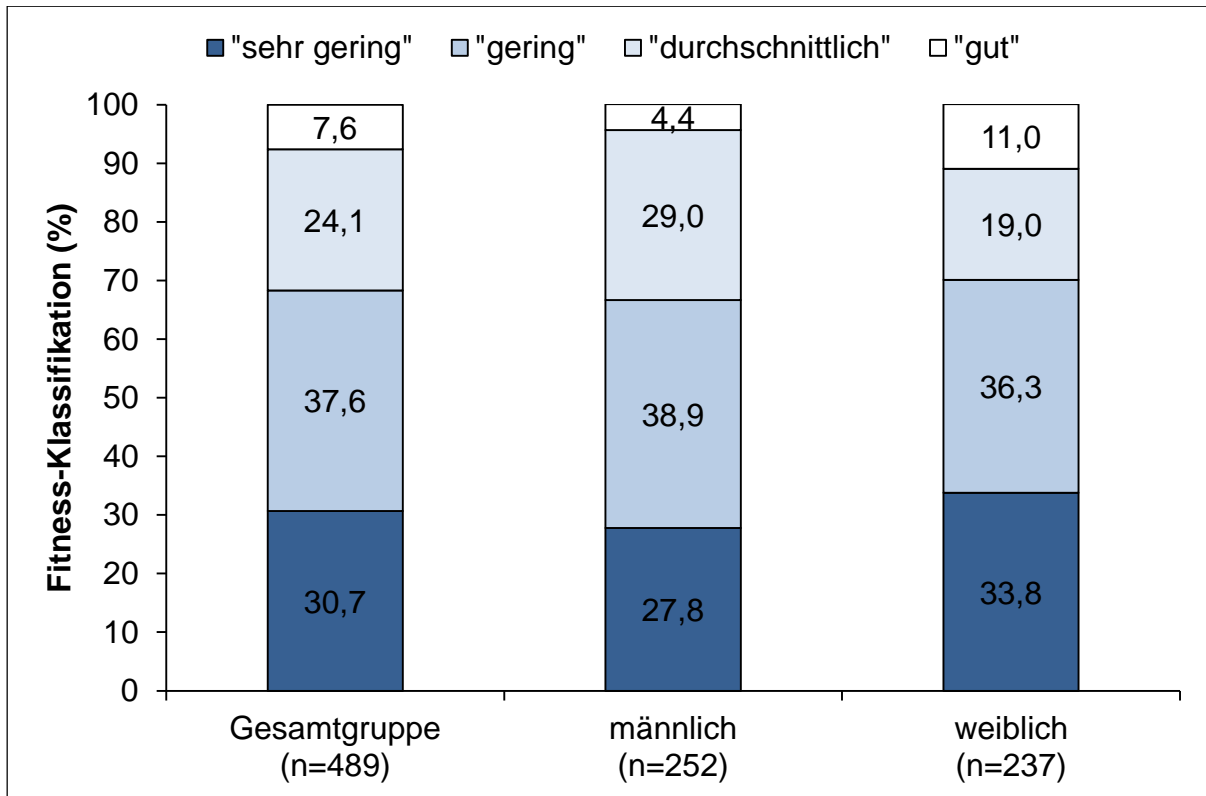


Abbildung 20. Klassifikation der Fitness (PWC170_{rel}) in der Gesamtgruppe (n=489) und den Geschlechtergruppen (%).

8.4.2 Gesamtbetrachtung der Ausdauerleistungsfähigkeit nach Alter und Geschlecht

Die mittlere absolute Leistung in Watt stieg bei den Jungen mit dem Alter an. Im Durchschnitt bewältigen 17-jährige Jungen knapp 80 Watt mehr als die 12-Jährigen desselben Geschlechts. Bei den weiblichen Probanden war der altersabhängige Anstieg in der absoluten Leistung bis zu einem Alter von 16 Jahren zu erkennen; die mittlere Differenz zur jüngsten Altersstufe betrug hier rund 37 Watt. Die absolute Leistung der 17-jährigen Mädchen lag im Mittel 5 Watt niedriger als der Messwert in der jüngeren Altersstufe. Auch relativ gesehen stieg die Fitness der männlichen Probanden tendenziell mit zunehmendem Alter an. Der Ausdauerstest zeigte lediglich eine Stagnation der Leistung bei den Jungen im Alter von 13 bis 14 Jahren. 17-jährige Jungen erreichten die besten Fitnesswerte ($2,51 \pm 0,4$ Watt/kg Körpergewicht). Im Gegensatz dazu fiel die relative Leistung der Mädchen im Alter von 13 bis 15 Jahren niedriger aus, als die der Mädchen im Alter von 12 bzw. 16 bis 17 Jahren. Bei den 16-jährigen Mädchen konnte die beste Leistung ihres Geschlechts gemessen werden ($1,93 \pm 0,4$ Watt/kg Körpergewicht).

Es zeigten sich hinsichtlich der aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit signifikante Unterschiede in den Altersstufen zwischen Jungen und Mädchen. Jungen wiesen gegenüber den Mädchen jeder Altersstufe eine höhere absolute Leistung auf (12 Jahre: $t=2,686$, $df=40$, $p=0,010$, $d=0,86$; 13 Jahre: $t=7,685$, $df=96$, $p<0,001$, $d=1,49$; 14 Jahre: $t=5,901$, $df=97$, $p<0,001$, $d=1,14$; 15 Jahre: $t=5,763$, $df=75$, $p<0,001$, $d=1,31$; 16 Jahre: $t=6,547$, $df=91$, $p<0,001$, $d=1,38$; 17 Jahre: $t=7,480$, $df=62$, $p<0,001$, $d=1,93$). Die relative Leistungsfähigkeit unterschied sich dagegen erst ab einem Alter von 13 Jahren signifikant zwischen Jungen und Mädchen (13 Jahre: $t=7,680$, $df=109$, $p<0,001$, $d=1,64$; 14 Jahre: $t=4,010$, $df=98$, $p<0,001$, $d=0,81$; 15 Jahre: $t=5,410$, $df=75$, $p<0,001$, $d=1,18$; 16 Jahre: $t=4,597$, $df=91$, $p<0,001$, $d=1,01$; 17 Jahre: $t=5,490$, $df=62$, $p<0,001$, $d=1,53$) (Tabelle 28, Abbildung 21).

Tabelle 28. Absolute (Watt) und relative (Watt/kg Körpergewicht) Leistungsfähigkeit getrennt nach Alter und Geschlecht. Dargestellt sind $M \pm SD$. * $p<0,05$, *** $p<0,001$ für signifikante Geschlechtsunterschiede. J=Jahre, KG=Körpergewicht, PWC170_{abs}=absolute Leistung in Watt, PWC170_{rel}=relative Leistung in Watt/kg Körpergewicht.

Alter (J)	♂				♀			
	<i>n</i>	PWC170 _{abs} (Watt)	<i>n</i>	PWC170 _{rel} (Watt/kg KG)	<i>n</i>	PWC170 _{abs} (Watt)	<i>n</i>	PWC170 _{rel} (Watt/kg KG)
12	23	96,4 ± 18,4*	23	1,98 ± 0,4	19	81,5 ± 17,1*	19	1,80 ± 0,4
13	53	118,7 ± 25,6***	53	2,16 ± 0,4***	58	85,7 ± 18,9***	58	1,59 ± 0,3***
14	57	129,4 ± 31,5***	57	2,11 ± 0,5***	43	98,3 ± 21,2***	43	1,74 ± 0,4***
15	40	146,7 ± 36,7***	40	2,28 ± 0,5***	39	103,5 ± 29,5***	39	1,75 ± 0,4***
16	42	158,3 ± 32,8***	42	2,33 ± 0,4***	51	118,3 ± 26,1***	51	1,93 ± 0,4***
17	37	175,7 ± 36,1***	37	2,51 ± 0,4***	27	113,0 ± 28,4***	27	1,84 ± 0,5***

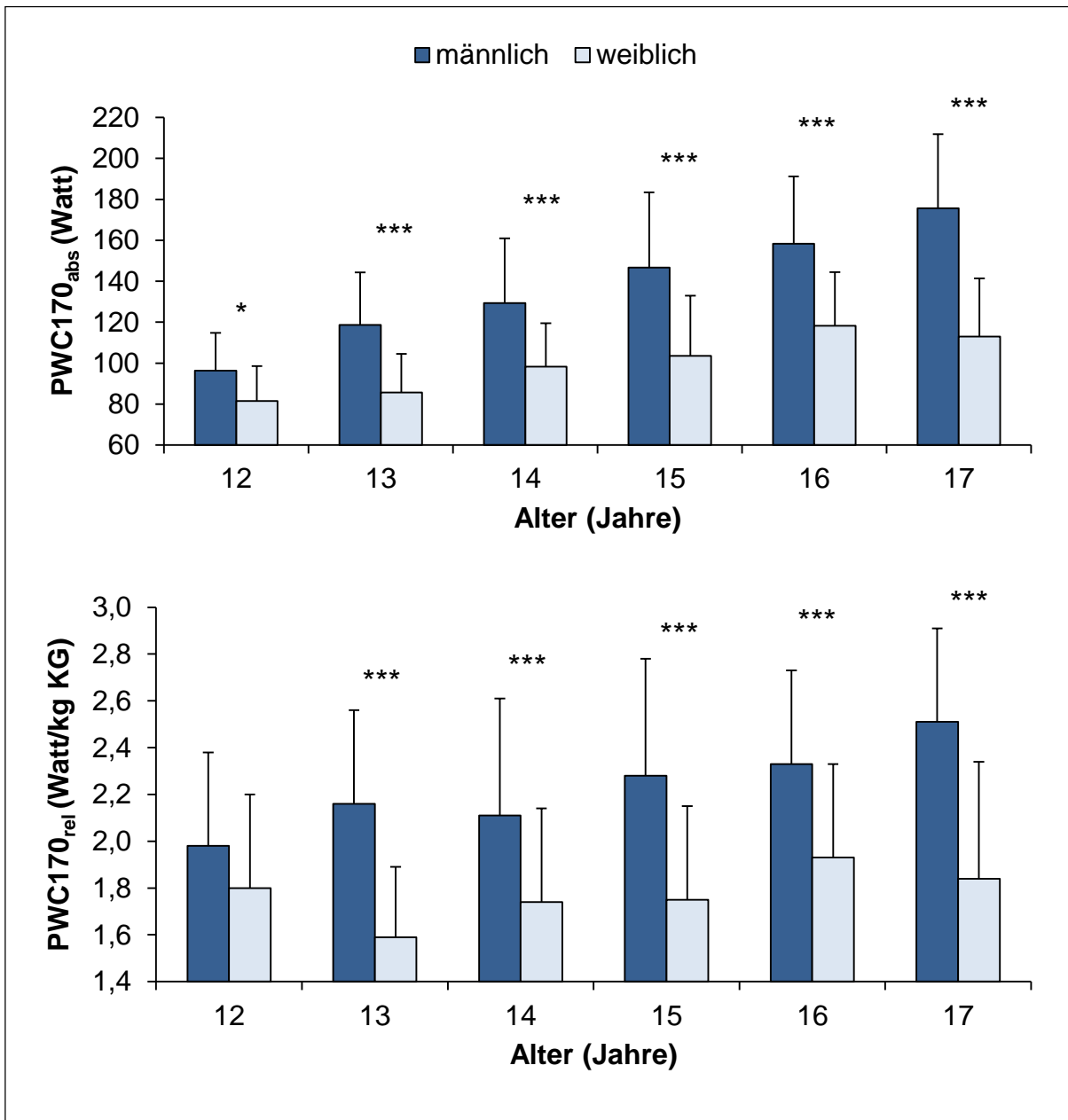


Abbildung 21. Absolute (PWC170_{abs}) Leistungsfähigkeit (Watt) und relative (PWC170_{rel}) Leistungsfähigkeit (Watt/kg Körpergewicht) bei Jungen und Mädchen im Altersgang. Dargestellt sind $M \pm SD$. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$ für signifikante Geschlechtsunterschiede.

8.5 Körperliche Aktivität

Die Auswertungen des Aktivitätsfragebogens beschränken sich auf die Analyse der allgemeinen körperlich-sportlichen Aktivität (MVPA-Index) sowie der Alltagsaktivität, welche sich ausschließlich auf die Schulweggestaltung und den Bildschirmkonsum bezieht. Die täglich vor dem Bildschirm verbrachte Zeit dient als Parameter für körperliche Inaktivität. Weiterhin wird über die sportliche Aktivität in Freizeit und Verein sowie in der Schule das Ausmaß der Gesamtaktivität beschrieben.

8.5.1 Allgemeine körperlich-sportliche Aktivität (MVPA-Index)

Anhand des MVPA-Index wird deutlich, dass 28,2% ($n=150$) das empfohlene Mindestmaß an Aktivität von täglich 60 Minuten an mindestens 5 Tagen pro Woche erreichten. 71,8% ($n=381$) erfüllten dieses Kriterium somit nicht. Als regelmäßig körperlich-sportlich aktiv, d. h. einmal pro Woche, galten 96,6% ($n=513$) der 12- bis 17-jährigen befragten Personen. Die Mehrheit der Probanden (40,3%) war 3-4 Tage pro Woche für mindestens eine Stunde körperlich aktiv. Täglich aktiv waren jedoch nur 5,1% der Heranwachsenden. Jungen im Alter von 12 bis 17 Jahren sind zu 97,8% ($n=264$) und gleichaltrige Mädchen zu 95,4% ($n=249$) mindestens einmal pro Woche körperlich-sportlich aktiv. 32,2% ($n=87$) der Jungen und 24,2% ($n=63$) der Mädchen erfüllten die Aktivitätsempfehlungen. Dem gewünschten Niveau an täglicher Aktivität von mindestens 60 Minuten werden dagegen nur 4,8% ($n=13$) der Jungen und 5,4% ($n=14$) der Mädchen gerecht (Tabelle 29).

Im Durchschnitt waren die Befragten an $3,6 \pm 1,7$ Tagen pro Woche körperlich-sportlich aktiv. Jungen waren nicht nur nachweislich häufiger aktiv ($3,8 \pm 1,7$ Tage vs. $3,5 \pm 1,8$ Tage; $t=2,326$, $df=529$, $p=0,020$, $d=0,17$), sondern wurden den Guidelines auch häufiger gerecht als Mädchen ($\chi^2=4,279$, $df=1$, $p=0,039$). In der männlichen Probandengruppe gaben knapp ein Drittel (32,2%) der Befragten an, an den meisten Tagen der Woche körperlich aktiv zu sein, während es unter den weiblichen Teilnehmern nur etwa ein Viertel waren (24,2%).

Table 29. Absolute (*n*) and relative (%) Anteile an körperlich-sportlich aktiven Probanden in der Gesamtgruppe (*n*=531) und den Geschlechtergruppen. **p*<0,05 für signifikante Geschlechtsunterschiede. MVPA-Index=Moderate-to-Vigorous Physical Activity.

Parameter	Gesamt (<i>n</i> =531)	♂ (<i>n</i> =270)	♀ (<i>n</i> =261)	<i>p</i> (♂/♀)	
seltener oder nie	18 (3,4%)	6 (2,2%)	12 (4,6%)		
MVPA-Index	1- bis-2-mal pro Woche	149 (28,1%)	66 (24,4%)	83 (31,8%)	<i>MVPA-Index:</i> <i>p</i> =0,039*
	3- bis-4-mal pro Woche	214 (40,3%)	111 (41,4%)	103 (39,5%)	
	5 und mehr Tage pro Woche	150 (28,2%)	87 (32,2%)	63 (24,2%)	
	davon täglich	27 (5,1%)	13 (4,8%)	14 (5,4%)	

Die Häufigkeit ausreichender körperlich-sportlicher Aktivität nahm im Laufe der Adoleszenz zunächst ab und stieg mit dem Alter von 16 Jahren wieder tendenziell an. Während Mädchen im Alter von 12 Jahren noch zu knapp 30% den aktuellen Aktivitätsempfehlungen nachkamen, waren es bei den 15-jährigen Mädchen schon 10% weniger. Jungen erreichten dagegen im Alter von 14 Jahren am wenigsten das empfohlene Aktivitätsausmaß (25,8%). Hier ließ sich ab dem 15. Lebensjahr wieder ein Anstieg im Aktivitätsprofil beobachten. Im alters- und geschlechtsspezifischen Vergleich kamen mit Ausnahme der 14-jährigen Mädchen weniger weibliche als männliche Probanden dem empfohlenen Mindestmaß an Aktivität nach; Unterschiede waren jedoch nicht signifikant (Abbildung 22).

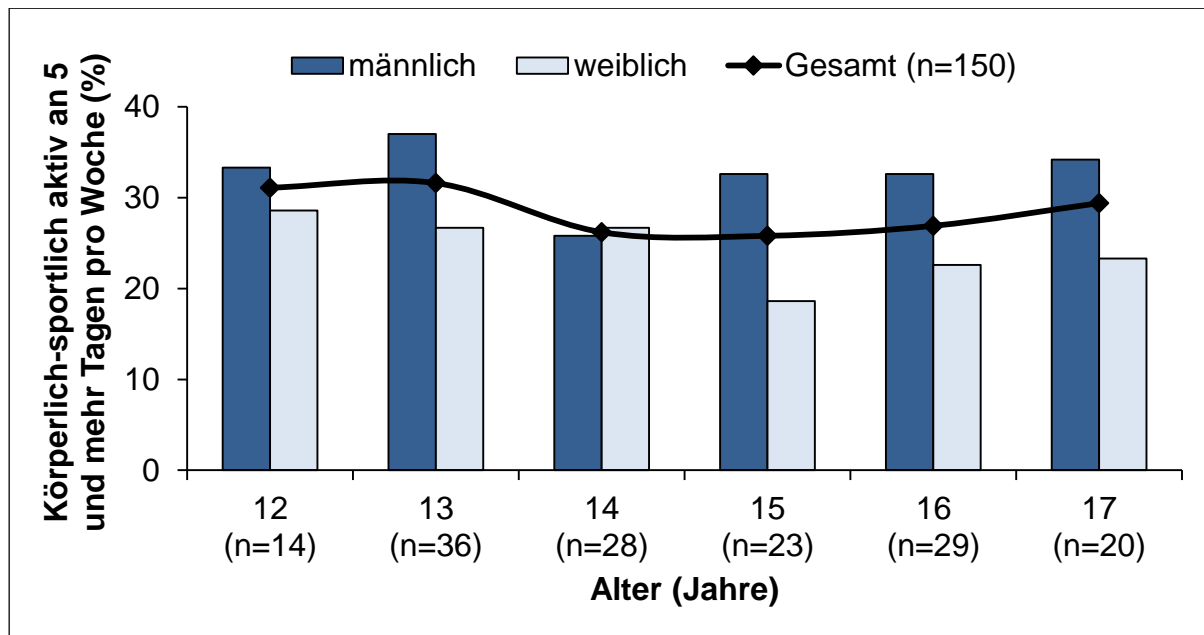


Abbildung 22. Erreichen der Aktivitätsempfehlung in der Gesamtgruppe ($n=150$) und den Geschlechtergruppen im Altersgang (%).

8.5.2 Körperliche Alltagsaktivität

Der Schulweg wird von der Mehrheit der Befragten meistens mit dem Fahrrad zurückgelegt ($n=219$; 41,2%). Ein Fünftel der Heranwachsenden ($n=107$; 20,2%) ging zu Fuß zur Schule. Ein Viertel der Befragten ($n=130$; 24,5%) gab an, überwiegend den Bus oder die Bahn zu nutzen; 14,1% ($n=75$) kamen mit dem Auto zur Schule. Mehr als die Hälfte der Probanden kam an den meisten Tagen der Woche aktiv zur Schule ($n=328$; 61,8%). Signifikante Unterschiede zwischen den Geschlechtern ließen sich nicht finden ($\chi^2=0,157$, $df=1$, $p=0,692$) (Tabelle 30).

Tabelle 30. Absolute (n) und relative (%) Anteile an Probanden mit aktiver und passiver Schulweggestaltung in der Gesamtgruppe ($n=531$) und den Geschlechtergruppen. n.s.=nicht signifikant.

Parameter	Gesamt ($n=531$)	♂ ($n=270$)	♀ ($n=261$)	p (♂/♀)
Schulweg aktiv (zu Fuß/Fahrrad)	328 (61,8%)	169 (62,6%)	159 (60,9%)	Schulweg: $p=0,692$ (n.s.)
inaktiv (Bus/Bahn/Auto)	203 (38,2%)	101 (37,4%)	102 (39,1%)	

Aus Abbildung 23 geht hervor, dass der Anteil an aktiver Schulweggestaltung im Altersgang zunahm. Der Anteil derjenigen, die zu Fuß oder mit dem Rad zur Schule kommen, stieg vom 12. auf das 17. Lebensjahr nahezu um das Doppelte (37,8% vs. 80,9%). Ein wesentlicher Anstieg war mit dem 15. Lebensjahr zu beobachten. Signifikante Geschlechtsunterschiede innerhalb der Altersstufen kamen nicht zum Tragen. Im Mittel bewegten sich die Fußgänger bzw. Radfahrer $13,5 \pm 7,8$ Minuten mehr am Tag als diejenigen, die passive Transportmittel nutzten ($t=-31,844$, $df=325$, $p<0,001$, $d=2,84$).

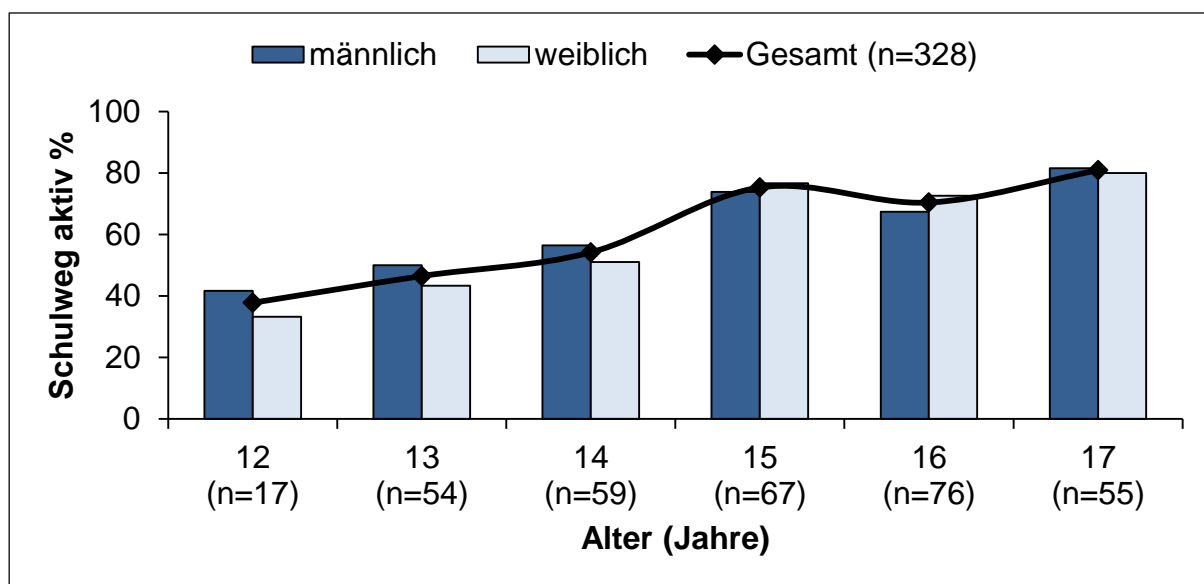


Abbildung 23. Aktive Schulweggestaltung in der Gesamtgruppe ($n=328$) und den Geschlechtergruppen im Altersgang (%).

8.5.3 Bildschirmkonsum

Im Durchschnitt verbrachten die untersuchten Studienteilnehmer 2:42 Stunden am Tag vor dem Fernseher bzw. Computer ($2,7 \pm 1,4$ Stunden/Tag). Jungen hielten sich knapp 3 Stunden am Tag vor dem Bildschirm auf und somit täglich eine halbe Stunde länger als die weibliche Untersuchungsgruppe; der Geschlechtsunterschied war signifikant ($t=3,515$, $df=491$, $p<0,001$, $d=0,29$) (Tabelle 31). 51,1% ($n=252$) der Befragten gab an, die entsprechenden Medien mehr als 2 Stunden am Tag zu nutzen; über die Hälfte davon waren männlich (59,1%). Die maximale Bildschirmzeit lag in beiden Geschlechtern bei täglich 8,0 Stunden. Der aktuellen Empfehlung, sich täglich nicht länger als 2 Stunden vor dem Bildschirm aufzuhalten, kamen Mädchen signifikant häufiger nach als Jungen (41,1% vs. 58,9%) ($\chi^2=17,497$, $df=1$, $p<0,001$).

Tabelle 31. Bildschirmzeit (Stunden/Tag) in der Gesamtgruppe ($n=493$) und den Geschlechtergruppen. Dargestellt sind $M \pm SD$, min, max. *** $p < 0,001$ für signifikante Geschlechtsunterschiede.

Parameter		n	$M \pm SD$	min	max	p (♂/♀)
Bildschirmzeit (Stunden/Tag)	Gesamt	493	$2,7 \pm 1,4$	0,20	8,0	<i>Bildschirmzeit:</i> $p < 0,001$ ***
	♂	250	$2,9 \pm 1,4$	0,00	8,0	
	♀	243	$2,5 \pm 1,4$	0,25	8,0	

Der zeitliche Umfang der Mediennutzung unterschied sich nach Alter und Geschlecht. Insgesamt stieg die Beschäftigung mit den Medien sowohl in der Gesamtgruppe als auch in den Geschlechtergruppen bis zu einem Alter von 15 Jahren an und erreicht dort ihren Höhepunkt (Tabelle 32, Abbildung 24). 15-jährige Jungen saßen demnach täglich 3:30 Stunden und 15-jährige Mädchen 2:54 Stunden vor dem Fernseher/Computer. Signifikante geschlechtsabhängige Unterschiede in den Altersstufen waren im Alter von 16 Jahren festzustellen. 16-jährige Jungen schauten pro Tag knapp 50 Minuten länger auf den Bildschirm als die gleichaltrigen Mädchen ($t=3,633$, $df=72$, $p=0,001$, $d=0,78$).

Tabelle 32. Bildschirmzeit (Stunden pro Tag) in der Gesamtgruppe ($n=493$) und den Geschlechtergruppen getrennt nach Alter. Dargestellt sind $M \pm SD$. ** $p < 0,01$ für signifikante Geschlechtsunterschiede.

Alter (Jahre)	Gesamt		♂		♀	
	n	$M \pm SD$	n	$M \pm SD$	n	$M \pm SD$
12	45	$1,9 \pm 1,5$	24	$2,0 \pm 1,7$	21	$1,8 \pm 1,3$
13	109	$2,3 \pm 1,4$	51	$2,5 \pm 1,3$	58	$2,2 \pm 1,4$
14	94	$2,8 \pm 1,5$	55	$2,9 \pm 1,4$	39	$2,6 \pm 1,7$
15	87	$3,2 \pm 1,5$	45	$3,5 \pm 1,5$	42	$2,9 \pm 1,3$
16	97	$2,7 \pm 1,1$	41	$3,1 \pm 1,2$**	56	$2,3 \pm 0,9$**
17	61	$3,0 \pm 1,3$	34	$3,2 \pm 1,3$	27	$2,8 \pm 1,4$

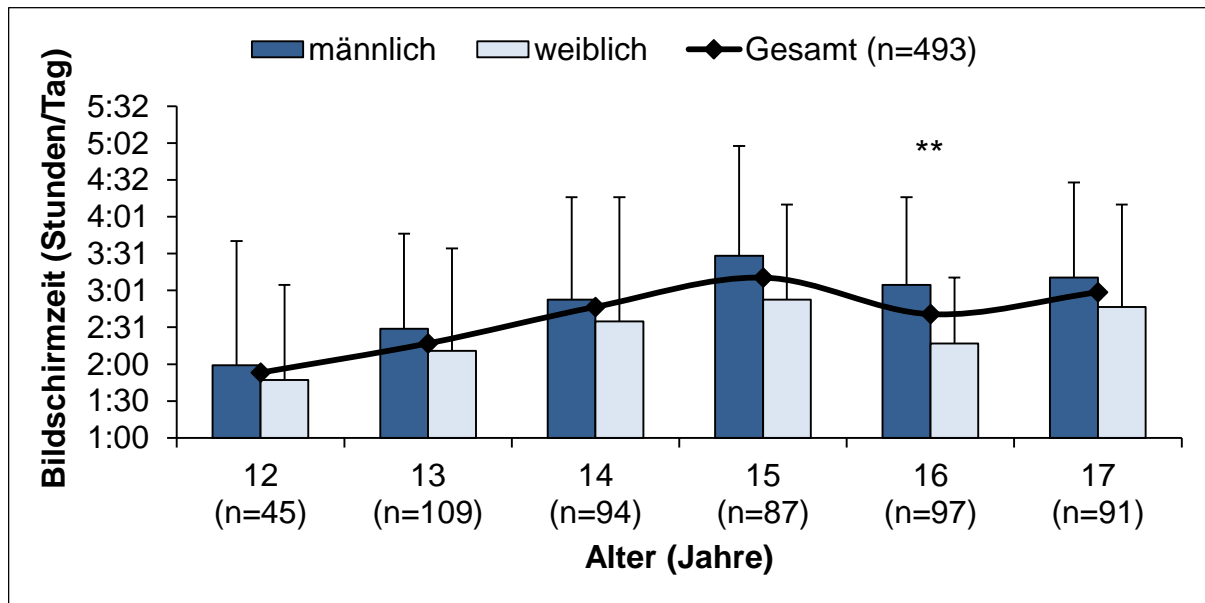


Abbildung 24. Bildschirmzeit (Stunden/Tag) in der Gesamtgruppe ($n=493$) und den Geschlechtergruppen im Altersgang. Dargestellt sind $M \pm SD$. $**p < 0,01$ für signifikante Geschlechtsunterschiede.

8.5.4 Schulsport

Die durchschnittliche Aktivitätszeit, die sich auf den Schulsport und die AG-Teilnahme zurückführen lässt, betrug $67,4 \pm 16,6$ Minuten pro Woche. Die Mehrheit der Probanden hatte zwei Unterrichtsstunden Sport pro Woche ($n=459$; 86,4%). Nur bei drei Klassen (Jahrgangsstufe 8,9 und 10; $n=63$) standen drei Unterrichtsstunden Sport auf dem Lehrplan; $n=9$ Probanden entschlossen sich für eine zusätzliche Unterrichtsstunde durch das Wahlpflichtfach Sport.

Die Teilnahme an Sport-AG's fiel mit 6,4% ($n=34$) gering aus; über zwei Drittel der Teilnehmer (70,6%) war männlich ($\chi^2=5,664$, $df=1$, $p=0,017$). Das Angebot der Schulen umfasste überwiegend 45- bis 90-minütige AG's in Ballsportarten (Handball, Basketball, Fußball, Volleyball) sowie im Fitness und Kampfsport (Kickboxen, Selbstverteidigung).

8.5.5 Sportliche Aktivität in Freizeit und Verein

92,6% der Befragten ($n=491$) gab an, Sport zu treiben (im und/oder außerhalb des Vereins). 93,7% der 12- bis 17-jährigen Jungen ($n=253$) und 91,5% der gleichaltrigen Mädchen ($n=238$) gingen mindestens einmal pro Woche einem Freizeit- oder Vereinssport nach. Jungen und Mädchen unterschieden sich dahingehend nicht signifikant ($X^2=0,911$, $df=1$, $p=0,340$) (Tabelle 33).

Tabelle 33. Absolute (n) und relative (%) Anteile sportlich aktiver und inaktiver Probanden in der Gesamtgruppe ($n=530$) und den Geschlechtergruppen. n.s.=nicht signifikant.

Parameter		Gesamt ($n=530$)	♂ ($n=270$)	♀ ($n=260$)	p (♂/♀)
Sportliche Aktivität (Freizeit und/ oder Verein)	aktiv	491 (92,6%)	253 (93,7%)	238 (91,5%)	Sportliche Aktivität: $p=0,340$ (n.s.)
	inaktiv	39 (7,4%)	17 (6,3%)	22 (8,5%)	

Abbildung 25 zeigt den Anteil aller sportlich Inaktiven ($n=39$; 7,4%) im Altersgang sowie die prozentuale Verteilung sportlicher Inaktivität in den verschiedenen Altersstufen bei Jungen und Mädchen. Auffällig ist die Zunahme inaktiver Probanden mit dem Alter: Während die Beteiligung am Freizeit- und/oder Vereinssport mit 12 Jahren noch bei 100% lag, betrug der Anteil an sportlich Inaktiven schon 7,9% ($n=9$) bei den 13-Jährigen. 15-Jährige machten dagegen 5,6% ($n=5$) der sportlich Inaktiven aus. Der größte Anteil aller Inaktiven ($n=14$; 13,1%) war 16 Jahre alt. 2,9% ($n=2$) der 17-jährigen Probanden konnten als sportlich inaktiv bezeichnet werden. Im geschlechtsspezifischen Vergleich kamen mit Ausnahme der 16-Jährigen Unterschiede zu Ungunsten der Mädchen zum Tragen, die allerdings nicht signifikant waren. Mädchen im Alter von 13 bis 14 Jahren waren gegenüber den gleichaltrigen Jungen nahezu doppelt so häufig inaktiv, während der inaktive Anteil bei den 16-jährigen Jungen weitaus höher als der inaktive Anteil der gleichaltrigen Mädchen war (17,4% vs. 9,8%).

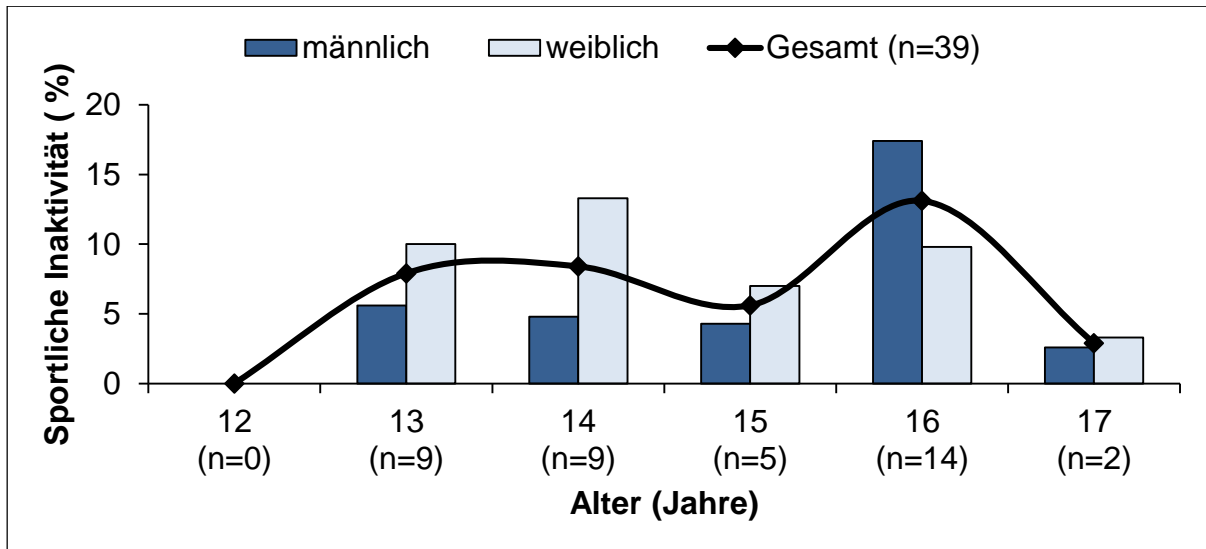


Abbildung 25. Sportliche Inaktivität in der Gesamtgruppe ($n=39$) und den Geschlechtergruppen im Altersgang (%).

Drei Viertel der 12- bis 17-Jährigen ($n=399$; 75,1%) machten Sport in einem Verein und zwei Drittel aller Teilnehmenden ($n=348$; 66,0%) waren in ihrer Freizeit sportlich aktiv (Tabelle 34). 80,4% der Jungen ($n=217$) und 69,7% der Mädchen ($n=182$) waren Mitglied in einem Sportverein; der Unterschied war signifikant ($X^2=8,041$, $df=1$, $p=0,005$). Mädchen kamen dagegen etwas häufiger einem Freizeitsport nach als Jungen (68,7% vs. 63,4%); ein statistisch relevanter Unterschied blieb jedoch aus ($X^2=1,645$, $df=1$, $p=0,200$).

Tabelle 34. Absolute (n) und relative (%) Anteile aktiver und inaktiver Probanden in Verein und Freizeit in der Gesamtgruppe ($n=531$) und den Geschlechtergruppen. ** $p<0,01$ für signifikante Geschlechtsunterschiede. n.s.=nicht signifikant.

	Vereinssport			Freizeitsport			p (♂/♀)
	n	aktiv	inaktiv	n	aktiv	inaktiv	
Gesamt	531	399 (75,1%)	132 (24,9%)	527	348 (66,0%)	179 (34,0%)	Verein: $p=0,005^{**}$
♂	270	217 (80,4%)	53 (19,6%)	268	170 (63,4%)	98 (36,6%)	Freizeit: $p=0,200$ (n.s.)
♀	261	182 (69,7%)	79 (30,3%)	259	178 (68,7%)	81 (31,3%)	

Ein Fünftel ($n=116$; 21,8%) aller Vereinsaktiven war gleichzeitig Mitglied in mehreren Sportvereinen. Der Anteil der Probanden, die ein- bis zweimal in der Woche in einem Verein aktiv waren, betrug knapp 60,0% ($n=239$). Bei den Jungen traf dies in 53,5% ($n=116$) und bei den Mädchen in 67,6% ($n=123$) der Fälle zu. Relativ hoch war somit der Anteil der Jungen und Mädchen, die dreimal oder häufiger in der Woche vereinsaktiv waren (46,5% vs. 32,4%). Zu den beliebtesten Sportarten zählten Fußball (23,3%) und Handball (11,8%), gefolgt von Tennis (6,8%) und Reiten (6,5%). Jungen waren am häufigsten in einem Fußball- und Handballverein aktiv (34,6% und 14,3%), während Mädchen eher in einem Reitverein (13,2%), Fußball- und Handballverein (9,9%) Mitglieder waren.

Sport außerhalb eines Vereins wurde überwiegend (61,3%) an ein bis zwei Tagen pro Woche ausgeübt ($n=214$); in den Geschlechtergruppen lag die Häufigkeit nahezu identisch bei rund 61,0% (♂ : $n=104$; ♀ : $n=110$). Joggen war die am meisten ausgeübte Freizeitsportart in der Gesamtgruppe (23,1%) sowie bei den Mädchen (30,9%). Jungen spielten auch außerhalb des Vereins am häufigsten Fußball (25,7%).

Abbildung 26 zeigt die sich mit dem Alter verbundene Veränderung in der Partizipation am Vereins- und Freizeitsport. Die Mitgliedschaft im Verein sank vom 12. bis zum 15. Lebensjahr um fast 12% und erreichte dann im Alter von 17 Jahren wieder dieselbe Häufigkeit wie im Alter von 12 Jahren (82,2%). Jungen waren in jeder Altersstufe häufiger Vereinsmitglied als Mädchen; bedeutsame Geschlechtsunterschiede traten allerdings nur im Alter von 14 Jahren auf (82,3% vs. 46,6%; $X^2=4,386$, $df=1$, $p=0,036$). Während die Vereinsmitgliedschaft der 12- bis 14-jährigen Jungen relativ konstant bei 80% lag, konnte in dieser Altersspanne zunächst eine Abnahme in der weiblichen Vereinsaktivität von 81,0% auf knapp 65,0% beobachtet werden, die anschließend nahezu unverändert blieb und erst im Alter von 17 Jahren wieder begann zu steigen. Die Aktivität im Sportverein war dagegen bei den 15-jährigen Jungen am geringsten (71,7%) und stieg dann ebenfalls wieder an.

Der Sport außerhalb eines Vereins wurde mit steigendem Alter weniger ausgeführt. In der Altersspanne der 12- bis 14-Jährigen sank die Freizeitaktivität um knapp 23% und stagnierte schließlich im weiteren Altersverlauf. Der Anteil freizeitaktiver Mädchen war bis auf das 12. Lebensjahr in jeder Altersstufe höher als der aktive Anteil der Jungen; 12-jährige Jungen waren nachweislich häufiger in ihrer Freizeit aktiv als deren weibliche Altersgenossen (95,8% vs. 71,4%; $X^2=5,078$, $df=1$, $p=0,039$). 12-jährige

Jungen waren in ihrer Freizeit am häufigsten aktiv (95,8%). Schon im Alter von 13 Jahren waren es bis zu 40% weniger; der Anteil aktiver Jungen nahm im Altersgang nicht nennenswert zu. Die Freizeitaktivität der Mädchen hielt sich im Altersverlauf dagegen nahezu konstant bei etwa 70%.

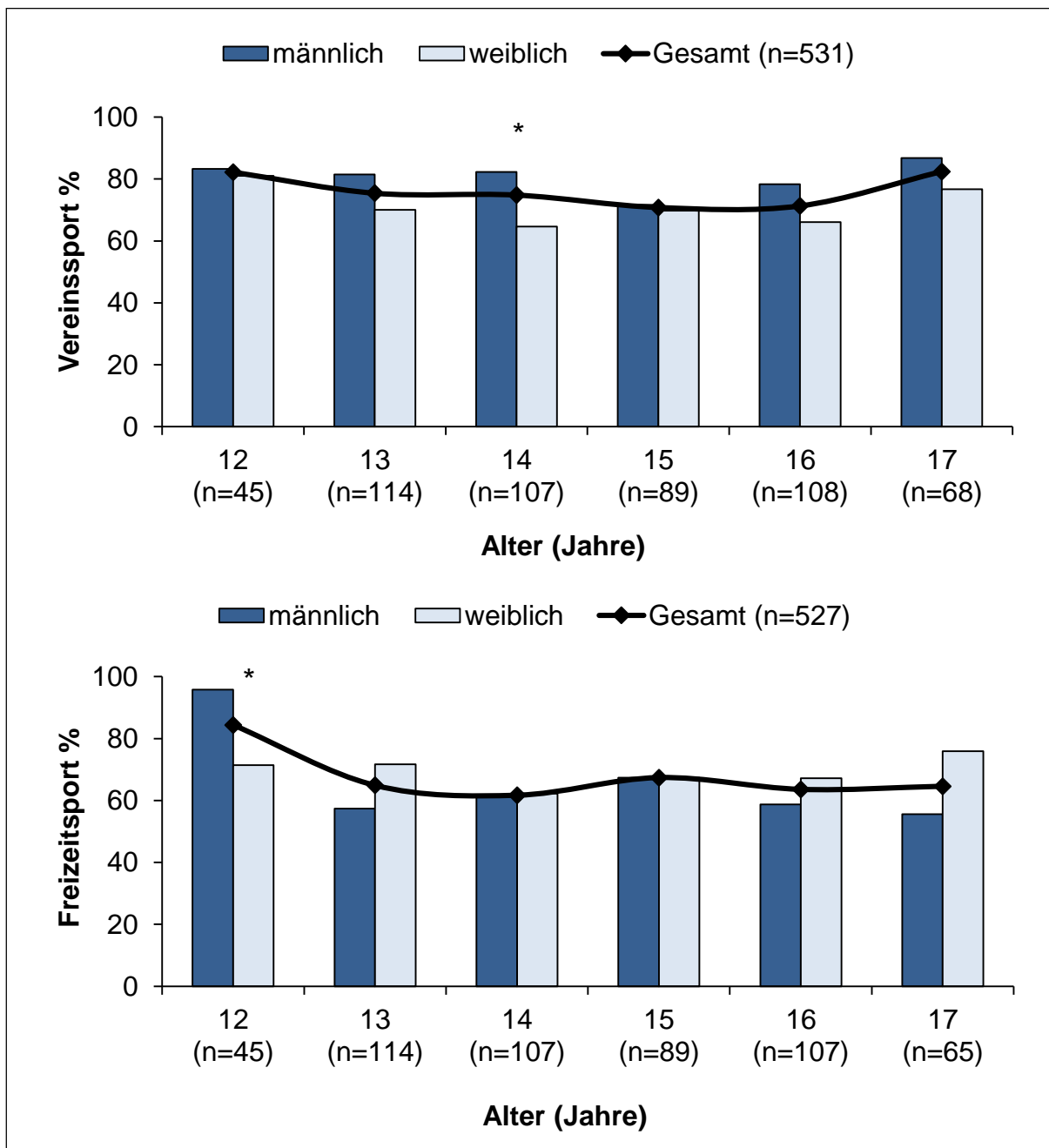


Abbildung 26. Vereins- und Freizeitaktivität in der Gesamtgruppe ($n=531$ bzw. $n=527$) und den Geschlechtergruppen im Altersgang. * $p<0,05$ für signifikante Geschlechtsunterschiede.

8.5.6 Gesamtaktivität

Tabelle 35 gibt Einsicht über die ermittelten Aktivitätszeiten. Die mittlere Vereinssportaktivität pro Woche betrug $194,9 \pm 184,5$ Minuten. In der Freizeit bewegten sich die Teilnehmer durchschnittlich $86,6 \pm 137,9$ Minuten pro Woche. Es ließen sich geschlechtsspezifische Unterschiede feststellen: So waren männliche Probanden in der Schule im Mittel 5 Minuten ($t=3,244$, $df=473$, $p=0,001$, $d=0,28$), in ihrer Freizeit 24 Minuten ($t=2,016$, $df=465$, $p=0,044$, $d=0,17$) und im Verein 43 Minuten ($t=2,716$, $df=529$, $p=0,007$, $d=0,24$) länger sportlich aktiv. Insgesamt zeigte sich in der wöchentlichen Bewegungszeit zwischen Jungen und Mädchen eine mittlere Differenz von 70 Minuten ($t=3,550$, $df=529$, $p<0,001$, $d=0,31$).

Knapp die Hälfte aller Studienteilnehmer war sowohl in ihrer Freizeit aktiv als auch Mitglied in einem Sportverein ($n=256$; 48,6%); diese Gruppe setzte sich aus einer annähernd gleichen Geschlechterverteilung zusammen (52,3% Jungen und 47,7% Mädchen). Die mittlere Aktivitätszeit der freizeit- und vereinsaktiven Probanden lag bei mehr als 6 Stunden pro Woche ($384,9 \pm 229,3$ Minuten). Dies entspricht einer täglichen Bewegungszeit von knapp einer Stunde an jedem Tag der Woche.

26,6% ($n=140$) der Probanden (57,9% Jungen und 42,1% Mädchen) gingen einer Sportart ausschließlich in einem organisierten Verein nach; im Durchschnitt waren sie $259,2 \pm 176,7$ Minuten pro Woche aktiv und somit 2 Stunden weniger gegenüber den vereins- und freizeitaktiven Probanden. 17,5% ($n=92$) trieben ihren Sport lediglich außerhalb eines Vereins (52,3% Jungen und 47,7% Mädchen). Die wöchentliche Bewegungszeit lag in dieser Gruppe bei $149,2 \pm 158,3$ Minuten und umfasste damit knapp 4 Stunden weniger Sport im Vergleich zur sportlich aktiven Gruppe in Freizeit und Verein. Die mittlere Aktivitätszeit der freizeit- und vereinsaktiven Probanden ($n=256$) unterschied sich signifikant von denjenigen, die im Verein oder der Freizeit aktiv waren ($n=232$, $p<0,001$) sowie den $n=39$ Probanden ($p<0,001$), die völlig inaktiv waren ($384,9 \pm 229,3$ vs. $215,9 \pm 178,0$ vs. $0,0 \pm 0,0$ Minuten/Woche; $F_{(2,324)}=86,317$, $p<0,001$, $\eta^2=0,248$). Statistisch signifikant war auch der Unterschied zwischen den inaktiven und den freizeit- oder vereinsaktiven Versuchsteilnehmern ($p<0,001$).

Tabelle 35. Schulsport-, Freizeitsport-, Vereinssport- und Gesamtaktivität (Minuten/Woche), in der Gesamtgruppe und den Geschlechtergruppen. Dargestellt sind $M \pm SD$, min, max. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$ und *** $p < 0,001$ für signifikante Geschlechtsunterschiede.

	Parameter	<i>n</i>	<i>M ± SD</i>	min	max	<i>p</i> (♂/♀)
Gesamt	Schulsportaktivität (Minuten/Woche)	531	67,4 ± 16,6	60,0	180,0	<i>Schulsport:</i> <i>p=0,001**</i>
	Freizeitsportaktivität (Minuten/Woche)	527	86,6 ± 137,9	0,0	1020,0	
	Vereinssportaktivität (Minuten/Woche)	531	194,9 ± 184,5	0,0	960,0	
	Gesamtaktivität (Minuten/Woche)	531	344,6 ± 231,1	0,0	1600,0	
♂	Schulsportaktivität (Minuten/Woche)	270	69,7 ± 19,3	60,0	180,0	<i>Freizeitsport:</i> <i>p=0,044*</i>
	Freizeitsportaktivität (Minuten/Woche)	268	98,4 ± 161,6	0,0	1020,0	
	Vereinssportaktivität (Minuten/Woche)	270	216,2 ± 182,7	0,0	960,0	
	Gesamtaktivität (Minuten/Woche)	270	379,2 ± 244,1	60,0	1600,0	
♀	Schulsportaktivität (Minuten/Woche)	261	65,1 ± 13,0	60,0	150,0	<i>Vereinssport:</i> <i>p=0,007**</i>
	Freizeitsportaktivität (Minuten/Woche)	259	74,4 ± 106,8	0,0	635,0	
	Vereinssportaktivität (Minuten/Woche)	261	172,9 ± 184,1	0,0	900,0	
	Gesamtaktivität (Minuten/Woche)	261	308,8 ± 211,3	0,0	1045,0	
						<i>Gesamtaktivität:</i> <i>p < 0,001***</i>

Im Altersgang wurden Veränderungen in der Dauer der sportlichen Aktivität deutlich (Abbildung 27, Tabelle 36). Während sich die Schulsportaktivität nicht nennenswert im Altersverlauf änderte, zeigte die wöchentliche Bewegungszeit in der Freizeit eher eine abnehmende und die Vereins- sowie Gesamtaktivität eine zunehmende Entwicklung im Altersgang.

12- bis 13-Jährige wiesen die geringste Bewegungsdauer im Verein, aber die höchste Aktivitätszeit in der Freizeit auf. Dagegen waren Probanden im Alter von 16 bis 17 Jahren am meisten gesamt- und vereinsaktiv, jedoch gegenüber den Probanden jüngeren Alters am wenigsten freizeitaktiv.

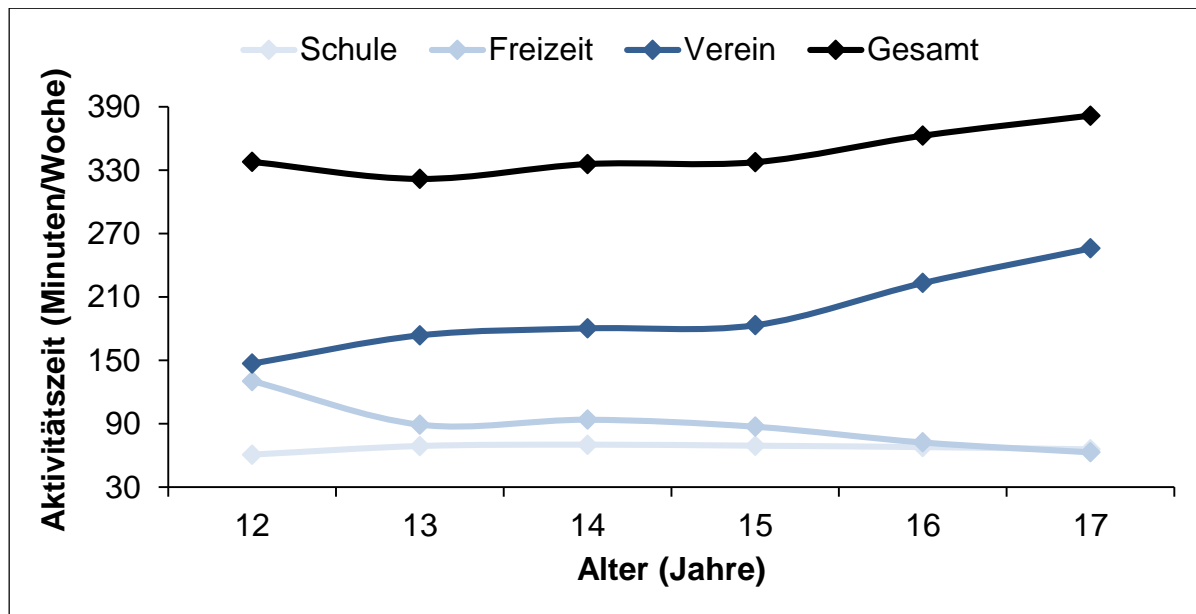


Abbildung 27. Aktivität in Schule, Freizeit und Verein sowie Gesamtaktivität (Minuten/Woche) im Altersgang (Mittelwerte).

In jeder Altersstufe waren Jungen wöchentlich länger aktiv als Mädchen; die Unterschiede waren im Alter von 14 Jahren ($t=1,982$, $df=105$, $p=0,05$, $d=0,39$) und 15 Jahren signifikant ($t=2,652$, $df=87$, $p=0,010$, $d=0,56$). Die Gesamtaktivitätszeit der 12- und 15-jährigen Mädchen lag knapp 2 Stunden unter der Aktivitätsdauer der gleichaltrigen Jungen (Tabelle 36, Abbildung 28).

Tabelle 36. Gesamtaktivität (Minuten/Woche) in der Gesamtgruppe ($n=531$) und den Geschlechtergruppen getrennt nach Alter. Dargestellt sind $M \pm SD$. * $p < 0,05$ für signifikante Geschlechtsunterschiede in den Altersstufen.

Alter (Jahre)	Gesamt		♂		♀	
	<i>n</i>	$M \pm SD$	<i>n</i>	$M \pm SD$	<i>n</i>	$M \pm SD$
12	45	337,9 ± 258,9	24	392,7 ± 315,5	21	275,4 ± 159,1
13	114	321,8 ± 223,8	54	350,0 ± 232,2	60	296,4 ± 214,6
14	107	335,8 ± 242,5	62	374,8 ± 273,4*	45	282,0 ± 181,1*
15	89	337,6 ± 202,6	46	390,9 ± 213,5*	43	280,5 ± 175,7*
16	108	381,6 ± 231,8	46	374,6 ± 207,1	62	353,7 ± 259,3
17	68	344,6 ± 231,1	38	410,9 ± 246,2	30	344,6 ± 210,3

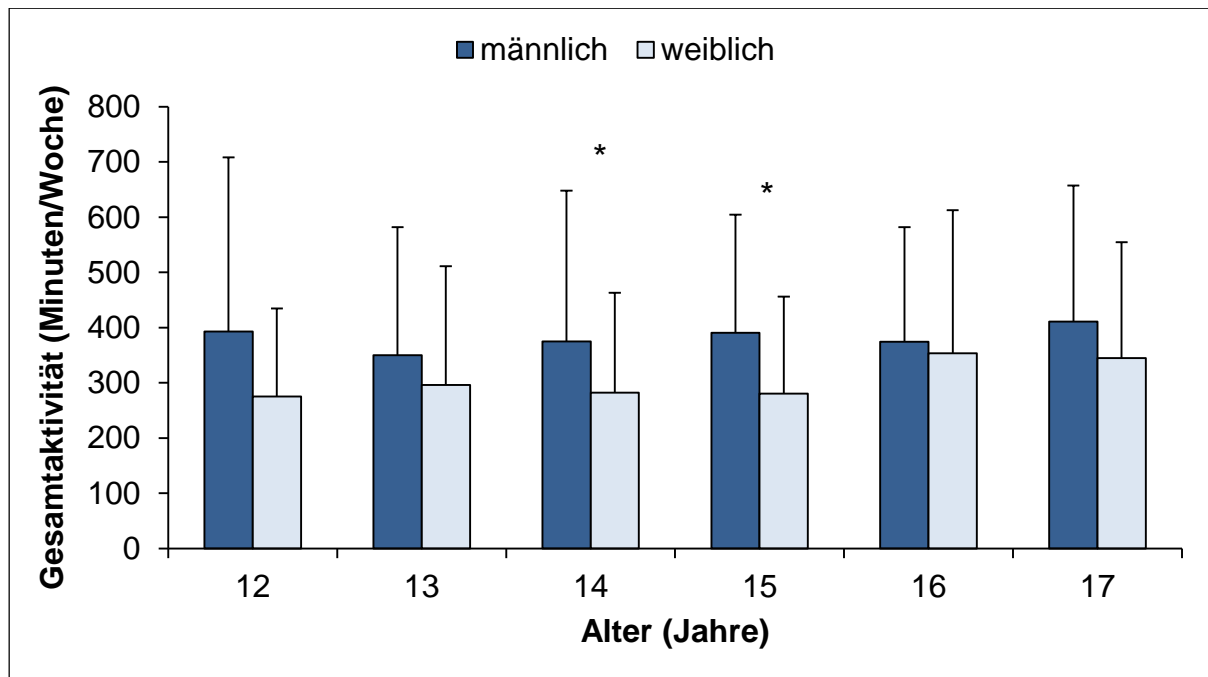


Abbildung 28. Gesamtaktivität (Minuten/Woche) bei Jungen und Mädchen im Altersgang. Dargestellt sind $M \pm SD$. * $p < 0,05$ für signifikante Geschlechtsunterschiede.

8.6 Rauchen und Alkohol

Die Prävalenz an jugendlichen Rauchern beträgt den Angaben zufolge 7,0% ($n=37$). Zwei Drittel (67,6%) der Konsumenten waren Mädchen ($X^2=5,458$, $df=1$, $p=0,019$). Unter der männlichen Probandengruppe gaben 4,5% ($n=12$) der Befragten an zu rauchen; bei den Mädchen traf dies auf 9,7% zu (Tabelle 37).

Tabelle 37. Absolute (n) und relative (%) Anteile an Rauchern und Nichtrauchern in der Gesamtgruppe ($n=528$) und den Geschlechtergruppen. * $p < 0,05$ für signifikante Geschlechtsunterschiede.

Parameter	Gesamt ($n=528$)	♂ ($n=269$)	♀ ($n=259$)	p (♂/♀)	
Nikotinkonsum	Raucher	37 (7,0%)	12 (4,5%)	25 (9,7%)	Nikotinkonsum: $p=0,019^*$
	Nichtraucher	491 (93,0%)	257 (95,5%)	234 (90,3%)	

Während der Anteil an Nichtrauchern im Alter von 12 Jahren noch bei 100% lag, nahm die Häufigkeit zumindest bei den Mädchen ab einem Alter von 14 Jahren (6,7%) deutlich zu. Der Anteil der tabakkonsumierenden Mädchen war im Alter von 16 Jahren am höchsten ($n=12$; 19,7%) und sank dann wieder auf 10% ($n=3$). Demgegenüber konnte ein nennenswerter altersabhängiger Anstieg bei den Jungen erst ab einem Alter von 15 Jahren registriert werden (4,4%). Im Gegensatz zu den Mädchen befanden sich unter den 17-jährigen Jungen die meisten Raucher ($n=6$; 15,8%). 14- bis 16-jährige Mädchen rauchen ihren Angaben zufolge deutlich häufiger als Jungen in dieser Altersgruppe; erst ab einem Alter von 17 Jahren scheint sich dieses Verhältnis umzukehren. Im geschlechtsabhängigen Vergleich blieben nennenswerte Unterschiede in den jeweiligen Altersstufen jedoch aus (Abbildung 29).

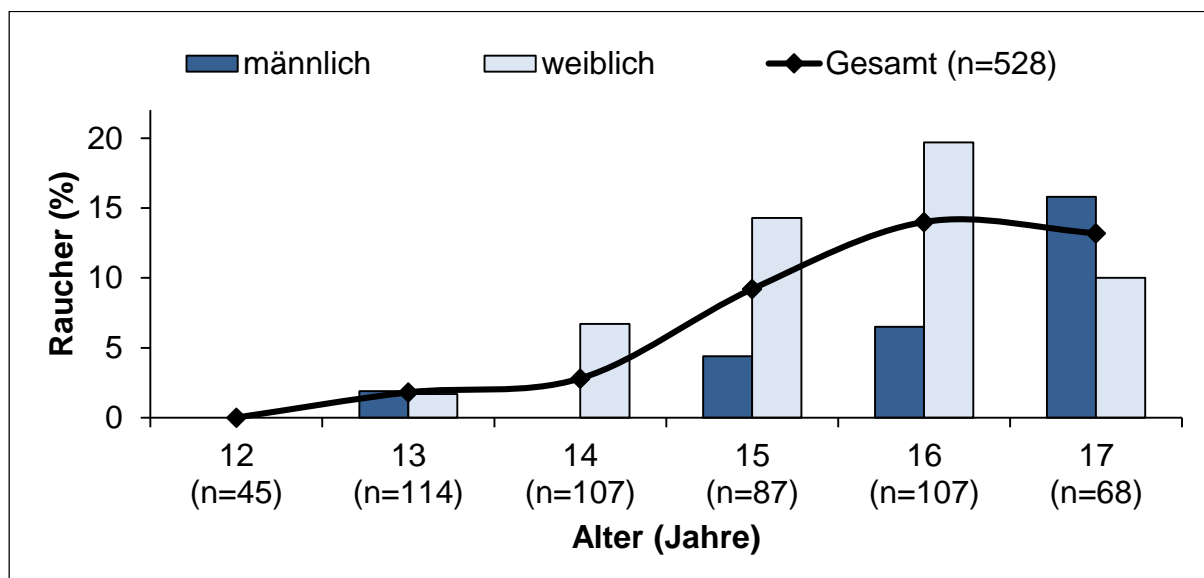


Abbildung 29. Raucher in der Gesamtgruppe ($n=528$) und den Geschlechtergruppen im Altersgang (%).

47,2% ($n=249$) der Befragten im Alter von 12 bis 17 Jahren gaben an, bereits Alkohol konsumiert zu haben. Bisher enthaltsam blieben 52,8% ($n=278$). Über ein Fünftel aller Befragten, die bereits mit Alkohol in Kontakt gekommen waren ($n=55$; 22,1%), berichtete über einen regelmäßigen Konsum (d. h. mindestens einmal pro Woche). 77,9% aller Konsumenten tranken dagegen 1-3x im Monat Alkohol. Ein täglicher Alkoholkonsum wurde nicht genannt.

44,8% der Jungen ($n=120$) und die Hälfte der Mädchen ($n=129$) hatten schon einmal Alkohol getrunken. Zwischen Jungen und Mädchen konnten keine wesentlichen

Unterschiede in der Konsumhäufigkeit von Alkohol gefunden werden ($z=-1,044$, $p=0,297$) (Tabelle 38).

Tabelle 38. Absolute (n) und relative (%) Anteile an alkoholkonsumierenden Probanden in der Gesamtgruppe ($n=527$) und den Geschlechtergruppen. n.s.=nicht signifikant.

Parameter	Gesamt ($n=527$)	♂ ($n=268$)	♀ ($n=259$)	p (♂/♀)
nie	278 (52,8%)	148 (55,2%)	130 (50,2%)	<i>Alkoholkonsum: $p=0,297$ (n.s.)</i>
Alkoholkonsum 1x im Monat	94 (17,8%)	46 (17,2)	48 (18,5%)	
2-3x im Monat	100 (19,0%)	46 (17,2%)	54 (20,8%)	
1-2x pro Woche	51 (9,7%)	25 (9,3%)	26 (10,0%)	
öfter pro Woche	4 (0,8%)	3 (1,1%)	1 (0,4%)	
täglich	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	

Der Anteil der Teilnehmer ohne Alkoholerfahrung sank mit zunehmendem Alter (Abbildung 30). Während im Alter von 12 Jahren noch 97,8% ($n=44$) über Alkoholabstinenz berichteten, waren es im Alter von 14 Jahren noch 68,2% ($n=73$) und bei den Ältesten der Stichprobe nur noch 14,7% ($n=10$). Der Anteil an Jungen und Mädchen, die noch nie Alkohol konsumiert hatten, unterschied sich in keiner der Altersstufen signifikant. Mädchen waren im Vergleich zu den Jungen bis zum 13. Lebensjahr zwar etwas häufiger abstinent; ab dem 14. Lebensjahr war der Anteil der Jungen, die noch nie Alkohol getrunken hatten, hingegen wieder etwas höher als bei den Mädchen (69,4% vs. 66,7%). Insgesamt ließ sich feststellen, dass bis zu einem Alter von 13 Jahren nur wenige Jungen und Mädchen Alkohol konsumierten. Ab dem 15. Lebensjahr nahm der erstmalige Kontakt mit Alkohol deutlich zu.

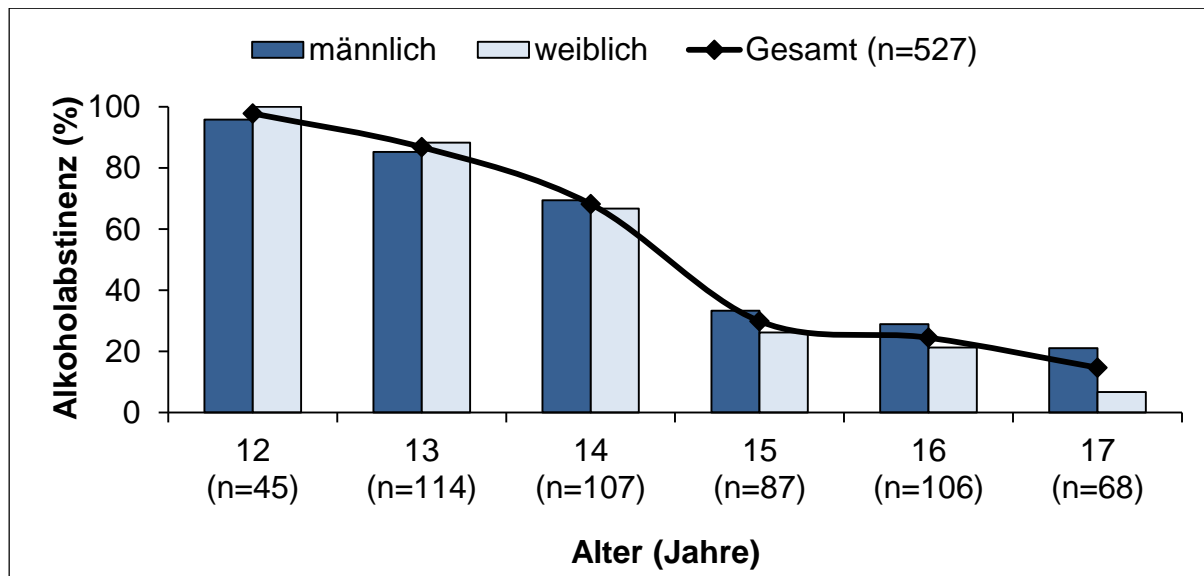


Abbildung 30. Alkoholabstinenz in der Gesamtgruppe ($n=527$) und den Geschlechtergruppen im Altersgang (%).

Auch die Prävalenz des regelmäßigen Konsums zeigte eine Abhängigkeit vom Alter; ein starker Anstieg zeichnete sich mit dem 15. Lebensjahr ab (Abbildung 31). Der wöchentliche Alkoholkonsum stieg von insgesamt 1,1% ($n=3$) bei den 12- bis 14-Jährigen auf 19,9% ($n=52$) bei den 15- bis 17-Jährigen. Der Anteil der Probanden, die wöchentlich Alkohol tranken, betrug bei beiden Geschlechtern 10,4%. In den jeweiligen Altersstufen ließen sich keine geschlechtsabhängigen Unterschiede feststellen. Der Anteil der Jugendlichen, die wöchentlich Alkohol konsumierten, lag bei den 12- bis 14-jährigen Jungen bei 1,4% ($n=2$), während Mädchen desselben Alters in 0,8% ($n=1$) der Fälle regelmäßig Alkohol tranken. Bei 15- bis 17-jährigen Jungen waren es dagegen schon 18,8% ($n=26$) und bei den gleichaltrigen Mädchen 19,5% ($n=26$). Im Alter von 15 Jahren, in dem gemäß Jugendschutzgesetz noch kein Alkohol getrunken werden dürfte, gaben 13,8% ($n=12$) der Befragten an, bereits wöchentlich Alkohol zu sich zu nehmen.

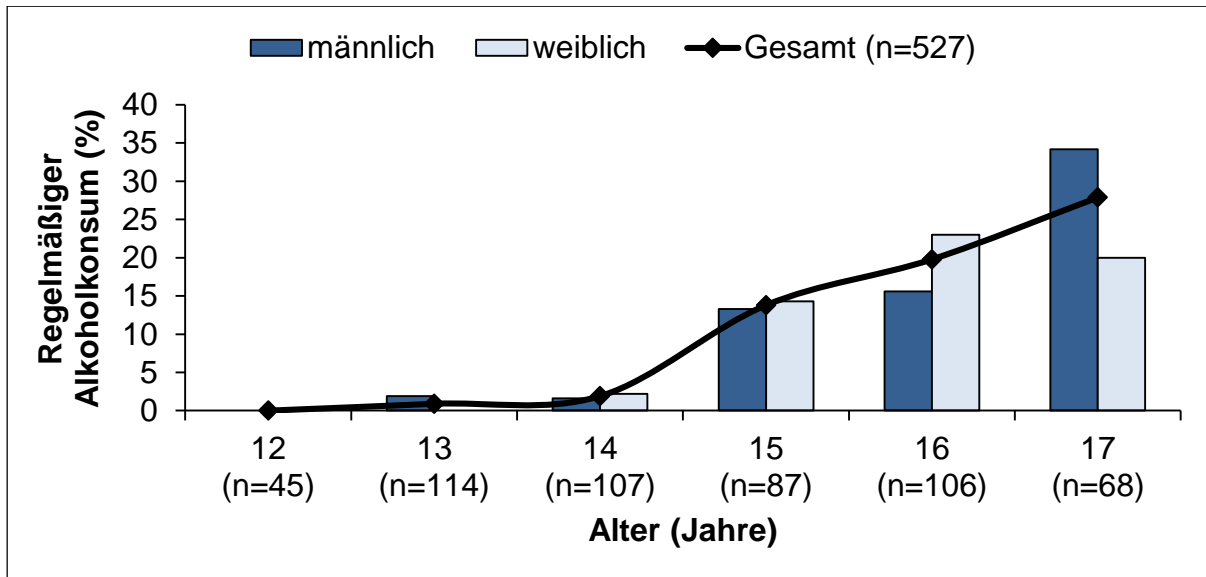


Abbildung 31. Regelmäßiger Alkoholkonsum in der Gesamtgruppe ($n=527$) und den Geschlechtergruppen im Altersgang (%).

8.7 Familiäre Faktoren

Die Analyse der familiären Daten beruht auf den Selbstangaben des befragten Elternteils bzw. Erziehungsberechtigten. Werden die unter dem Begriff „Familie“ fallenden Daten beider Elternteile beurteilt, schließt auch dies die Werte der Alleinerziehenden mit ein. Hinsichtlich der anthropometrischen Daten sowie familiären Erkrankungen wurde explizit nach leiblichen Eltern gefragt; in den übrigen Datenauswertungen geht somit nicht hervor, ob es sich bei der Person der „Mutter“ bzw. des „Vaters“ um die biologische Elternschaft handelt. Darüber hinaus wurden die Angaben zu Übergewicht in der Familie (vgl. Kapitel 8.7.4) zum Teil durch die errechneten BMI-Werte, die sich aus dem selbstberichteten Körpergewicht und der -größe ergaben (vgl. Kapitel 8.7.1), ergänzt und gegebenenfalls korrigiert. Im Falle offener Angaben in der familiären Anamnese (z. B. aufgrund von Scham oder Unwissenheit) aber vorliegenden BMI-Werten ging die ermittelte Klassifikation anhand des errechneten BMI in die Analyse der Familiendaten ein. Gaben die Befragten an, dass die Diagnose bzw. das Risiko eines Übergewichts bisher nicht festgestellt wurde, aber der errechnete BMI $\geq 25 \text{ kg/m}^2$ lag, wurde für diese Person ein ebenso bestehendes Übergewicht angenommen. Im umgekehrten Fall blieb die Angabe in der familiären Anamnese bestehen (Übergewicht diagnostiziert, aber errechneter BMI $\leq 25 \text{ kg/m}^2$).

8.7.1 Anthropometrische Daten der leiblichen Eltern

Mütter waren im Mittel $45,4 \pm 4,5$ Jahre alt, $168,1 \pm 6,4$ cm groß und $67,1 \pm 11,8$ kg schwer. Der durchschnittliche BMI lag damit bei $23,7 \pm 3,8$ kg/m². Das mittlere Alter der Väter betrug $48,2 \pm 6,0$ Jahre. Mit einer durchschnittlichen Größe von $181,7 \pm 7,0$ cm und einem Körpergewicht von $86,2 \pm 11,0$ kg wurde ein mittlerer BMI von $26,1 \pm 3,2$ kg/m² ermittelt. Väter waren signifikant älter ($t=7,086$, $df=634$, $p<0,001$, $d=0,53$), größer ($t=27,380$, $df=721$, $p<0,001$, $d=2,04$), schwerer ($t=21,885$, $df=693$, $p<0,001$, $d=1,67$) und hatten einen höheren BMI ($t=9,081$, $df=693$, $p<0,001$, $d=0,68$) als Mütter (Tabelle 39).

Tabelle 39. Alter (Jahre), Körpergröße (cm), Körpergewicht (kg) und BMI (kg/m²) bei den (leiblichen) Müttern und Vätern. Dargestellt sind $M \pm SD$, min, max. *** $p<0,001$ für signifikante Unterschiede zwischen Müttern und Vätern.

	Parameter	<i>n</i>	<i>M</i> ± <i>SD</i>	min	max	<i>p</i> (Väter/Mütter)
Väter	Alter (Jahre)	342	48,2 ± 6,0	32,0	78,0	Alter: $p<0,001$ ***
	Körpergröße (cm)	340	181,7 ± 7,0	165,0	203,0	
	Körpergewicht (kg)	320	86,2 ± 11,0	64,0	132,0	Größe: $p<0,001$ ***
	BMI (kg/m ²)	320	26,1 ± 3,2	19,4	41,0	
Mütter	Alter (Jahre)	383	45,4 ± 4,6	32,0	59,0	Gewicht: $p<0,001$ ***
	Körpergröße (cm)	383	168,1 ± 6,4	152,0	186,0	
	Körpergewicht (kg)	375	67,1 ± 11,8	42,0	120,0	BMI: $p<0,001$ ***
	BMI (kg/m ²)	375	23,7 ± 3,8	15,2	38,5	

Dem errechneten BMI der Elternteile zufolge waren nach Definition der WHO (2000) 26,9% ($n=114$) der Mütter und 58,4% ($n=187$) der Väter übergewichtig bzw. adipös (≥ 25 kg/m²). Bei den Vätern konnten in 11,6% ($n=37$) der Fälle BMI-Werte ≥ 30 kg/m² ermittelt werden; Mütter zeigten dagegen nur zu 6,4% ($n=24$) als adipös geltende Body-Mass-Indizes. 3,5% ($n=13$) der Mütter waren untergewichtig (Abbildung 32). In den $n=384$ Familien lag in 60,2% ($n=231$) der Fälle bei mindestens einem Familienmitglied Übergewicht vor; davon waren zu 30,3% ($n=70$) beide Elternteile betroffen. 39,8% ($n=153$) der Kinder hatten normalgewichtige Mütter und Väter bzw. ein alleinerziehendes Elternteil, welches Normalgewicht hatte.

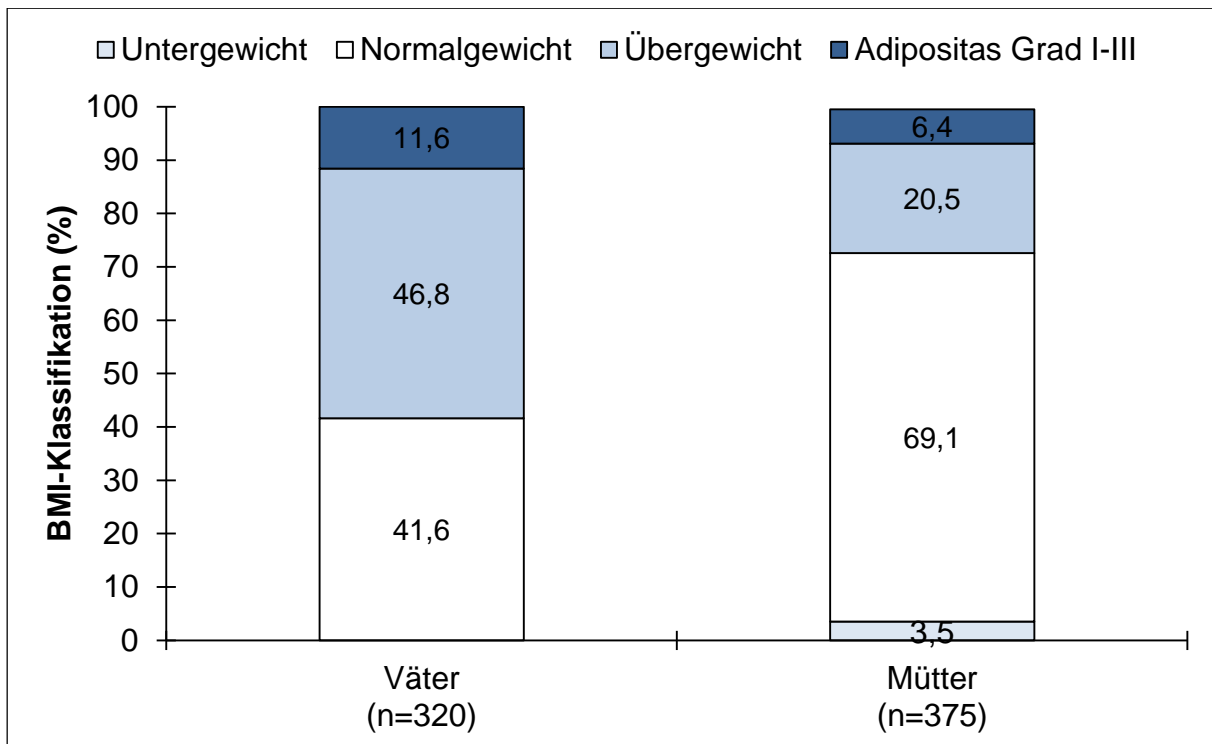


Abbildung 32. Klassifikation des BMI (WHO, 2000) bei Müttern ($n=375$) und Vätern ($n=320$) auf Basis von Selbstangaben zu Größe und Gewicht (%).

8.7.2 Bildung und Berufsstatus

Der Tabelle 40 ist die Verteilung der Schulabschlüsse bei den Müttern und Vätern sowie der in den Familien vorliegende höchste Schulabschluss zu entnehmen. Die Mehrheit der Väter und Mütter hatte Abitur (43,8% bzw. 40,5%). Die mittlere Reife stellte den zweithäufigsten Schulabschluss dar; Mütter beendeten ihre schulische Laufbahn hingegen häufiger mit dem Realschulabschluss als Väter (39,2% vs. 27,5%). Jeweils 14,3% der Väter verfügten über Fachabitur bzw. Berufsreife. Bei den Müttern lagen die entsprechenden Anteile bei 8,2% und 12,2%. Bedeutsame Unterschiede zwischen Müttern und Vätern waren nicht zu erkennen ($z=-1,246$, $p=0,213$).

Bei 55,0% ($n=209$) der Familien lag mit dem Erreichen der allgemeinen Hochschulreife der höchste Schulabschluss vor; in fast der Hälfte dieser Familien ($n=97$) hatten beide Elternteile die Schule mit dem Abitur abgeschlossen. Bei einem Viertel der Familien (26,3%) lag mit dem Realschulabschluss der höchste Bildungsgrad vor; in fast zwei Drittel dieser Fälle ($n=51$) erlangten beide Elternteile die mittlere Reife. Fachabitur bzw. Berufsreife machten bei 11,8% bzw. 6,8% der Familien den höchsten Schulabschluss aus.

Tabelle 40. Absolute (n) und relative (%) Anteile unterschiedlicher Schulabschlüsse bei Müttern ($n=378$) und Vätern ($n=349$) sowie der in den Familien ($n=380$) vorliegende höchste Schulabschluss. n.s.=nicht signifikant.

Parameter	Familie ($n=380$)	Väter ($n=349$)	Mütter ($n=378$)	p (Väter/Mütter)	
Schulabschluss	Berufsreife, Hauptschulabschluss	26 (6,8%)	50 (14,3%)	46 (12,2%)	<i>Schulabschluss:</i> $p=0,213$ (n.s.)
	Mittlere Reife, Realschulabschluss	100 (26,3%)	96 (27,5%)	148 (39,2%)	
	Fachabitur	45 (11,8%)	50 (14,3%)	31 (8,2%)	
	Abitur	209 (55,0%)	153 (43,8%)	153 (40,5%)	

Wird der soziale Status anhand des höchsten Schulabschlusses definiert, ergibt sich die in Abbildung 33 dargestellte Verteilung. Demnach gehörten zwei Drittel der Familien (66,8%) einem hohen sozialen Status (Fachabitur und Abitur) an; dies traf auf 63,5% der Jungen und 70,2% der Mädchen zu. Ein niedriger Sozialstatus (Haupt- und Realschulabschluss) konnte einem Drittel der Familien (33,2%) zugeordnet werden. Jungen kamen gegenüber den Mädchen etwas häufiger aus sozial schwächeren Familien (36,5% vs. 29,8%). Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen waren allerdings nicht signifikant ($X^2=1,904$, $df=1$, $p=0,168$).

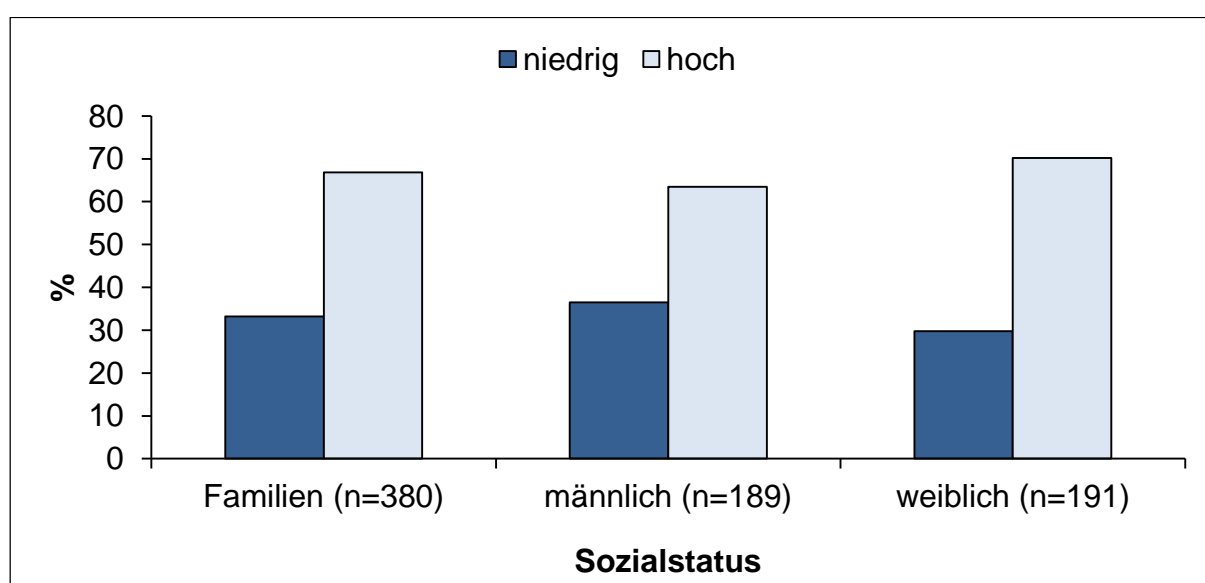


Abbildung 33. Sozialstatus (niedrig/hoch) in den Familien ($n=380$) und Geschlechtergruppen (%).

1,5% der Mütter ($n=6$) und 1,9% der Väter ($n=7$) hatten keine abgeschlossene Berufsausbildung ($X^2=0,165$, $df=1$, $p=0,685$). Dagegen waren zum Zeitpunkt der Befragung 86,9% ($n=338$) der Mütter und 97,0% ($n=352$) der Väter erwerbstätig ($X^2=25,222$, $df=1$, $p<0,001$). In 78,9% ($n=307$) der Familien gingen beide Elternteile einem Beruf nach.

8.7.3 Tabak- und Alkoholkonsum

Ein Fünftel aller befragten Mütter ($n=85$; 21,9%) und knapp ein Viertel der Väter ($n=86$; 24,0%) waren Raucher ($X^2=0,469$, $df=1$, $p=0,493$). In 35,0% der Familien ($n=136$) rauchte mindestens ein Elternteil. Bei einem Viertel ($n=35$; 25,7%) der Familien, in denen geraucht wurde, konsumierten sowohl Mutter als auch Vater Tabak; dies entsprach in etwa einem Anteil von 9,0% aller untersuchten Familien (Tabelle 41). Abbildung 34 verdeutlicht den Rauchstatus in den Familien.

Tabelle 41. Absolute (n) und relative (%) Anteile an Rauchern und Nichtrauchern in den Familien ($n=389$) sowie bei Müttern ($n=389$) und Vätern ($n=359$). n.s.=nicht signifikant.

Parameter		Familie ($n=389$)	Väter ($n=359$)	Mütter ($n=389$)	p (Väter/Mütter)
Nikotinkonsum	Raucher	136 (35,0%)	86 (24,0%)	85 (21,9%)	<i>Nikotinkonsum:</i> $p=0,493$ (n.s.)
	Nichtraucher	253 (65,0%)	273 (76,0%)	304 (78,1%)	

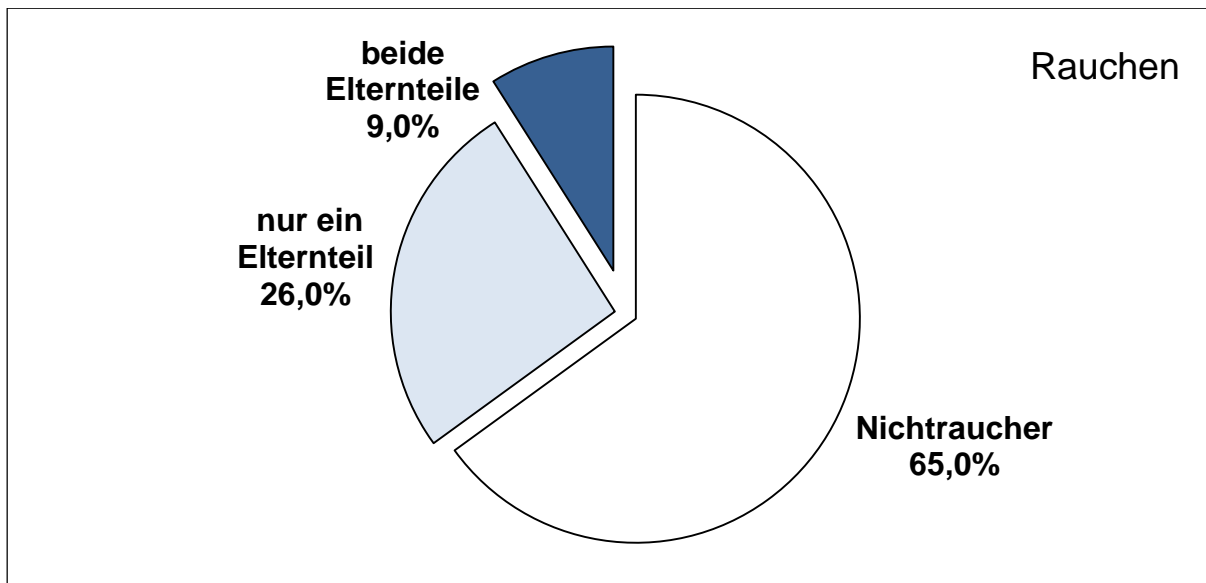


Abbildung 34. Rauchstatus in den Familien ($n=389$): Nichtraucher, nur ein Elternteil Raucher, beide Elternteile Raucher (%).

34,6% ($n=133$) der Mütter und 48,3% ($n=169$) der Väter berichteten über einen regelmäßigen Konsum von Alkohol ($X^2=1,198$, $df=1$, $p<0,001$). Darunter fielen Mütter zu 1,6% ($n=6$) bzw. Väter zu 3,1% ($n=11$), die sogar täglich Alkohol tranken. Der Anteil an Eltern, die dagegen noch nie Alkohol zu sich genommen hatten, betrug 17,9% ($n=69$) bei den Müttern bzw. 8,9% ($n=31$) bei den Vätern. Väter tranken nachweislich häufiger Alkohol als Mütter ($z=-5,053$, $p<0,001$) (Tabelle 42).

Tabelle 42. Absolute (n) und relative (%) Anteile an alkoholkonsumierenden Müttern ($n=385$) und Vätern ($n=350$). *** $p<0,001$ für signifikante Unterschiede zwischen Müttern und Vätern.

Parameter	Väter ($n=350$)	Mütter ($n=385$)	p (Väter/Mütter)
nie	31 (8,9%)	69 (17,9%)	Alkoholkonsum: $p<0,001$ ***
1x im Monat	50 (14,3%)	90 (23,4%)	
2-3x im Monat	100 (28,6%)	93 (24,2%)	
1-2x pro Woche	108 (30,9%)	89 (23,1%)	
öfter pro Woche	50 (14,3%)	38 (9,9%)	
täglich	11 (3,1%)	6 (1,6%)	

8.7.4 Familienanamnese

Abbildung 35 zeigt die Prävalenz der familiären Erkrankungen bei den leiblichen Eltern und Großeltern. Eine Störung des Fettstoffwechsels wurde bei 8,2% ($n=29$) der Mütter bzw. 16,4% ($n=48$) der Väter sowie bei annähernd der Hälfte (46,6%) der Großeltern ($n=118$) diagnostiziert. 3,5% der Mütter ($n=13$) und etwa doppelt so viele Väter ($n=24$; 6,9%) waren Diabetiker; Großeltern litten dagegen zu einem Drittel ($n=109$; 33,5%) an Diabetes mellitus. Übergewicht und Bluthochdruck wiesen insgesamt die höchsten Prävalenzen bei Eltern und Großeltern auf. Nach Auskunft der befragten Elternteile waren 32,7% der Mütter ($n=126$), 55,9% der Väter ($n=195$) und 41,5% der Großeltern ($n=135$) übergewichtig. In den $n=389$ Familien lag in 62,7% der Fälle ($n=244$) bei mindestens einem Elternteil Übergewicht vor; fast ein Drittel (31,6%) der in diesen Familien lebenden Kinder ($n=77$) hatte zwei übergewichtige Elternteile. 32,3% ($n=145$) der Kinder hatten normalgewichtige Mütter und Väter bzw. ein normalgewichtiges alleinerziehendes Elternteil.

Eine vergleichende Analyse mit den auf den Selbstangaben der Eltern zu Größe und Gewicht ermittelten Body-Mass-Indizes (vgl. Kapitel 8.7.1) zeigt Abweichungen zum einen im vorliegenden Datensatz ($n=384$ vs. $n=389$) und zum anderen in der Prävalenz von Übergewicht. Der Anteil übergewichtiger Mütter war unter der Berechnung des BMI anhand der selbstberichteten Gewichts- und Größenangaben um 5,8% geringer (26,9% von $n=375$ vs. 32,7% von $n=385$). Bei den Vätern verhielt es sich prozentual gesehen umgekehrt (58,4% von $n=320$ vs. 55,9% von $n=349$).

Die Hypertonieprävalenz in der Familie lag bei 33,5%. Eine Hypertonie hatten zwei Drittel (67,9%) der Großeltern ($n=186$) im Laufe ihres Lebens entwickelt, während 14,5% der Mütter ($n=54$) und ein Viertel (25,2%) der Väter ($n=80$) unter einem zu hohen Blutdruck litten. In 3,5% ($n=13$) der insgesamt $n=373$ Familien waren sowohl Mutter als auch Vater an einer arteriellen Hypertonie erkrankt; bei 29,0% ($n=108$) lag bei nur einem Elternteil Bluthochdruck vor. Zwei Drittel ($n=252$; 67,6%) der Kinder waren demnach zumindest aus elterlicher Sicht unvorbelastet in Bezug auf einen erhöhten Blutdruck.

Das Vorliegen von KHK, Herzinfarkt und Schlaganfall wurde im Vergleich zu den übrigen Erkrankungen weniger häufig bejaht. Bei den Eltern ist ihre Häufigkeit mit 1-2% ($n=17$) bei den Müttern und 2-5% ($n=40$) bei den Vätern angegeben worden. In der 3. Familiengeneration wurde die KHK noch bei einem Drittel diagnostiziert ($n=96$;

33,3%), während die Prävalenz von Herzinfarkt mit 30,9% ($n=103$) etwas niedriger und das Auftreten eines Schlaganfall bis zu 10% geringer war ($n=79$; 23,6%). Insgesamt waren Mütter im Vergleich zu Vätern seltener von einer Fettstoffwechselstörung ($X^2=10,341$, $df=1$, $p=0,001$), Bluthochdruck ($X^2=11,717$, $df=1$, $p=0,001$), Diabetes mellitus ($X^2=4,604$, $df=1$, $p=0,032$), Übergewicht ($X^2=39,857$, $df=1$, $p<0,001$), KHK ($X^2=8,723$, $df=1$, $p=0,003$) und Herzinfarkt ($X^2=4,960$, $df=1$, $p=0,026$) betroffen. Die Schlaganfallprävalenz unterschied sich nicht zwischen Müttern und Vätern ($X^2=0,501$, $df=1$, $p=0,479$).

Großeltern zeigten mit Ausnahme des Übergewichts stets die höchsten Prävalenzen; Übergewicht lag dagegen bei den Vätern am häufigsten vor. Der Grafik ist insgesamt eine sich mit der Generation verändernde Zunahme in der Krankheitshäufigkeit zu entnehmen.

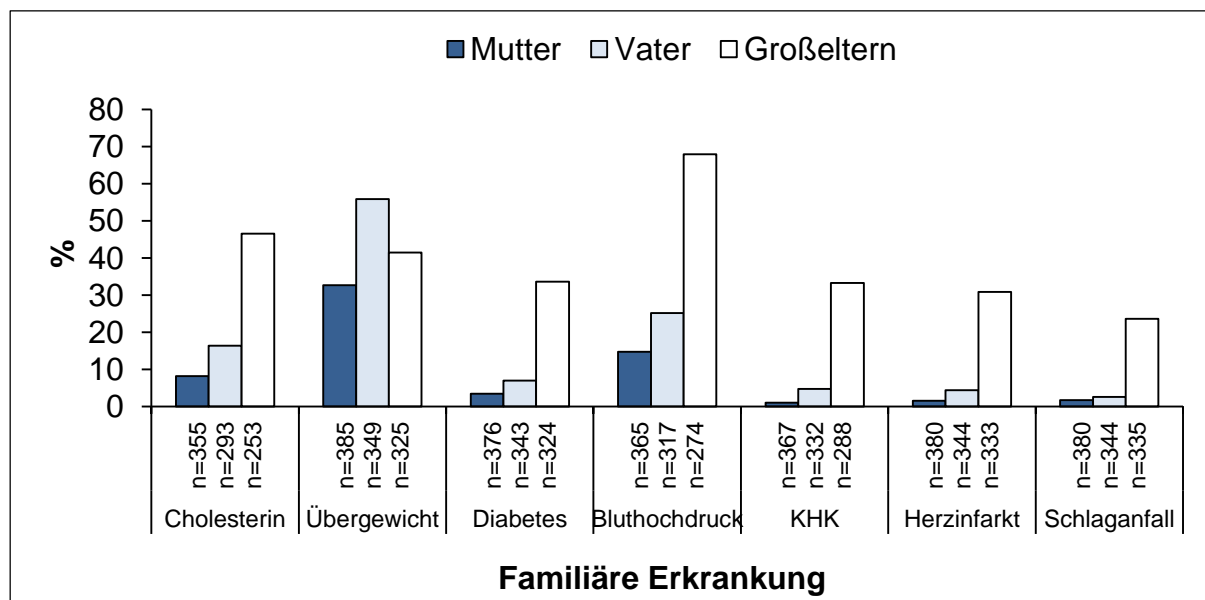


Abbildung 35. Prävalenz familiärer Erkrankungen bei leiblichen Eltern und Großeltern (%).

Weit mehr als die Hälfte der Heranwachsenden hatte damit eine positive Familienanamnese (mindestens ein Familienmitglied) für Übergewicht ($n=288$; 73,7%) und Hypertonie ($n=239$; 61,8%); eine familiäre Störung des Kohlenhydrat- bzw. Fettstoffwechsels lag in 33,2% ($n=129$) bzw. 41,7% ($n=163$) der Fälle vor. Die familiäre Anamnese für weitere kardiovaskuläre Erkrankungen wie KHK ($n=104$), Herzinfarkt ($n=120$) und Schlaganfall ($n=89$) war bei 20-30% der Probanden positiv (Abbildung 36).

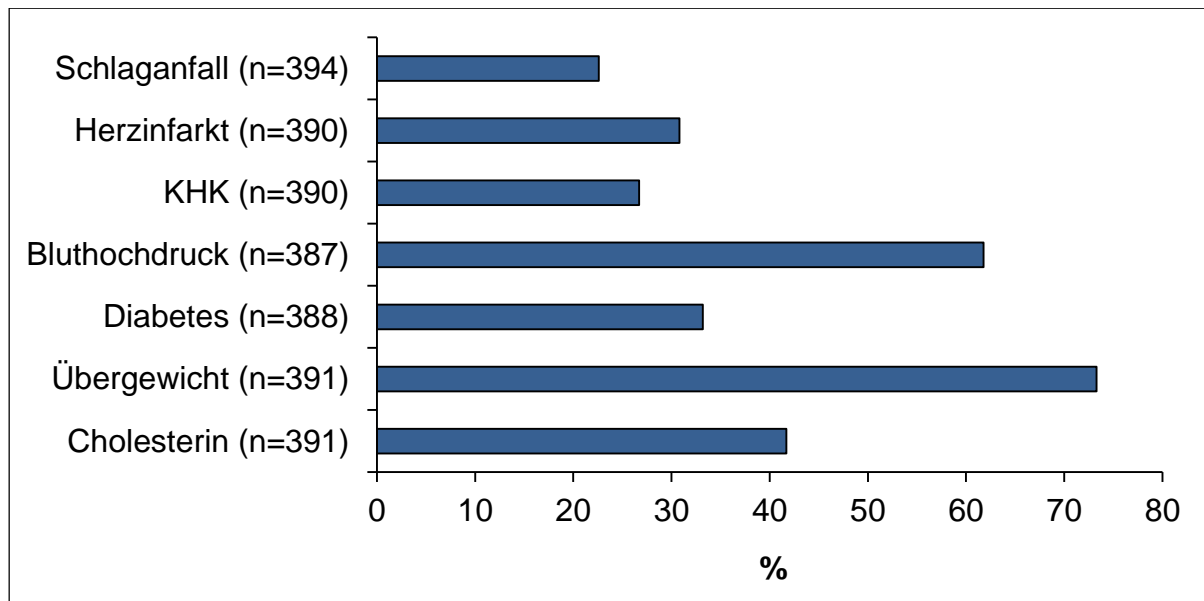


Abbildung 36. Prävalenz familiärer Erkrankungen bei mindestens einem Familienmitglied (%).

8.7.5 Sportliche Aktivität

66,1% ($n=255$) der Mütter und 60,5% ($n=216$) der Väter waren sportlich aktiv (Tabelle 43). Mütter trieben durchschnittlich 2:18 Stunden ($2,3 \pm 2,3$ Stunden) und Väter 2:12 Stunden ($2,2 \pm 2,2$ Stunden) Sport in der Woche ($t=-0,271$, $df=215$, $p=0,787$). Mindestens ein Elternteil ging in 75,0% ($n=291$) der insgesamt $n=388$ Familien wenigstens einer Sportart in der Woche nach. In 61,9% dieser Familien ($n=180$) gaben Mutter und Vater an, sportlich aktiv zu sein; sportlich inaktiv war dagegen ein Viertel ($n=97$; 25,0%) der Familien. Zu den beliebtesten Sportarten zählten Joggen, Fitnessstraining, Walken und Radfahren.

Tabelle 43. Sportliche Aktivität (Stunden pro Woche) bei Müttern ($n=386$) und Vätern ($n=357$). Dargestellt sind $M \pm SD$, min, max. n.s.=nicht signifikant.

Parameter	n	$M \pm SD$	min	max	p (Väter/Mütter)	
Sportliche Aktivität	Väter	357	$2,2 \pm 2,2$	0,00	12,0	Sportliche Aktivität: $p=0,787$ (n.s.)
	Mütter	386	$2,3 \pm 2,3$	0,00	12,0	

8.8 Assoziation von kardiovaskulären Risikofaktoren mit dem systolischen Ruhe- und Belastungsblutdruck

Die Präsentation der weiteren Resultate erfolgt schwerpunktmäßig zur Beantwortung der zweiten Fragestellung (*Zusammenhänge mit kardiovaskulären Risikofaktoren*). Es wird der Frage nachgegangen, in welcher Beziehung sich die Blutdruckwerte und zusätzlich erhobenen Parameter gegenüberstehen. Dazu wurden Korrelations- und Varianzanalysen zwischen dem Blutdruck in Ruhe sowie bei Belastung und den entsprechenden Variablen unter Berücksichtigung verschiedener Kovariaten durchgeführt.

8.8.1 Blutdruck in Ruhe und während Belastung

Bei den $n=492$ Probanden, für die sowohl der Ruhe- als auch Belastungsblutdruck ermittelt werden konnte, ergaben sich systolisch ($r=0,629$; $p<0,001$) und diastolisch ($r=0,374$; $p<0,001$) statistisch bedeutsame Korrelationen, die auch nach Korrektur für Alter, Geschlecht und Größe signifikant blieben ($r=0,564$ bzw. $r=0,350$; $p<0,001$). Abbildung 37 veranschaulicht den unkorrigierten Zusammenhang zwischen den systolischen Blutdruckwerten.

Probanden mit mindestens hoch normalen Blutdruckwerten in Ruhe ($n=60$, nach KiGGS) zeigten gegenüber normotensiven Probanden ($n=432$) einen 18,2 mmHg höheren Belastungsblutdruck ($147,7 \pm 17,1$ vs. $165,9 \pm 17,1$ mmHg; $F_{(1,487)}=60,081$, $p<0,001$, $\eta^2=0,110$), unabhängig von Alter, Geschlecht und Größe. Auch nach Adjustierung für die BMI-Perzentile unterschied sich der systolische Belastungsblutdruck zwischen beiden Gruppen um 15,1 mmHg ($148,1 \pm 16,3$ vs. $163,2 \pm 16,6$ mmHg; $F_{(1,486)}=43,383$, $p<0,001$, $\eta^2=0,082$). Der zusätzlich für die relative Fitness korrigierte Unterschied ($n=430$ vs. $n=59$) war ebenfalls signifikant ($148,2 \pm 16,1$ vs. $162,0 \pm 16,5$ mmHg; $F_{(1,482)}=35,211$, $p<0,001$, $\eta^2=0,068$).

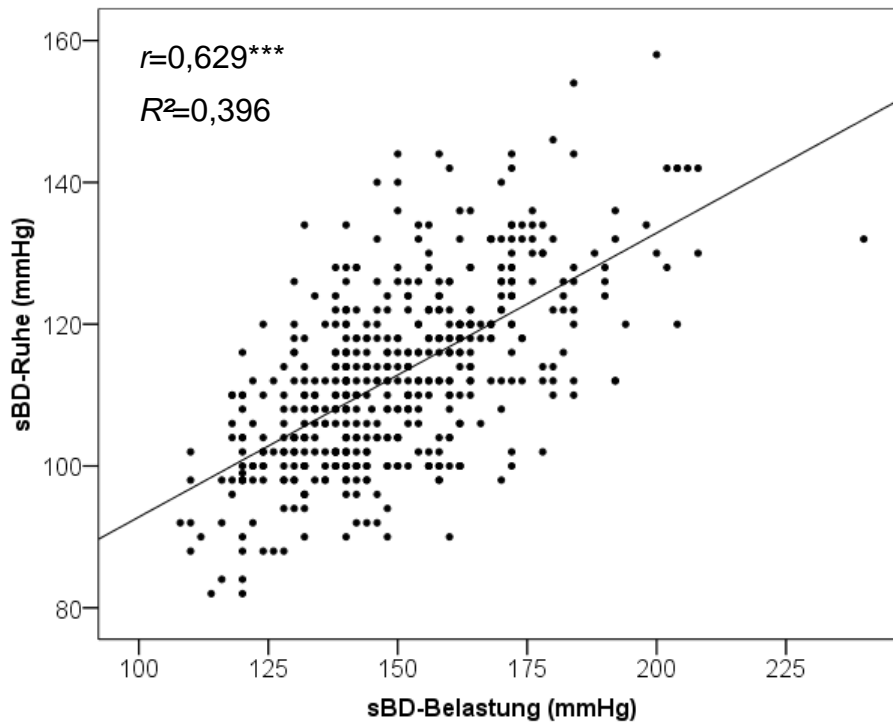


Abbildung 37. Streudiagramm einschließlich Regressionsgerade für den Zusammenhang zwischen dem systolischen Blutdruck in Ruhe (sBD-Ruhe) und bei Belastung (sBD-Belastung).

8.8.2 Blutdruck, BMI und Taillenumfang

Die Zusammenhangsanalysen kamen zu ähnlich starken Korrelationen zwischen dem BMI und den systolischen Blutdruckwerten in Ruhe ($r=0,391$; $p<0,001$) sowie unter Belastung ($r=0,388$; $p<0,001$). Auch nach Adjustierung für Alter und Geschlecht blieben die Zusammenhänge bestehen ($r=0,370$ vs. $r=0,351$; $p<0,001$). Ging statt des BMI die alters- und geschlechtsabhängige BMI-Perzentile in die Berechnung ein, waren ebenso signifikante Zusammenhänge zu erkennen ($r=0,298$ vs. $r=0,312$; $p<0,001$).

Der mittlere systolische Ruheblutdruck war bei Übergewichtigen ($\geq 90.$ Perzentile) nach rechnerischer Korrektur für Alter, Größe und Geschlecht um 10,3 mmHg ($p<0,001$) höher als bei Normalgewichtigen ($\geq 10.$ bis $< 90.$ Perzentile). Übergewicht machte einen im Mittel 9,1 mmHg ($p<0,001$) höheren systolischen Belastungsblutdruck aus. Unter zusätzlicher Berücksichtigung der relativen Fitness verschwanden die Unterschiede im Belastungsblutdruck ($\Delta 4,0$ mmHg; $p=0,122$), nicht aber im Ruheblutdruck ($\Delta 8,5$ mmHg; $p<0,001$) (Tabelle 44, Abbildung 38).

Tabelle 44. ANCOVA – Systolischer Blutdruck (mmHg) in Ruhe (sBD-Ruhe) und unter Belastung (sBD-Belastung) bei Normalgewichtigen (≥ 10 .-90. P.) und Übergewichtigen (≥ 90 . P.) unter Berücksichtigung verschiedener Kovariaten. $p < 0,05$ für signifikante Gruppenunterschiede.

BMI		ANCOVA			
		<i>n</i>	Alter, Geschlecht, Größe (<i>M</i> , <i>SD</i> , <i>F</i> , <i>p</i> , η^2)	<i>n</i>	Alter, Geschlecht, Größe, Fitness (<i>M</i> , <i>SD</i> , <i>F</i> , <i>p</i> , η^2)
sBD-Ruhe (mmHg)	Normalgewicht	432	112,0 \pm 11,4 vs.	399	112,0 \pm 11,3 vs.
	Übergewicht	71	122,3 \pm 11,4 $F_{(1,498)}=49,881$, $p < 0,001$, $\eta^2=0,091$	64	120,5 \pm 12,2 $F_{(1,457)}=25,850$, $p < 0,001$, $\eta^2=0,054$
sBD-Belastung (mmHg)	Normalgewicht	402	149,2 \pm 17,7 vs.	399	149,9 \pm 18,0 vs.
	Übergewicht	64	158,4 \pm 17,8 $F_{(1,461)}=14,620$, $p < 0,001$, $\eta^2=0,031$	64	153,9 \pm 20,0 $F_{(1,457)}=2,406$, $p=0,122$

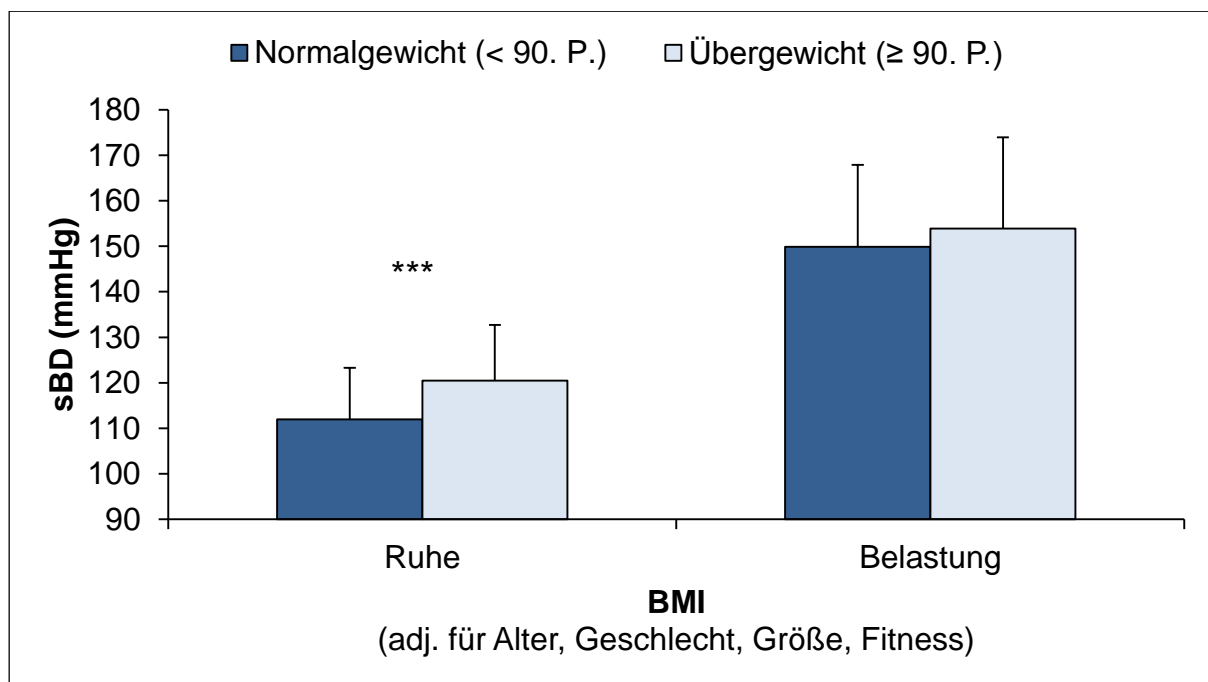


Abbildung 38. Systolischer Blutdruck (sBD) in Ruhe und unter Belastung (mmHg) bei normalgewichtigen (≥ 10 .-90. P., $n=399$) und übergewichtigen (≥ 90 . P., $n=64$) Probanden. $M \pm SD$ adjustiert für Alter, Geschlecht, Größe und relative Fitness. *** $p < 0,001$ für signifikante Unterschiede.

Auch unter Berücksichtigung der untergewichtigen Studienteilnehmer (< 10. Perzentile) wurden signifikante alters-, geschlechts- und größenadjustierte Unterschiede im Ruhe- ($107,3 \pm 11,3$ vs. $112,0 \pm 11,4$ vs. $122,3 \pm 11,4$ mmHg; $F_{(2,524)}=28,831$, $p<0,001$, $\eta^2=0,099$) und Belastungsblutdruck ($140,2 \pm 17,7$ vs. $149,2 \pm 17,7$ vs. $158,3 \pm 17,7$ mmHg; $F_{(2,486)}=11,454$, $p<0,001$, $\eta^2=0,045$) zwischen den drei BMI-Gruppen (untergewichtig, normalgewichtig, übergewichtig) sichtbar. So lag der systolische Ruheblutdruck der Untergewichtigen ($n=27$) $15,0$ mmHg ($p<0,001$) unter dem Messwert der Übergewichtigen ($n=71$) und $4,7$ mmHg ($p<0,001$) unter dem Ruheblutdruck der normalgewichtigen Probanden ($n=432$). Untergewichtige ($n=26$) zeigten gegenüber Normalgewichtigen ($n=402$) einen $9,0$ mmHg niedrigeren systolischen Blutdruck bei Belastung ($p<0,001$); im Vergleich zu Übergewichtigen ($n=64$) war der Blutdruckwert in der untersten BMI-Gruppe $18,1$ mmHg niedriger ($p<0,001$).

Bei der Prüfung auf Zusammenhänge ergaben sich ebenso zwischen dem Taillenumfang und dem Blutdruck in Ruhe ($r=0,438$; $p<0,001$) sowie während Belastung ($r=0,432$; $p<0,001$) signifikante Ergebnisse. Nach rechnerischer Korrektur für Alter, Geschlecht und Größe wurden diese Korrelationen tendenziell schwächer ($r=0,323$ vs. $r=0,300$; $p<0,001$).

Ein Bauchumfang oberhalb der 90. alters- und geschlechtsspezifischen KiGGS-Perzentile führte gegenüber Bauchumfängen unterhalb der 90. Perzentile zu höheren systolischen Blutdruckwerten in Ruhe ($\Delta 8,4$ mmHg; $p<0,001$) und bei Belastung ($\Delta 8,7$ mmHg; $p=0,001$), adjustiert für Alter, Geschlecht und Größe. Der Effekt des Bauchumfangs auf den Belastungsblutdruck verschwand, nachdem der Einfluss der individuellen Fitnessleistung kontrolliert wurde ($\Delta 4,7$ mmHg; $p=0,073$); der Unterschied im systolischen Ruheblutdruck blieb dagegen bestehen ($\Delta 5,4$ mmHg; $p=0,001$) (Tabelle 45, Abbildung 39).

Tabelle 45. ANCOVA – Systolischer Blutdruck (mmHg) in Ruhe (sBD-Ruhe) und unter Belastung (sBD-Belastung) bei Bauchumfängen unterhalb und oberhalb der 90. Perzentile unter Berücksichtigung verschiedener Kovariaten. $p < 0,05$ für signifikante Gruppenunterschiede.

Taillenumfang		ANCOVA			
		<i>n</i>	Alter, Geschlecht, Größe (<i>M</i> , <i>SD</i> , <i>F</i> , <i>p</i> , η^2)	<i>n</i>	Alter, Geschlecht, Größe, Fitness (<i>M</i> , <i>SD</i> , <i>F</i> , <i>p</i> , η^2)
sBD-Ruhe (mmHg)	< 90. P.	464	112,0 ± 11,5 vs.	430	112,1 ± 11,4 vs.
	vs. ≥ 90. P.	65	120,4 ± 11,6 $F_{(1,524)}=30,341$, $p < 0,001$, $\eta^2=0,055$	57	117,5 ± 11,9 $F_{(1,485)}=11,868$, $p = 0,001$, $\eta^2=0,024$
sBD-Belastung (mmHg)	< 90. P.	433	148,8 ± 17,8 vs.	430	149,2 ± 17,3 vs.
	vs. ≥ 90. P.	57	157,5 ± 17,8 $F_{(1,481)}=10,235$, $p = 0,001$, $\eta^2=0,021$	57	153,9 ± 18,1 $F_{(1,481)}=3,223$, $p = 0,073$

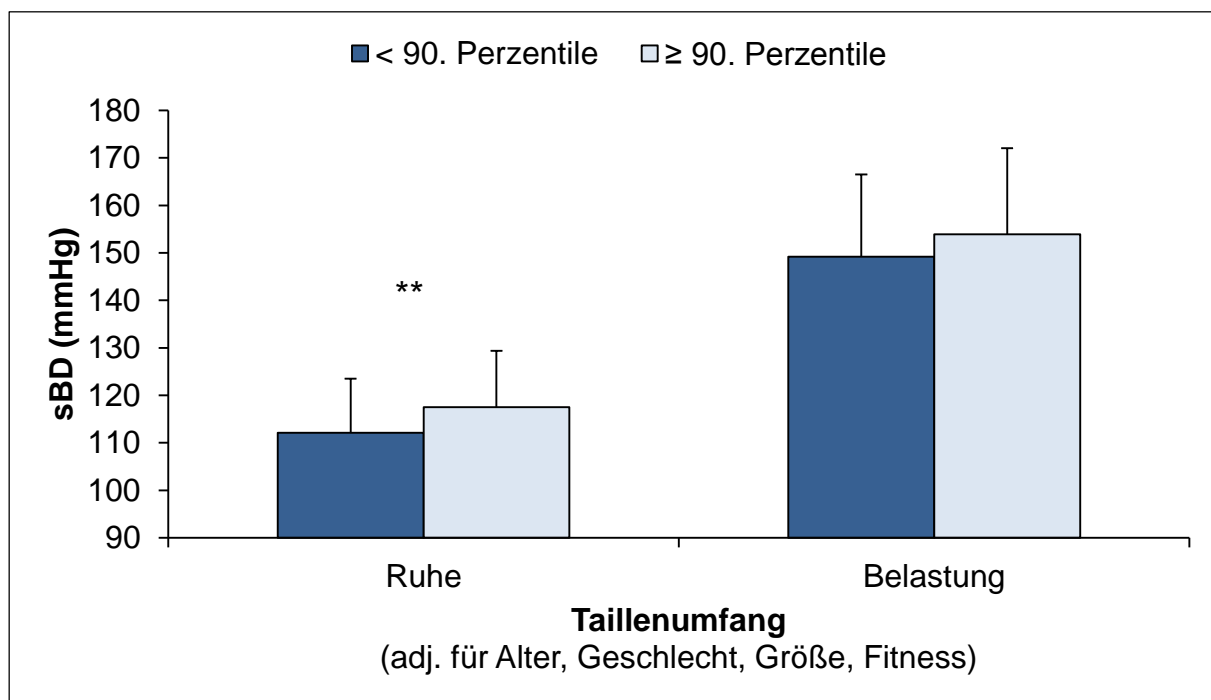


Abbildung 39. Systolischer Blutdruck (sBD) in Ruhe und unter Belastung (mmHg) bei Probanden mit Bauchumfängen < 90. Perzentile ($n=57$) und ≥ 90 . Perzentile ($n=430$). $M \pm SD$ adjustiert für Alter, Geschlecht, Größe und relative Fitness. $**p < 0,01$ für signifikante Unterschiede.

8.8.3 Blutdruck und Fitness

Im Hinblick auf die im Test zur Bestimmung der PWC170 erbrachten relativen Fitnessleistung zeigten sich erst nach der Bereinigung für Alter, Geschlecht und Größe sich invers zum systolischen Ruhe- und Belastungsblutdruck verhaltene Korrelationen ($r=-0,218$ vs. $r=-0,260$; $p<0,001$). Die Rangkorrelationsanalyse zwischen den Blutdruckwerten und jeweiligen Fitnesskategorien („sehr gering“ bis „gut“) ergab nach Adjustierung einen Koeffizienten von $r=-0,184$ vs. $r=-0,220$ ($p<0,001$).

Bedeutsame Unterschiede (adj. für Alter, Geschlecht, Größe) im Ruheblutdruck ($p=0,001$) und Belastungsblutdruck ($p<0,001$) bestanden ebenfalls zwischen den vier Fitnesskategorien. So wiesen Probanden mit dem geringstem Fitnessniveau („sehr geringe Fitness“) einen systolischen Ruheblutdruck auf, der gegenüber den durchschnittlich Fitten („durchschnittlich“) im Mittel 4,9 mmHg ($p=0,004$) und gegenüber den Versuchsteilnehmern mit guter Fitness („gut“) im Mittel 7,1 mmHg ($p=0,006$) höher war.

Unter Belastung war der Blutdruck bei Heranwachsenden der niedrigsten Fitnesskategorie 8,8 mmHg ($p<0,001$) höher als bei durchschnittlich fitten Probanden. Im Vergleich zu den fittesten Probanden war der Belastungsblutdruck der Unfittesten 13,1 mmHg ($p<0,001$) höher. Ging die BMI-Perzentile als weitere Kovariate ein, blieb einzig der Unterschied im Belastungsblutdruck zwischen den fittesten und unfittesten Probanden signifikant (Δ 8,4 mmHg; $p=0,016$) (Tabelle 46, Abbildung 40).

Um die Blutdruckunterschiede zu verdeutlichen, wurden die vier Fitnesskategorien in die beiden Gruppen „geringe Fitness“ (sehr gering/gering, $n=333$) sowie „gute Fitness“ (durchschnittlich/gut, $n=156$) eingeteilt. Adjustierte (Alter, Geschlecht, Größe) Blutdruckunterschiede zwischen den unfitten und fitten Versuchsteilnehmern betrugen in Ruhe 3,8 mmHg ($114,0 \pm 11,7$ vs. $110,2 \pm 11,8$ mmHg; $F_{(1,484)}=10,458$, $p=0,001$, $\eta^2=0,021$) und unter Belastung 7,6 mmHg ($152,3 \pm 17,7$ vs. $144,7 \pm 17,9$ mmHg; $F_{(1,484)}=19,126$, $p<0,001$, $\eta^2=0,038$). Der Effekt auf den Belastungsblutdruck blieb auch nach der Korrektur für die BMI-Perzentile bestehen ($151,5 \pm 16,9$ vs. $146,4 \pm 17,2$ mmHg; $F_{(1,483)}=9,114$, $p=0,003$, $\eta^2=0,019$), während im Ruheblutdruck kein statistisch relevanter Unterschied mehr zwischen den Fitnessgruppen festgestellt werden konnte ($113,5 \pm 11,3$ vs. $111,3 \pm 11,5$ mmHg; $F_{(1,483)}=3,771$, $p=0,053$).

Tabelle 46. ANCOVA – Systolischer Blutdruck (mmHg) in Ruhe (sBD-Ruhe) und unter Belastung (sBD-Belastung) bei unterschiedlichem Fitnessniveau unter Berücksichtigung verschiedener Kovariaten. $p < 0,05$ für signifikante Gruppenunterschiede.

relative Fitness		ANCOVA			
		<i>n</i>	Alter, Geschlecht, Größe (<i>M</i> , <i>SD</i> , <i>F</i> , <i>p</i> , η^2)	<i>n</i>	Alter, Geschlecht, Größe, BMI-Perzentile (<i>M</i> , <i>SD</i> , <i>F</i> , <i>p</i> , η^2)
sBD-Ruhe (mmHg)	sehr gering	150	115,4 ± 11,6 vs.	150	114,0 ± 11,6 vs.
	vs. gering	184	113,0 ± 11,5 vs.	184	113,3 ± 11,1 vs.
	vs. durchschnittlich	117	110,5 ± 11,6 vs.	117	111,5 ± 11,3 vs.
	vs. gut	38	108,3 ± 11,8 $F_{(3,482)}=5,608$, $p=0,001$, $\eta^2=0,034$	38	109,7 ± 11,5 $F_{(3,483)}=1,927$, $p=0,124$
sBD-Belastung (mmHg)	sehr gering	150	154,5 ± 17,6 vs.	150	152,0 ± 17,3 vs.
	vs. gering	184	150,6 ± 17,4 vs.	184	151,1 ± 16,7 vs.
	vs. durchschnittlich	117	145,6 ± 17,5 vs.	117	147,3 ± 17,0 vs.
	vs. gut	38	141,3 ± 17,9 $F_{(3,482)}=8,282$, $p < 0,001$, $\eta^2=0,049$	38	143,6 ± 17,3 $F_{(3,481)}=3,461$, $p=0,016$, $\eta^2=0,021$

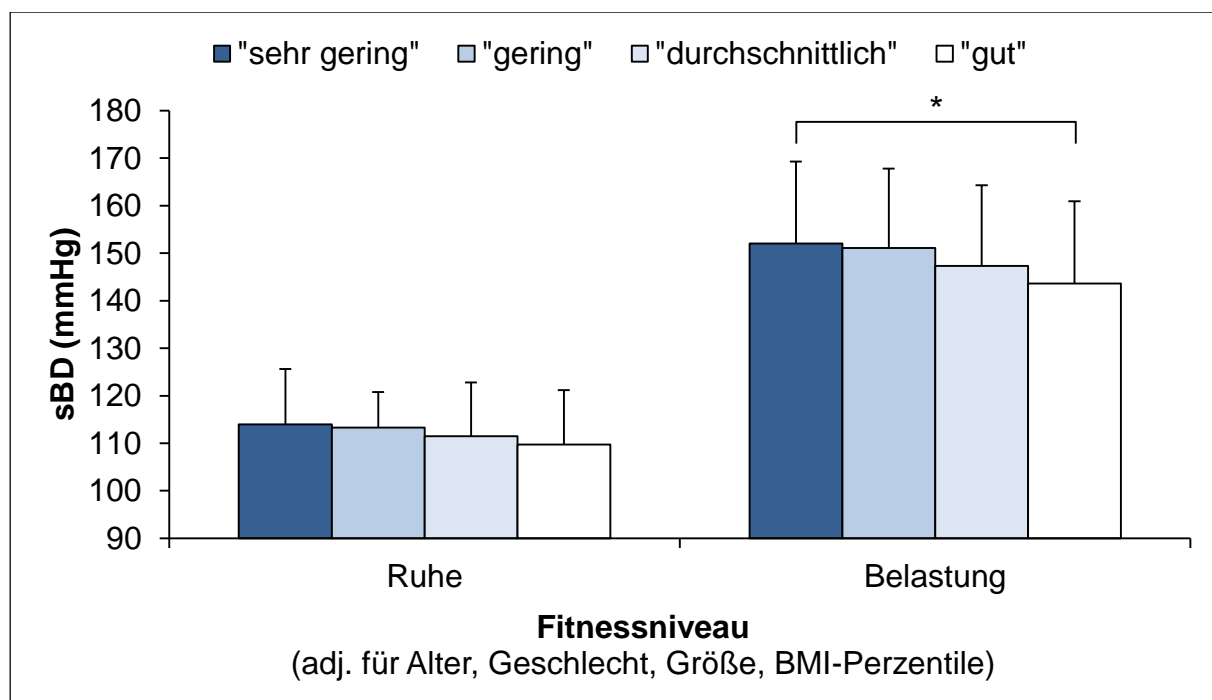


Abbildung 40. Systolischer Blutdruck (sBD) in Ruhe und unter Belastung (mmHg) bei Probanden mit sehr geringer ($n=150$), geringer ($n=184$), durchschnittlicher ($n=117$) und guter ($n=38$) Fitness. $M \pm SD$ adjustiert für Alter, Geschlecht, Größe und BMI-Perzentile. * $p < 0,05$ für signifikante Unterschiede.

8.8.4 Blutdruck und körperliche Aktivität

Der MVPA-Index, d. h. die Anzahl der Tage pro Woche, an denen die Probanden für mindestens 60 Minuten körperlich-sportlich aktiv waren, korrelierte erst nach Adjustierung für Alter, Geschlecht und Größe negativ mit dem Belastungsblutdruck ($r=-0,095$; $p=0,036$), nicht aber mit dem Ruheblutdruck ($r=-0,078$; $p=0,086$). Ein Erreichen der Empfehlungen zur wöchentlichen körperlich-sportlichen Aktivität (5 Tage und mehr) hatte dagegen einen 2,3 mmHg ($p=0,043$) bzw. 5,0 mmHg ($p=0,006$) niedrigeren Ruhe- bzw. Belastungsblutdruck zur Folge im Vergleich zu denjenigen, die die Aktivitätsempfehlung nicht erreichten (adj. für Alter, Größe, Geschlecht). Die Unterschiede blieben nach Korrektur für die BMI-Perzentile und Fitness einzig im Belastungsblutdruck signifikant (Δ 3,8 mmHg; $p=0,027$) (Tabelle 47, Abbildung 41). Der Vergleich von regelmäßiger Aktivität (d. h. einmal pro Woche) und Inaktivität erbrachte keine statistisch bedeutsamen Ergebnisse.

Tabelle 47. ANCOVA – Systolischer Blutdruck (mmHg) in Ruhe (sBD-Ruhe) und unter Belastung (sBD-Belastung) bei Erreichen (≥ 5 Tage pro Woche) bzw. Verfehlen (< 5 Tage pro Woche) der Aktivitätsempfehlung unter Berücksichtigung verschiedener Kovariaten. $p < 0,05$ für signifikante Gruppenunterschiede. MVPA-Index=Moderate-to-Vigorous Physical Activity.

MVPA-Index		ANCOVA			
		<i>n</i>	Alter, Geschlecht, Größe (<i>M, SD, F, p, η^2</i>)	<i>n</i>	Alter, Geschlecht, Größe, BMI-Perzentile, Fitness (<i>M, SD, F, p, η^2</i>)
sBD-Ruhe (mmHg)	< 5 Tage/ Woche	380	113,7 \pm 11,9 vs.	348	113,2 \pm 11,2 vs.
	≥ 5 Tage/ Woche	150	111,4 \pm 11,9 $F_{(1,525)}=4,099$, $p=0,043$, $\eta^2=0,008$	141	111,8 \pm 11,3 $F_{(1,482)}=1,606$, $p=0,206$
sBD-Belastung (mmHg)	< 5 Tage/ Woche	350	151,4 \pm 18,0 vs.	348	151,0 \pm 16,7 vs.
	≥ 5 Tage/ Woche	142	146,4 \pm 18,0 $F_{(1,487)}=7,665$, $p=0,006$, $\eta^2=0,015$	141	147,2 \pm 16,9 $F_{(1,482)}=4,986$, $p=0,027$, $\eta^2=0,010$

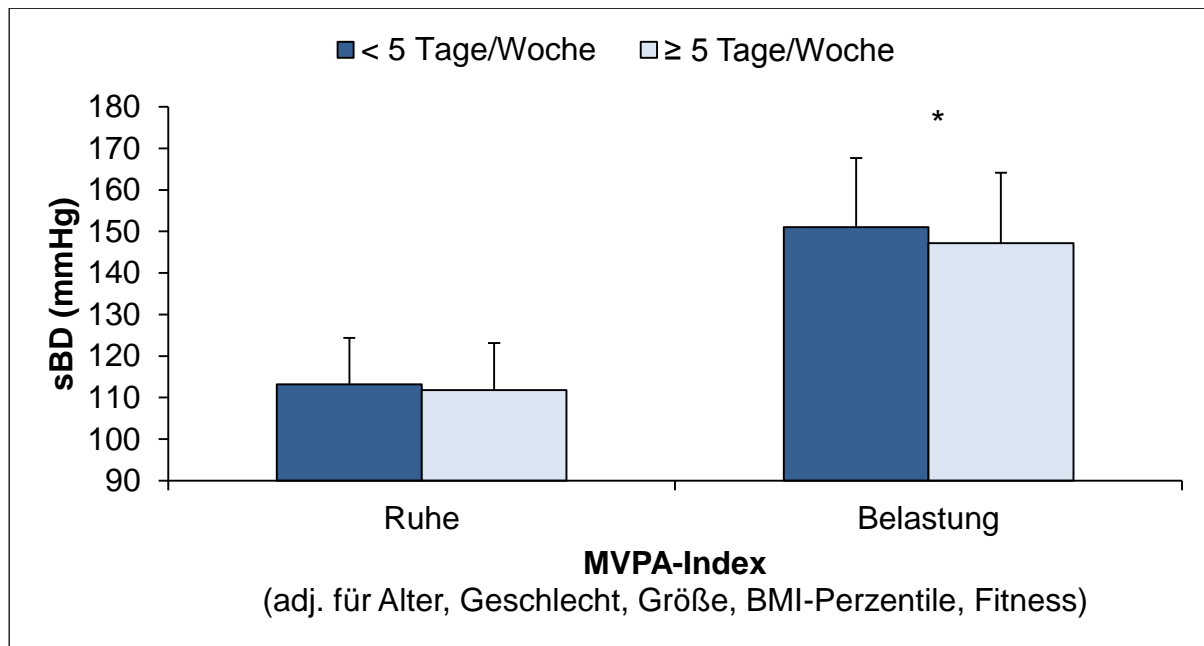


Abbildung 41. Systolischer Blutdruck (sBD) in Ruhe und unter Belastung (mmHg) bei Verfehlen (< 5 Tage pro Woche, $n=348$) bzw. Erreichen (≥ 5 Tage pro Woche, $n=141$) der Aktivitätsempfehlung. $M \pm SD$ adjustiert für Alter, Geschlecht, Größe, BMI-Perzentile und relative Fitness. * $p < 0,05$ für signifikante Unterschiede.

Probanden, die zu Fuß oder mit dem Fahrrad zur Schule kamen ($n=301$), zeigten gegenüber Inaktiven ($n=191$) ausschließlich unter Belastung im Mittel 4,2 mmHg ($148,3 \pm 18,2$ vs. $152,5 \pm 18,4$ mmHg; $F_{(1,487)}=5,836$, $p=0,016$, $\eta^2=0,012$) niedrigere, für Alter, Geschlecht und Größe adjustierte Messwerte. Der Ruheblutdruck unterschied sich hingegen nicht in Abhängigkeit der Schulweggestaltung ($112,9 \pm 12,2$ vs. $113,4 \pm 12,1$ mmHg; $F_{(1,525)}=0,273$, $p=0,601$). Wurden individuelle Fitnessleistung und BMI-Perzentile als weitere Kovariaten integriert, war kein Effekt mehr auf den Belastungsblutdruck zu erkennen ($149,1 \pm 17,0$ vs. $151,1 \pm 17,3$ mmHg; $F_{(1,482)}=1,571$, $p=0,211$).

Zwischen der täglichen Bildschirmzeit und den gemessenen Blutdruckwerten in Ruhe und während Belastung waren signifikante Korrelationen sichtbar ($r=0,164$ vs. $r=0,216$; $p < 0,001$), die auch nach alters-, geschlechts- und größenkorrigierter Berechnung bestehen blieben ($r=0,106$; $p=0,025$ vs. $r=0,131$; $p=0,005$).

Der systolische Ruheblutdruck derjenigen, die den Empfehlungen zur täglichen Bildschirmzeit (≤ 2 h/Tag) nachkamen, war unter Kontrolle von Alter, Geschlecht und Größe im Mittel 2,6 mmHg ($p=0,016$) und bei weiterer Korrektur für die BMI-Perzentile 2,3 mmHg ($111,9 \pm 11,3$ vs. $114,2 \pm 11,3$ mmHg; $F_{(1,485)}=4,724$, $p=0,030$, $\eta^2=0,010$) niedriger, als bei Probanden mit einer Medienzeit von mehr als 2 Stunden am Tag. Die Adjustierung für die relative Leistungsfähigkeit ließ einen signifikanten Einfluss der

Bildschirmzeit auf den Ruheblutdruck allerdings verschwinden ($p=0,082$). Der mittlere systolische Belastungsblutdruck war bei denjenigen, die mehr als 2 Stunden am Tag vor dem Bildschirm saßen, ebenfalls 5,4 mmHg ($p=0,002$) höher; der Unterschied blieb auch nach Korrektur für BMI-Perzentile und Fitness bestehen ($\Delta 3,7$ mmHg; $p=0,020$) (Tabelle 48, Abbildung 42).

Tabelle 48. ANCOVA – Systolischer Blutdruck (mmHg) in Ruhe (sBD-Ruhe) und unter Belastung (sBD-Belastung) bei Erreichen (≤ 2 h/Tag) bzw. Verfehlen (> 2 h/Tag) der Empfehlungen zur täglichen Bildschirmzeit unter Berücksichtigung verschiedener Kovariaten. $p < 0,05$ für signifikante Gruppenunterschiede.

Bildschirmzeit		ANCOVA			
		<i>n</i>	Alter, Geschlecht, Größe (<i>M</i> , <i>SD</i> , <i>F</i> , <i>p</i> , η^2)	<i>n</i>	Alter, Geschlecht, Größe, BMI-Perzentile, Fitness (<i>M</i> , <i>SD</i> , <i>F</i> , <i>p</i> , η^2)
sBD-Ruhe (mmHg)	≤ 2 h/Tag	241	111,7 \pm 11,8 vs.	223	111,8 \pm 11,1 vs.
	> 2 h/Tag	251	114,3 \pm 11,8 $F_{(1,487)}=5,831$, $p=0,016$, $\eta^2=0,012$	229	113,7 \pm 11,0 $F_{(1,445)}=3,033$, $p=0,082$
sBD-Belastung (mmHg)	≤ 2 h/Tag	225	147,3 \pm 18,3 vs.	223	148,1 \pm 16,9 vs.
	> 2 h/Tag	230	152,7 \pm 18,2 $F_{(1,450)}=9,394$, $p=0,002$, $\eta^2=0,020$	229	151,8 \pm 16,9 $F_{(1,445)}=5,439$, $p=0,020$, $\eta^2=0,012$

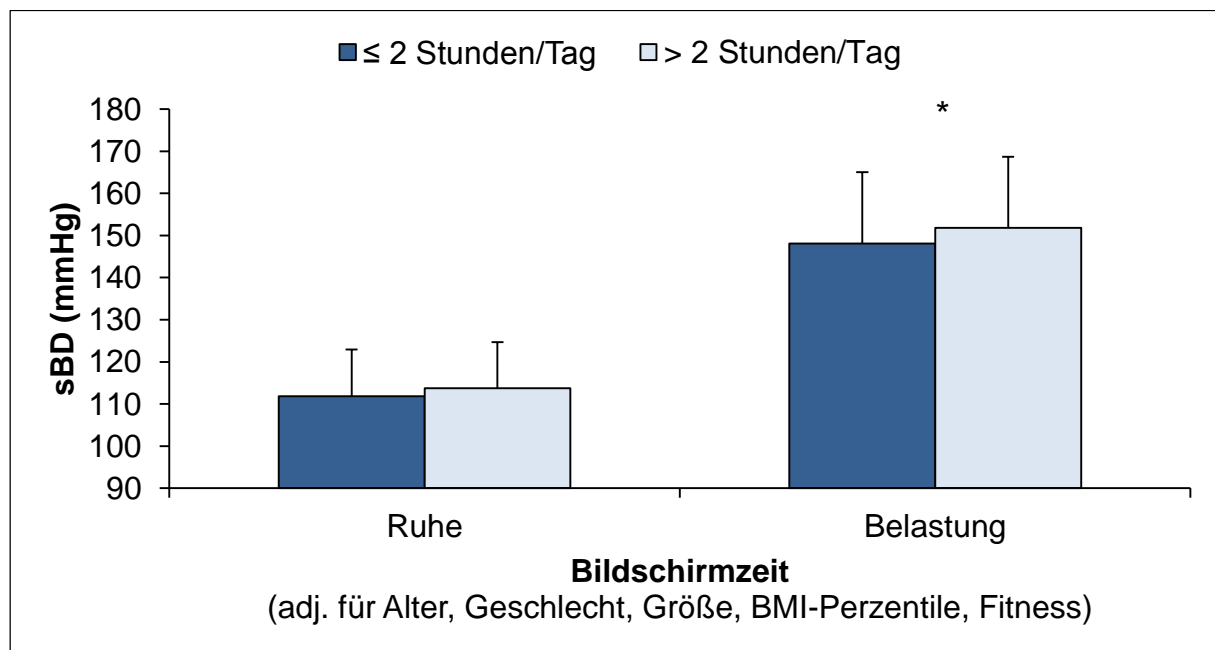


Abbildung 42. Systolischer Blutdruck (sBD) in Ruhe und unter Belastung (mmHg) bei Probanden mit einer täglichen Bildschirmzeit ≤ 2 Stunden ($n=223$) bzw. mehr als 2 Stunden ($n=229$). $M \pm SD$ adjustiert für Alter, Geschlecht, Größe, BMI-Perzentile und relative Fitness. * $p < 0,05$, für signifikante Unterschiede.

In einer abschließenden Analyse wurde untersucht, ob die hier ermittelten Blutdruckunterschiede unter Belastung in Abhängigkeit der Bildschirmzeit auch dann fortbestehen, wenn die körperliche Aktivität (MVPA-Index, wöchentliche Gesamtaktivität) als zusätzliche Kovariate berücksichtigt wird. Es zeigte sich hierbei auch unabhängig von den Aktivitätsparametern ein signifikant niedrigerer Belastungsblutdruck bei denjenigen, die der Empfehlung zur täglichen Bildschirmzeit nachkamen ($n=223$ vs. $n=229$). Der mittlere Blutdruckunterschied betrug 3,7 mmHg ($148,1 \pm 16,9$ vs. $151,8 \pm 16,9$ mmHg; $F_{(1,443)}=5,202$, $p=0,023$, $\eta^2=0,012$).

Insgesamt ließen sich – auch nach statistischer Korrektur für Alter, Geschlecht und Größe – keine signifikanten Zusammenhänge zwischen der Gesamtaktivität und dem Ruhe- oder Belastungsblutdruck feststellen ($r=-0,081$; $p=0,078$ vs. $r=-0,039$; $p=0,385$). Aus Tabelle 49 geht der Einfluss des Aktivitätsstatus der Probanden auf die Höhe des Ruhe- und Belastungsblutdrucks hervor. Freizeitaktive Heranwachsende hatten einen 4,4 mmHg ($p=0,012$) niedrigeren systolischen Belastungsblutdruck als Inaktive (adjustiert für Alter, Geschlecht, Größe). Nach Korrektur für die BMI-Perzentile und relative Fitness war dieser Unterschied nicht mehr signifikant ($p=0,075$). Das Aktivitätsverhalten in der Freizeit wirkte sich dagegen nicht auf den Ruheblutdruck aus. Auch Teilnehmer, die einem Vereinssport nachgingen, wiesen gegenüber Inaktiven niedrigere Blutdruckwerte in Ruhe und unter Belastung auf; diese Unterschiede waren jedoch statistisch nicht bedeutsam. Der Vergleich zwischen Inaktiven, Freizeit- oder Vereinsaktiven und denjenigen, die sowohl in der Freizeit als auch im Verein aktiv waren, erbrachte hingegen signifikant niedrigere Blutdruckwerte während Belastung ($p=0,018$). Vereins- und freizeitaktive Probanden zeigten gegenüber der inaktiven Gruppe einen 7,1 mmHg ($p=0,036$) niedrigeren Belastungsblutdruck. Im Vergleich zu Teilnehmern, die entweder freizeit- oder vereinsaktiv waren, war ihr Blutdruck noch 3,9 mmHg ($p=0,016$) niedriger. Nach statistischer Korrektur für die BMI-Perzentile blieb der Unterschied zwischen den Inaktiven und Freizeit- sowie Vereinsaktiven bestehen ($155,0 \pm 16,9$ vs. $151,0 \pm 16,9$ vs. $148,0 \pm 16,9$ mmHg; $F_{(2,483)}=3,484$, $p=0,031$, $\eta^2=0,014$). Unter Berücksichtigung der individuellen Leistungsfähigkeit war der Unterschied nicht mehr signifikant ($p=0,125$). Im Hinblick auf den Ruheblutdruck waren keine relevanten Unterschiede zu erkennen. Die Durchführung verschiedener Gruppenvergleiche (oberste und unterste Quartile, Median) bezüglich der Gesamtaktivitätszeiten erbrachte keine signifikanten Ergebnisse.

Tabelle 49. ANCOVA – Systolischer Blutdruck (mmHg) in Ruhe (sBD-Ruhe) und unter Belastung (sBD-Belastung) bei unterschiedlichem Aktivitätsstatus unter Berücksichtigung verschiedener Kovariaten. $p < 0,05$ für signifikante Gruppenunterschiede.

Aktivitätsstatus		ANCOVA			
		<i>n</i>	Alter, Geschlecht, Größe (<i>M</i> , <i>SD</i> , <i>F</i> , <i>p</i> , η^2)	<i>n</i>	Alter, Geschlecht, Größe, BMI-Perzentile, Fitness (<i>M</i> , <i>SD</i> , <i>F</i> , <i>p</i> , η^2)
sBD-Ruhe (mmHg)	freizeitaktiv vs. inaktiv	347 179	112,8 ± 11,9 vs. 113,2 ± 11,8 $F_{(1,521)}=0,096$, $p=0,756$	322 165	112,8 ± 11,1 vs. 112,6 ± 11,2 $F_{(1,480)}=0,020$, $p=0,887$
	vereinsaktiv vs. inaktiv	398 132	112,7 ± 11,9 vs. 114,4 ± 12,0 $F_{(1,525)}=1,992$, $p=0,159$	377 112	112,4 ± 11,1 vs. 114,0 ± 11,3 $F_{(1,482)}=1,766$, $p=0,184$
	freizeit- und vereinsaktiv vs. freizeit- oder vereinsaktiv vs. inaktiv	252 235 39	112,2 ± 11,8 vs. 113,7 ± 11,8 vs. 113,5 ± 11,8 $F_{(2,520)}=1,091$, $p=0,337$	242 213 32	112,2 ± 11,1 vs. 113,5 ± 11,2 vs. 112,2 ± 11,2 $F_{(2,479)}=0,857$, $p=0,425$
sBD-Belastung (mmHg)	freizeitaktiv vs. inaktiv	325 165	148,3 ± 18,0 vs. 152,7 ± 18,0 $F_{(1,485)}=6,400$, $p=0,012$, $\eta^2=0,013$	322 165	148,8 ± 16,6 vs. 151,6 ± 16,6 $F_{(1,480)}=3,178$, $p=0,075$
	vereinsaktiv vs. inaktiv	378 114	149,4 ± 18,3 vs. 151,7 ± 18,1 $F_{(1,487)}=1,467$, $p=0,226$	377 112	149,5 ± 16,7 vs. 151,1 ± 16,9 $F_{(1,482)}=1,805$, $p=0,370$
	freizeit- und vereinsaktiv vs. freizeit- oder vereinsaktiv vs. inaktiv	243 215 32	147,6 ± 18,0 vs. 151,5 ± 19,7 vs. 154,7 ± 18,0 $F_{(2,484)}=3,954$, $p=0,018$, $\eta^2=0,016$	242 213 32	148,4 ± 16,7 vs. 150,8 ± 16,6 vs. 153,7 ± 16,7 $F_{(2,479)}=2,092$, $p=0,125$

8.8.5 Blutdruck, Rauchen und Alkohol

Das Rauchverhalten der Probanden war weder mit dem Blutdruck in Ruhe noch unter ergometrischer Belastung assoziiert ($r=-0,019$; $p=0,662$ vs. $r=0,076$; $p=0,091$). Auch nach Adjustierung für Drittvariablen fanden sich keine Zusammenhänge ($r=-0,014$; $p=0,756$ vs. $r=0,043$; $p=0,346$). Auch in den Mittelwertvergleichen ließen sich keine statistisch relevanten Unterschiede zwischen Rauchern und Nichtrauchern hinsichtlich ihres Blutdruck in Ruhe ($p=0,268$) und unter Belastung ($p=0,346$) nachweisen (Tabelle 50).

In Bezug auf den Konsum von Alkohol ergab sich ein Korrelationskoeffizient von $r=0,155$ für den Ruheblutdruck und $r=0,224$ für den Belastungsblutdruck ($p<0,001$). Nach Korrektur für Alter, Geschlecht und Größe ließen sich keine Assoziationen mehr mit dem Blutdruck beobachten ($r=0,006$; $p=0,888$ vs. $r=0,039$; $p=0,389$). Abstinente und alkoholkonsumierende Heranwachsende unterschieden sich nicht in ihrem Blutdruck (Tabelle 51). Der Vergleich weiterer Gruppen (z. B. monatlich vs. wöchentlich) brachte ebenfalls keine signifikanten Ergebnisse hervor.

Tabelle 50. ANCOVA – Systolischer Blutdruck (mmHg) in Ruhe (sBD-Ruhe) und unter Belastung (sBD-Belastung) bei Rauchern und Nichtrauchern unter Berücksichtigung verschiedener Kovariaten. $p<0,05$ für signifikante Gruppenunterschiede.

Rauchen		ANCOVA			
		<i>n</i>	Alter, Geschlecht, Größe (<i>M, SD, F, p, η²</i>)	<i>n</i>	Alter, Geschlecht, Größe, BMI-Perzentile, Fitness (<i>M, SD, F, p, η²</i>)
sBD-Ruhe (mmHg)	Nichtraucher	490	113,2 ± 12,2 vs.	459	113,0 ± 11,5 vs.
	vs. Raucher	37	110,9 ± 11,9 $F_{(1,525)}=1,229$, $p=0,268$		30
sBD-Belastung (mmHg)	Nichtraucher	461	153,0 ± 18,5 vs.	459	150,1 ± 17,2 vs.
	vs. Raucher	31	149,7 ± 18,1 $F_{(1,487)}=0,889$, $p=0,346$		30

Tabelle 51. ANCOVA – Systolischer Blutdruck (mmHg) in Ruhe (sBD-Ruhe) und unter Belastung (sBD-Belastung) bei alkoholkonsumierenden und alkoholabstinenten Probanden unter Berücksichtigung verschiedener Kovariaten. $p < 0,05$ für signifikante Gruppenunterschiede.

Alkoholkonsum		ANCOVA			
		<i>n</i>	Alter, Geschlecht, Größe (<i>M, SD, F, p, η²</i>)	<i>n</i>	Alter, Geschlecht, Größe, BMI-Perzentile, Fitness (<i>M, SD, F, p, η²</i>)
sBD-Ruhe (mmHg)	abstinent	277	112,9 ± 13,4 vs.	264	112,9 ± 12,3 vs.
	vs. konsumierend	249	113,2 ± 13,5 $F_{(1,521)}=0,041,$ $p=0,840$	224	112,6 ± 12,6 $F_{(1,481)}=0,063,$ $p=0,802$
sBD-Belastung (mmHg)	abstinent	265	148,3 ± 20,1 vs.	264	148,6 ± 18,4 vs.
	vs. konsumierend	226	151,8 ± 20,4 $F_{(1,486)}=2,940,$ $p=0,087$	224	151,4 ± 18,8 $F_{(1,481)}=2,213,$ $p=0,138$

8.8.6 Blutdruck und familiäre Faktoren

Für die folgenden Gruppenvergleiche zum elterlichen Übergewicht wurden die selbstberichteten Gewichts- und Größenangaben und der sich daraus berechnete BMI der Eltern als Referenz verwendet. Lag in den Familien bei wenigstens einem Elternteil Übergewicht vor, hatte dies bei deren Kindern im Mittel 5,2 mmHg ($p=0,005$) niedrigere Blutdruckwerte unter Belastung, nicht aber in Ruhe ($p=0,242$) zur Folge (adj. für Alter, Größe, Geschlecht). Die bestehende Signifikanz verschwand jedoch, wenn weiterhin die BMI-Perzentile und Fitness als Kovariaten hinzugezogen wurden ($p=0,061$) (Tabelle 52).

Mütterliches Übergewicht hatte nach Adjustierung für Alter, Geschlecht und Größe einen 3,5 mmHg ($p=0,007$) niedrigeren Ruheblutdruck und 6,5 mmHg ($p=0,001$) niedrigeren Belastungsblutdruck zur Folge. Unter Berücksichtigung der BMI-Perzentile des Kindes blieb einzig der Blutdruckunterschied unter Belastung bestehen (Δ 3,9 mmHg; $p=0,045$), welcher sich allerdings nach Adjustierung für die Fitness ebenfalls verlor.

Übergewicht beim Vater wirkte sich allein auf den systolischen Belastungsblutdruck auch unabhängig von Alter, Geschlecht und Größe aus (Δ 4,4 mmHg; $p=0,029$). Der BMI-adjustierte Mittelwertunterschied war dagegen nicht mehr signifikant (Tabelle 52).

Tabelle 52. ANCOVA – Systolischer Blutdruck (mmHg) in Ruhe (sBD-Ruhe) und unter Belastung (sBD-Belastung) bei Kindern von normalgewichtigen und übergewichtigen Eltern unter Berücksichtigung verschiedener Kovariaten. $p < 0,05$ für signifikante Gruppenunterschiede.

Elterliches Übergewicht		ANCOVA			
		<i>n</i>	Alter, Geschlecht, Größe (<i>M</i> , <i>SD</i> , <i>F</i> , <i>p</i> , η^2)	<i>n</i>	Alter, Geschlecht, Größe, BMI-Perzentile, Fitness (<i>M</i> , <i>SD</i> , <i>F</i> , <i>p</i> , η^2)
sBD-Ruhe (mmHg)	normal- gewichtig vs. übergewichtig (mind. ein Elternteil)	153	111,8 ± 11,4 vs. 113,2 ± 11,4 $F_{(1,379)}=1,371$, $p=0,242$	147	111,6 ± 10,8 vs. 112,6 ± 10,7 $F_{(1,362)}=0,719$, $p=0,397$
	Mutter normal- gewichtig vs. übergewichtig	261	111,6 ± 11,4 vs. 115,1 ± 11,4 $F_{(1,370)}=7,379$, $p=0,007$, $\eta^2=0,020$	249	111,6 ± 10,8 vs. 113,6 ± 11,0 $F_{(1,353)}=2,490$, $p=0,115$
	Vater normal- gewichtig vs. übergewichtig	133	112,1 ± 11,4 vs. 112,6 ± 11,4 $F_{(1,315)}=0,150$, $p=0,699$	130	112,0 ± 10,8 vs. 112,0 ± 10,7 $F_{(1,301)}=0,000$, $p=0,995$
	187		178		
	normal- gewichtig vs. übergewichtig (mind. ein Elternteil)	148	146,0 ± 17,7 vs. 151,2 ± 17,4 $F_{(1,366)}=8,023$, $p=0,005$, $\eta^2=0,021$	147	147,1 ± 16,4 vs. 150,5 ± 16,3 $F_{(1,362)}=3,530$, $p=0,061$
	223		222		
sBD- Belastung (mmHg)	Mutter normal- gewichtig vs. übergewichtig	251	147,2 ± 17,4 vs. 153,7 ± 17,4 $F_{(1,357)}=10,828$, $p=0,001$, $\eta^2=0,029$	249	148,1 ± 16,5 vs. 151,6 ± 16,7 $F_{(1,353)}=3,265$, $p=0,072$
	Vater normal- gewichtig vs. übergewichtig	130	145,9 ± 17,4 vs. 150,3 ± 17,4 $F_{(1,304)}=4,794$, $p=0,029$, $\eta^2=0,016$	130	146,9 ± 16,6 vs. 149,7 ± 16,5 $F_{(1,301)}=2,114$, $p=0,144$
	179		178		

Ergänzend dazu waren Blutdruckunterschiede zu erkennen, wenn lediglich Kinder normalgewichtiger Eltern mit jenen Kindern verglichen wurden, bei denen beide Elternteile unter Übergewicht litten (Abbildung 43). Entsprechende Differenzen betragen zunächst in Ruhe ($n=153$ vs. $n=70$) durchschnittlich 7,3 mmHg ($111,8 \pm 11,6$ vs. $115,3 \pm 11,6$ mmHg; $F_{(1,218)}=4,437$, $p=0,036$, $\eta^2=0,020$) bzw. unter Belastung ($n=148$ vs. $n=67$) durchschnittlich 8,1 mmHg ($146,0 \pm 17,7$ vs. $154,1 \pm 17,7$ mmHg; $F_{(1,210)}=9,527$, $p=0,002$, $\eta^2=0,043$), wenn für Alter, Geschlecht und Größe adjustiert wurde. Die Mittelwertunterschiede blieben einzig im Belastungsblutdruck bestehen, wenn zusätzlich die BMI-Perzentile und relative Fitness als Kovariaten in der Analyse berücksichtigt wurden ($146,7 \pm 17,2$ vs. $152,0 \pm 17,5$ mmHg; $F_{(1,207)}=4,071$, $p=0,045$, $\eta^2=0,019$). Nach Korrektur für den sozialen Hintergrund ($n=144$ vs. $n=64$) verschwand der Effekt schließlich ($147,3 \pm 17,4$ vs. $151,3 \pm 17,9$ mmHg; $F_{(1,200)}=2,200$, $p=0,140$).

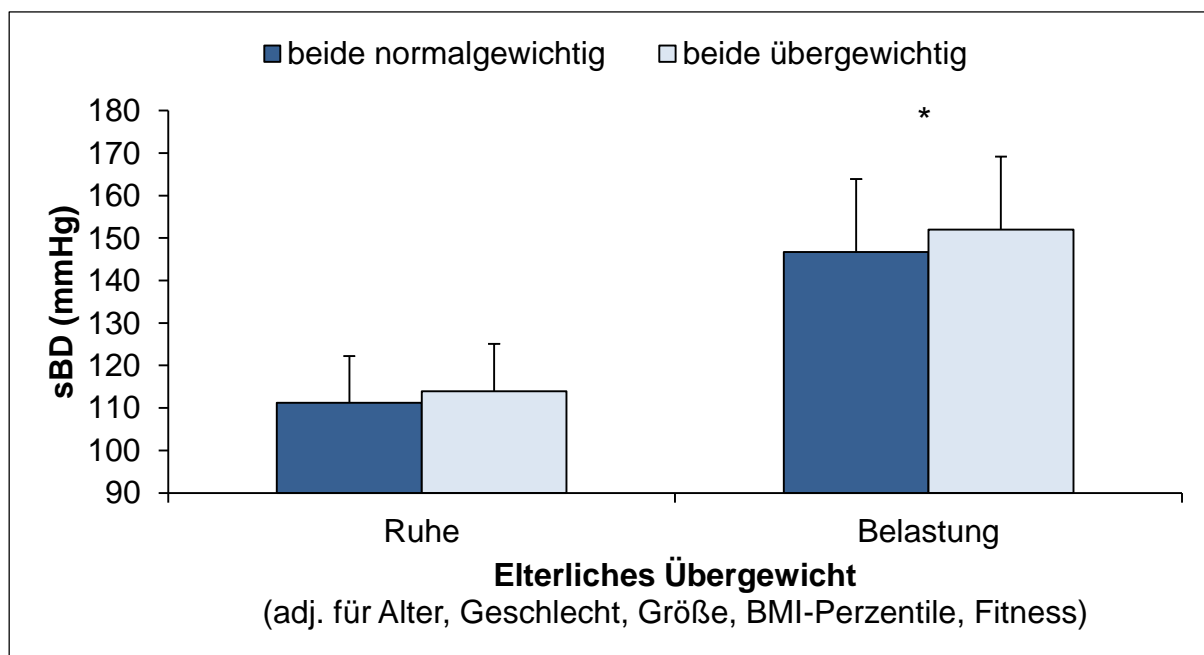


Abbildung 43. Systolischer Blutdruck (sBD) in Ruhe und unter Belastung (mmHg) bei Probanden mit normalgewichtigen ($n=148$) und übergewichtigen Eltern ($n=67$). $M \pm SD$ adjustiert für Alter, Geschlecht, Größe, BMI-Perzentile, relative Fitness. * $p<0,05$ für signifikante Unterschiede.

Im Hinblick auf die Beziehung zwischen sozialem Hintergrund (Schulabschluss) und kindlichem Blutdruckniveau fanden sich unabhängig von Alter, Geschlecht und Größe höhere Blutdruckwerte in Ruhe ($\Delta 2,8$ mmHg; $p=0,026$) und bei Belastung ($\Delta 8,0$ mmHg; $p<0,001$) zu Ungunsten der Teilnehmer mit niedrigem sozialen Status. Auch nach Adjustierung für die BMI-Perzentile und Fitness unterschieden sich Kinder

von hohem und niedrigem Sozialstatus im Belastungsblutdruck signifikant (Δ 5,2 mmHg; $p=0,006$), während der Effekt im Ruheblutdruck verschwand (Δ 1,3 mmHg; $p=0,315$) (Tabelle 53, Abbildung 44).

Tabelle 53. ANCOVA – Systolischer Blutdruck (mmHg) in Ruhe (sBD-Ruhe) und unter Belastung (sBD-Belastung) bei Kindern mit niedrigem und hohem Sozialstatus unter Berücksichtigung verschiedener Kovariaten. $p<0,05$ für signifikante Gruppenunterschiede.

Sozialstatus		ANCOVA			
		<i>n</i>	Alter, Geschlecht, Größe (<i>M</i> , <i>SD</i> , <i>F</i> , <i>p</i> , η^2)	<i>n</i>	Alter, Geschlecht, Größe, BMI-Perzentile, Fitness (<i>M</i> , <i>SD</i> , <i>F</i> , <i>p</i> , η^2)
sBD-Ruhe (mmHg)	hoher	254	111,9 ± 11,2 vs. 114,7 ± 11,3 $F_{(1,375)}=5,013$, $p=0,026$, $\eta^2=0,013$	246	112,0 ± 10,7 vs. 113,3 ± 10,9 $F_{(1,359)}=1,011$, $p=0,315$
	vs. niedriger Sozialstatus	126		120	
sBD-Belastung (mmHg)	hoher	248	146,6 ± 17,4 vs. 154,6 ± 17,4 $F_{(1,363)}=16,863$, $p<0,001$, $\eta^2=0,044$	246	147,6 ± 16,5 vs. 152,8 ± 16,7 $F_{(1,359)}=7,632$, $p=0,006$, $\eta^2=0,021$
	vs. niedriger Sozialstatus	120		120	

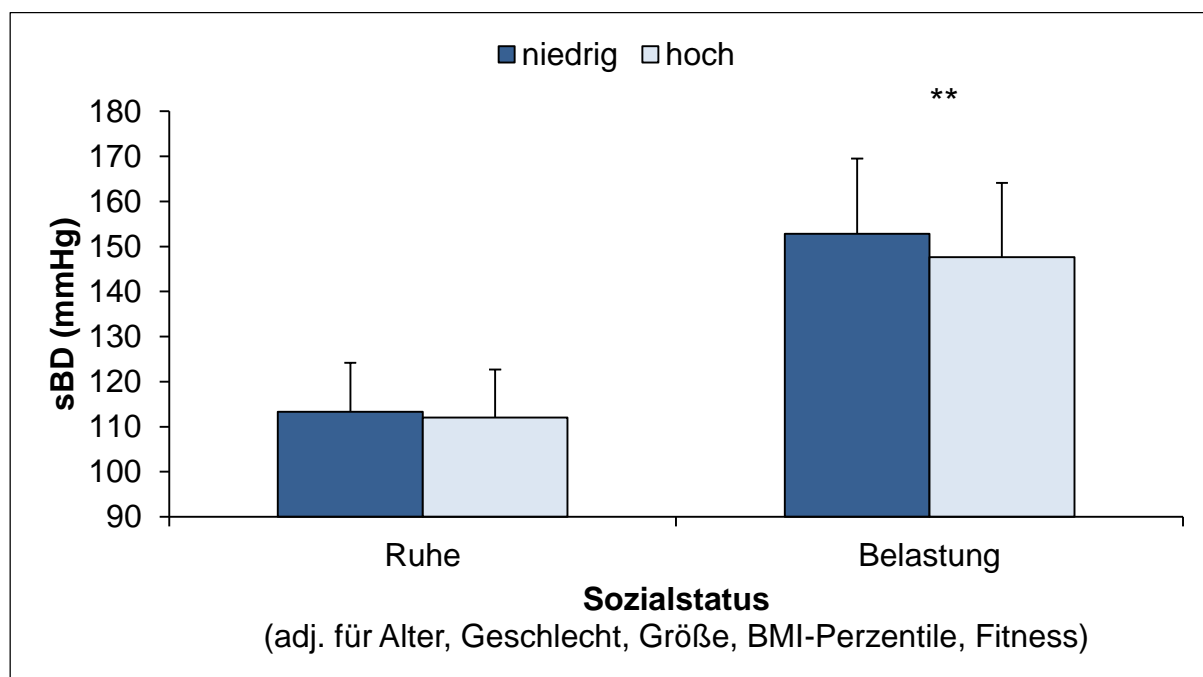


Abbildung 44. Systolischer Blutdruck (sBD) in Ruhe und unter Belastung (mmHg) bei Kindern von niedrigem ($n=120$) und hohem sozialen Status ($n=246$). $M \pm SD$ adjustiert für Alter, Geschlecht, Größe, BMI-Perzentile und relative Fitness. ****** $p<0,01$ für signifikante Unterschiede.

Heranwachsende, die dem Passivrauch ihrer Eltern ausgesetzt waren, zeigten gegenüber nicht-exponierten Probanden einen 6,3 mmHg ($p=0,001$) höheren Belastungsblutdruck, unabhängig von Alter, Geschlecht und Größe; eine bedeutsame Assoziation mit dem Ruheblutdruck war nicht zu erkennen ($p=0,068$). Der blutdrucksteigernde Effekt des Passivrauchens blieb auch dann bestehen, wenn für die BMI-Perzentile und Fitness adjustiert wurde ($\Delta 4,0$ mmHg; $p=0,030$) (Tabelle 54, Abbildung 45). Waren beide Elternteile Raucher ($n=34$), verstärkte sich der Blutdruckunterschied unter Belastung gegenüber den Kindern aus Nichtraucher-Familien ($n=249$) sogar auf 6,2 mmHg ($147,0 \pm 16,2$ vs. $153,2 \pm 16,5$ mmHg; $F_{(1,276)}=4,113$, $p=0,044$, $\eta^2=0,015$). Nach Adjustierung für den sozialen Status ($n=244$ vs. $n=33$) war die Exposition durch Passivrauch nicht mehr signifikant mit dem Belastungsblutdruck assoziiert ($147,3 \pm 16,2$ vs. $151,1 \pm 17,1$ mmHg; $F_{(1,269)}=1,376$, $p=0,242$).

Tabelle 54. ANCOVA – Systolischer Blutdruck (mmHg) in Ruhe (sBD-Ruhe) und unter Belastung (sBD-Belastung) bei Kindern mit und ohne Exposition durch Passivrauch unter Berücksichtigung verschiedener Kovariaten. $p < 0,05$ für signifikante Gruppenunterschiede.

Passivrauchen		ANCOVA			
		<i>n</i>	Alter, Geschlecht, Größe (<i>M</i> , <i>SD</i> , <i>F</i> , <i>p</i> , η^2)	<i>n</i>	Alter, Geschlecht, Größe, BMI-Perzentile, Fitness (<i>M</i> , <i>SD</i> , <i>F</i> , <i>p</i> , η^2)
sBD-Ruhe (mmHg)	nein vs. ja	253	111,9 ± 11,3 vs. 114,1 ± 11,3	249	112,2 ± 10,7 vs. 112,1 ± 10,9
		136	$F_{(1,384)}=3,351$, $p=0,068$	125	$F_{(1,367)}=0,005$, $p=0,945$
sBD-Belastung (mmHg)	nein vs. ja	250	147,1 ± 17,3 vs. 153,4 ± 17,3	249	147,9 ± 16,3 vs. 151,9 ± 16,5
		126	$F_{(1,371)}=10,836$, $p=0,001$, $\eta^2=0,028$	125	$F_{(1,367)}=4,766$, $p=0,030$, $\eta^2=0,013$

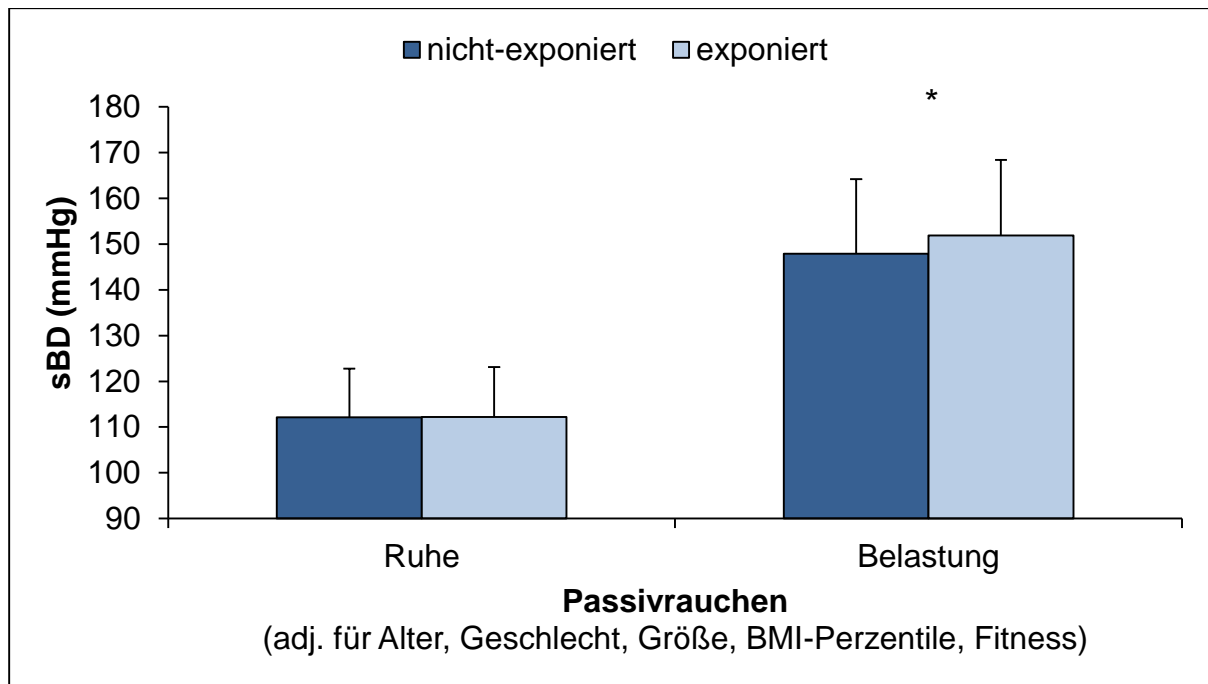


Abbildung 45. Systolischer Blutdruck (sBD) in Ruhe und unter Belastung (mmHg) bei Kindern aus Raucher-Familien ($n=125$) und Nichtraucher-Familien ($n=249$). Dargestellt sind $M \pm SD$ adjustiert für Alter, Geschlecht, Größe, BMI-Perzentile und relative Fitness. * $p < 0,05$ für signifikante Unterschiede.

Es konnten keine relevanten Assoziationen zwischen dem mütterlichem bzw. väterlichem Alkoholkonsum und dem Blutdruck der Kinder gefunden werden. Die partiellen Korrelationskoeffizienten deuten jedoch tendenziell auf eine positive Beziehung zum Ruheblutdruck (Mutter: $r=0,050$; $p=0,368$; Vater: $r=0,087$; $p=0,133$), aber inverse Beziehung zum Belastungsblutdruck hin (Mutter: $r=-0,06$; $p=0,277$; Vater: $r=-0,053$; $p=0,339$). In den Gruppenvergleichen von Müttern bzw. Vätern mit unregelmäßigem (nie bis 2-3x im Monat) und regelmäßigem (1x pro Woche bis täglich) Konsum war der Belastungsblutdruck der Kinder von Eltern mit regelmäßigem Konsum tendenziell niedriger, während ihr Ruheblutdruck im Gruppenvergleich nahezu identisch ausfiel (Tabelle 55).

Tabelle 55. ANCOVA – Systolischer Blutdruck (mmHg) in Ruhe (sBD-Ruhe) und unter Belastung (sBD-Belastung) bei Kindern von Müttern bzw. Vätern mit unregelmäßigem (nie bis 2-3x im Monat) und regelmäßigem (1x pro Woche bis täglich) Alkoholkonsum unter Berücksichtigung verschiedener Kovariaten. $p < 0,05$ für signifikante Gruppenunterschiede.

Alkoholkonsum		ANCOVA			
		<i>n</i>	Alter, Geschlecht, Größe (<i>M, SD, F, p, η²</i>)	<i>n</i>	Alter, Geschlecht, Größe, BMI-Perzentile, Fitness (<i>M, SD, F, p, η²</i>)
sBD-Ruhe (mmHg)	Mutter unregelmäßig vs. regelmäßig	252	112,8 ± 11,4 vs. 112,6 vs. 11,4 $F_{(1,380)}=0,028$, $p=0,867$	242	112,0 ± 10,7 vs. 112,9 ± 10,7 $F_{(1,363)}=0,574$, $p=0,449$
	Vater unregelmäßig vs. regelmäßig	181	112,2 ± 11,4 vs. 112,4 ± 11,5 $F_{(1,345)}=0,022$, $p=0,882$	173	111,3 ± 10,7 vs. 112,6 ± 10,7 $F_{(1,330)}=1,417$, $p=0,235$
		169		164	
sBD-Belastung (mmHg)	Mutter unregelmäßig vs. regelmäßig	243	150,6 ± 17,5 vs. 146,9 ± 17,5 $F_{(1,367)}=3,580$, $p=0,059$	242	150,2 ± 16,3 vs. 147,7 ± 16,3 $F_{(1,363)}=2,059$, $p=0,152$
	Vater unregelmäßig vs. regelmäßig	173	150,6 ± 17,7 vs. 147,2 ± 17,7 $F_{(1,333)}=3,171$, $p=0,076$	173	150,3 ± 16,5 vs. 147,8 ± 16,5 $F_{(1,330)}=1,822$, $p=0,178$
		165		164	

Unter den familiären Erkrankungen (Mutter, Vater und Großeltern) erwiesen sich Übergewicht und Hypertonie unabhängig von Alter, Geschlecht und Größe als einzige anamnesebedingte Risikofaktoren, die sich auf den systolischen Blutdruck in Ruhe (Übergewicht: $p=0,034$; Hypertonie: $p < 0,001$) und unter Belastung (Übergewicht: $p=0,021$; Hypertonie: $p=0,001$) der Kinder auswirkten. Unter Berücksichtigung der BMI-Perzentile und Fitness der Heranwachsenden stellte sich jedoch einzig eine positive Familienanamnese für Hypertonie (mindestens ein Familienmitglied) als nachweislich blutdrucksteigernd heraus. Kinder aus diesen Familien zeigten in Ruhe einen 4,4 mmHg ($p < 0,001$) und unter Belastung einen 4,7 mmHg ($p=0,007$) höheren Blutdruck im Vergleich zu unvorbelasteten Kindern (Tabelle 56, Abbildung 46).

Tabelle 56. ANCOVA – Systolischer Blutdruck (mmHg) in Ruhe (sBD-Ruhe) und unter Belastung (sBD-Belastung) bei Kindern mit positiver und negativer Anamnese für Übergewicht und Hypertonie (mind. ein Familienmitglied) unter Berücksichtigung verschiedener Kovariaten. $p < 0,05$ für signifikante Gruppenunterschiede.

Familiäre Anamnese		ANCOVA			
		<i>n</i>	Alter, Geschlecht, Größe (<i>M</i> , <i>SD</i> , <i>F</i> , <i>p</i> , η^2)	<i>n</i>	Alter, Geschlecht, Größe, BMI-Perzentile, Fitness (<i>M</i> , <i>SD</i> , <i>F</i> , <i>p</i> , η^2)
sBD-Ruhe (mmHg)	negative vs. positive Anamnese Übergewicht	103	110,6 ± 11,3 vs. 113,3 ± 11,3 $F_{(1,386)}=4,541$, $p=0,034$, $\eta^2=0,012$	101	111,2 ± 10,8 vs. 112,5 ± 10,7 $F_{(1,369)}=1,082$, $p=0,299$
	negative vs. positive Anamnese Hypertonie	148	109,3 ± 11,1 vs. 114,8 ± 11,1 $F_{(1,382)}=22,950$, $p < 0,001$, $\eta^2=0,057$	146	109,6 ± 10,5 vs. 114,0 ± 10,5 $F_{(1,365)}=15,216$, $p < 0,001$, $\eta^2=0,040$
sBD-Belastung (mmHg)	negative vs. positive Anamnese Übergewicht	102	145,8 ± 17,5 vs. 150,5 ± 17,5 $F_{(1,373)}=5,399$, $p=0,021$, $\eta^2=0,014$	101	147,6 ± 16,6 vs. 149,9 ± 16,4 $F_{(1,369)}=1,473$, $p=0,226$
	negative vs. positive Anamnese Hypertonie	146	145,6 ± 17,5 vs. 151,6 ± 17,5 $F_{(1,369)}=10,444$, $p=0,001$, $\eta^2=0,028$	146	146,4 ± 16,3 vs. 151,1 ± 16,2 $F_{(1,365)}=7,426$, $p=0,007$, $\eta^2=0,020$

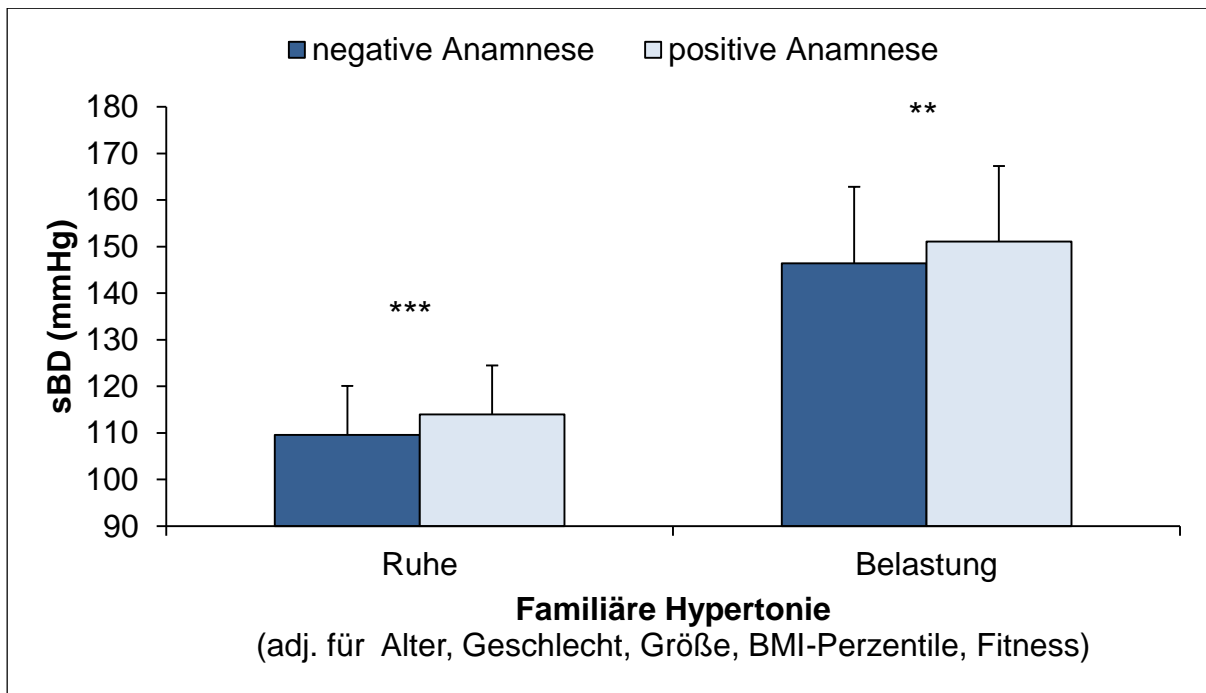


Abbildung 46. Systolischer Blutdruck (sBD) in Ruhe und unter Belastung (mmHg) von Kindern mit negativer ($n=146$) und positiver ($n=226$) familiärer Anamnese mit Hypertonie. Dargestellt sind $M \pm SD$ adjustiert für Alter, Geschlecht, Größe, BMI-Perzentile und relative Fitness. ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$ für signifikante Unterschiede.

Waren beide Elternteile an einem Bluthochdruck erkrankt ($n=13$), war der systolische Ruheblutdruck ihrer Kinder $16,9$ mmHg ($p < 0,001$) höher als bei Kindern mit negativer Anamnese für Hypertonie ($n=239$) sowie $14,3$ mmHg ($p < 0,001$) höher gegenüber Kindern mit nur einem erkrankten Elternteil ($110,9 \pm 10,2$ vs. $113,5 \pm 10,2$ vs. $127,8 \pm 10,3$ mmHg; $F_{(2,350)}=17,737$, $p < 0,001$, $\eta^2=0,092$). Die entsprechenden Blutdruckunterschiede betragen $17,8$ mmHg ($p < 0,001$) und $15,6$ mmHg ($p=0,03$) während ergometrischer Belastung ($147,9 \pm 15,8$ vs. $150,1 \pm 15,8$ vs. $165,7 \pm 16,0$ mmHg; $F_{(2,350)}=7,989$, $p < 0,001$, $\eta^2=0,044$) (Abbildung 47).

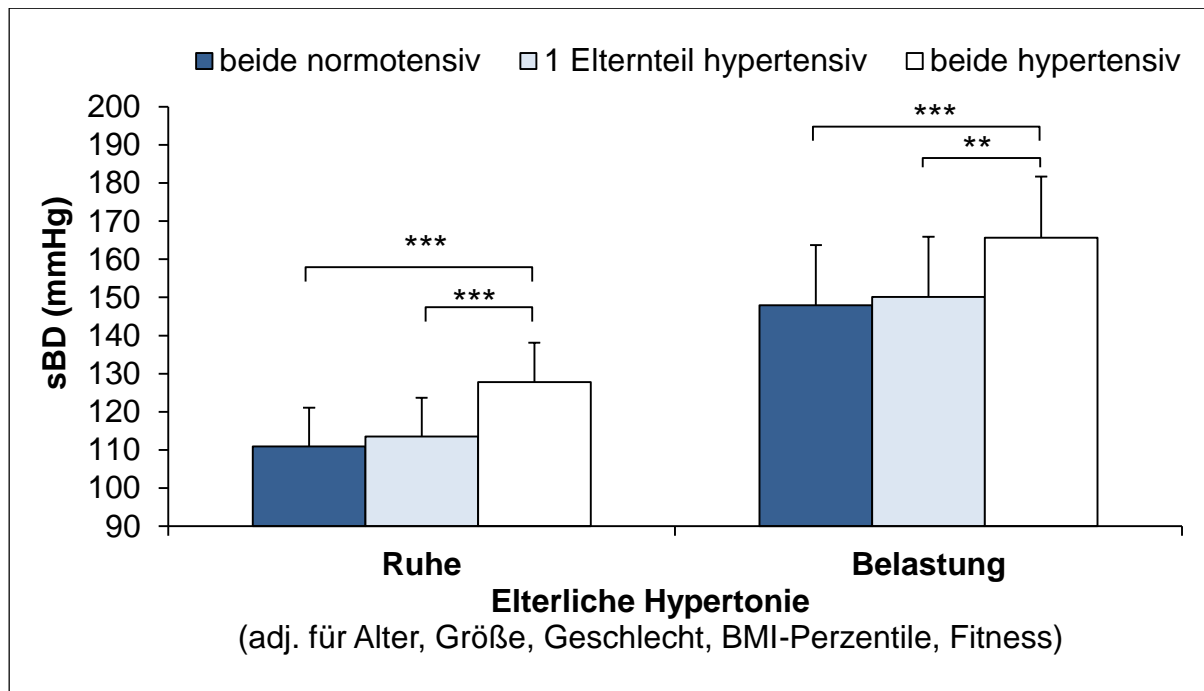


Abbildung 47. Systolischer Blutdruck (sBD) in Ruhe und unter Belastung (mmHg) von Kindern mit keinem ($n=239$), nur einem ($n=106$) und beiden Elternteilen mit Hypertonie ($n=13$). Dargestellt sind $M \pm SD$ adjustiert für Alter, Geschlecht, Größe, BMI-Perzentile und relative Fitness. ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$ für signifikante Unterschiede.

Bei mindestens einem hypertensiven Elternteil ($n=119$) unterschied sich der kindliche Blutdruck nach Adjustierung für alle Kovariaten in Ruhe um 4,1 mmHg ($p=0,001$) und unter Belastung um 3,9 mmHg ($p=0,029$) im Vergleich zu Kindern normotensiver Eltern ($n=239$) (Tabelle 57). Mütterlicher Bluthochdruck machte einen 5,1 mmHg ($p=0,002$) höheren Ruhe- und 4,8 mmHg ($p=0,049$) höheren Belastungsblutdruck bei deren Kindern aus (adj. für Alter, Größe, Geschlecht, BMI-Perzentile und Fitness). Wurde für einen gegebenen Bluthochdruck bei Vater und Großeltern korrigiert ($n=197$ vs. $n=25$), verdeutlichte sich der Effekt auf den Ruheblutdruck ($110,9 \pm 10,9$ vs. $117,9 \pm 11,3$ mmHg; $F_{(1,213)}=8,430$, $p=0,004$, $\eta^2=0,038$), verschwand aber auf den Belastungsblutdruck ($147,4 \pm 16,4$ vs. $153,3 \pm 17,0$ mmHg; $F_{(1,213)}=2,657$, $p=0,105$). Ein Bluthochdruck bei den Vätern hatte einen 5,6 mmHg ($p < 0,001$) bzw. 5,3 mmHg ($p=0,013$) höheren Blutdruck in Ruhe bzw. unter Belastung bei deren Kindern zur Folge. Unabhängig von einer Hypertonie bei Mutter und Großeltern ($n=172$ vs. $n=50$) blieb allein der Effekt auf den Ruheblutdruck bestehen ($110,9 \pm 11,0$ vs. $114,5 \pm 11,2$ mmHg, $F_{(1,213)}=3,975$, $p=0,047$, $\eta^2=0,018$). Im Belastungsblutdruck war dagegen kein blutdrucksteigernder Effekt mehr durch väterliche Hypertonie zu erkennen ($147,8 \pm 16,5$ vs. $149,0 \pm 16,9$ mmHg; $F_{(1,213)}=0,204$, $p=0,654$) (Tabelle 57).

Tabelle 57. ANCOVA – Systolischer Blutdruck (mmHg) in Ruhe (sBD-Ruhe) und unter Belastung (sBD-Belastung) bei Kindern normotensiver und hypertensiver Eltern unter Berücksichtigung verschiedener Kovariaten. $p < 0,05$ für signifikante Gruppenunterschiede.

Elterliche Hypertonie		ANCOVA			
		<i>n</i>	Alter, Geschlecht, Größe (<i>M</i> , <i>SD</i> , <i>F</i> , <i>p</i> , η^2)	<i>n</i>	Alter, Geschlecht, Größe, BMI-Perzentile, Fitness, (<i>M</i> , <i>SD</i> , <i>F</i> , <i>p</i> , η^2)
normotensiv vs. hypertensiv (mind. ein Elternteil)	252	111,5 ± 11,2 vs. 115,2 ± 11,2; $F_{(1,368)}=9,094$,	239	110,9 ± 10,5 vs. 115,0 ± 10,5; $F_{(1,351)}=12,324$,	
	121	$p=0,003$, $\eta^2=0,024$	129	$p=0,001$, $\eta^2=0,034$	
sBD-Ruhe (mmHg)	Mutter	112,0 ± 11,3 vs.	296	111,5 ± 10,6 vs.	
	normotensiv	117,2 ± 11,3	296	116,6 ± 10,5	
	vs. hypertensiv	$F_{(1,360)}=9,896$, $p=0,002$, $\eta^2=0,027$	54	$F_{(1,343)}=10,149$, $p=0,002$, $\eta^2=0,029$	
Vater	normotensiv	111,1 ± 11,2 vs.	227	110,5 ± 10,5 vs.	
	vs. hypertensiv	116,0 ± 11,2 $F_{(1,312)}=11,491$,	78	116,1 ± 10,5 $F_{(1,298)}=16,282$,	
	$p=0,001$, $\eta^2=0,036$	78	$p < 0,001$, $\eta^2=0,052$		
normotensiv vs. hypertensiv (mind. ein Elternteil)	241	147,8 ± 17,2 vs. 151,9 ± 17,3	239	147,9 ± 16,0 vs. 151,8 ± 16,0	
	119	$F_{(1,355)}=4,630$,	119	$F_{(1,351)}=4,828$,	
	$p=0,032$, $\eta^2=0,013$	119	$p=0,029$, $\eta^2=0,014$		
sBD- Belastung (mmHg)	Mutter	148,3 ± 17,3 vs.	296	148,6 ± 16,2 vs.	
	normotensiv	154,7 ± 17,4	296	153,4 ± 16,3	
	vs. hypertensiv	$F_{(1,347)}=6,181$, $p=0,013$, $\eta^2=0,018$	54	$F_{(1,343)}=3,872$, $p=0,049$, $\eta^2=0,011$	
Vater	normotensiv	147,2 ± 17,3 vs.	227	147,7 ± 16,2 vs.	
	vs. hypertensiv	152,6 ± 17,3 $F_{(1,301)}=4,889$,	78	153,0 ± 16,2 $F_{(1,298)}=6,263$,	
	$p=0,028$, $\eta^2=0,016$	78	$p=0,013$, $\eta^2=0,021$		

Ein aktives Freizeitverhalten der Eltern wirkte sich günstig auf den Blutdruck der Kinder aus. Hatten diese mindestens ein aktives Elternteil, war ihr Blutdruck unter Belastung im Mittel 6,8 mmHg ($p=0,001$) niedriger im Vergleich zu Kindern von gänzlich inaktiven Eltern (adj. für Alter, Geschlecht, Größe). Auch nach Adjustierung für die BMI-Perzentile und das eigene Fitnessniveau zeigte sich noch ein nennenswerter Unterschied von 4,9 mmHg ($p=0,013$). Das Aktivitätsverhalten der Eltern wirkte sich dagegen nicht signifikant auf den Ruheblutdruck der Kinder aus ($p=0,467$) (Tabelle 58, Abbildung 48). Die Analyse des kindlichen Blutdrucks von inaktiven ($n=94$), einem aktiven ($n=107$) und zwei aktiven Elternteilen ($n=174$) brachte nach Adjustierung für Alter, Geschlecht und Größe niedrigere Blutdruckwerte unter Belastung hervor ($154,3 \pm 17,6$ vs. $147,8 \pm 17,5$ vs. $147,2 \pm 17,5$ mmHg; $F_{(2,369)}=5,473$, $p=0,005$, $\eta^2=0,029$). Heranwachsende von inaktiven Eltern zeigten gegenüber denjenigen mit nur einem aktiven Elternteil 6,5 mmHg ($p=0,027$) und gegenüber denjenigen mit zwei aktiven Elternteilen 7,1 mmHg ($p=0,005$) höhere Messwerte während Ergometrie. Unter Berücksichtigung der BMI-Perzentile und des Fitnesslevels unterschieden sich Kinder von inaktiven Eltern ($n=94$) weiterhin von denen mit einem aktiven Elternteil ($n=106$) um 5,4 mmHg ($p=0,021$) und gegenüber Kindern mit zwei aktiven Elternteilen ($n=173$) um 4,6 mmHg ($p=0,030$) signifikant ($152,9 \pm 16,5$ vs. $147,5 \pm 16,3$ vs. $148,3 \pm 16,4$ mmHg; $F_{(2,363)}=3,047$, $p=0,049$, $\eta^2=0,017$).

Tabelle 58. ANCOVA – Systolischer Blutdruck (mmHg) in Ruhe (sBD-Ruhe) und unter Belastung (sBD-Belastung) von Kindern mit inaktiven Eltern und mindestens einem aktiven Elternteil unter Berücksichtigung verschiedener Kovariaten. $p<0,05$ für signifikante Gruppenunterschiede.

Elterliches Sportverhalten		ANCOVA			
		<i>n</i>	Alter, Geschlecht, Größe (<i>M</i> , <i>SD</i> , <i>F</i> , <i>p</i> , η^2)	<i>n</i>	Alter, Geschlecht, Größe, BMI-Perzentile, Fitness, (<i>M</i> , <i>SD</i> , <i>F</i> , <i>p</i> , η^2)
sBD-Ruhe (mmHg)	mind. ein Elternteil aktiv	291	112,2 ± 11,4 vs.	279	111,9 ± 10,7 vs. 112,9 ± 10,9
	vs. beide inaktiv	97	113,7 ± 11,4 $F_{(1,383)}=1,249$, $p=0,265$		
sBD-Belastung (mmHg)	mind. ein Elternteil aktiv	281	147,5 ± 17,4 vs.	279	148,0 ± 16,3 vs. 152,9 ± 16,5
	vs. beide inaktiv	94	154,3 ± 17,5 $F_{(1,370)}=10,907$, $p=0,001$, $\eta^2=0,029$		

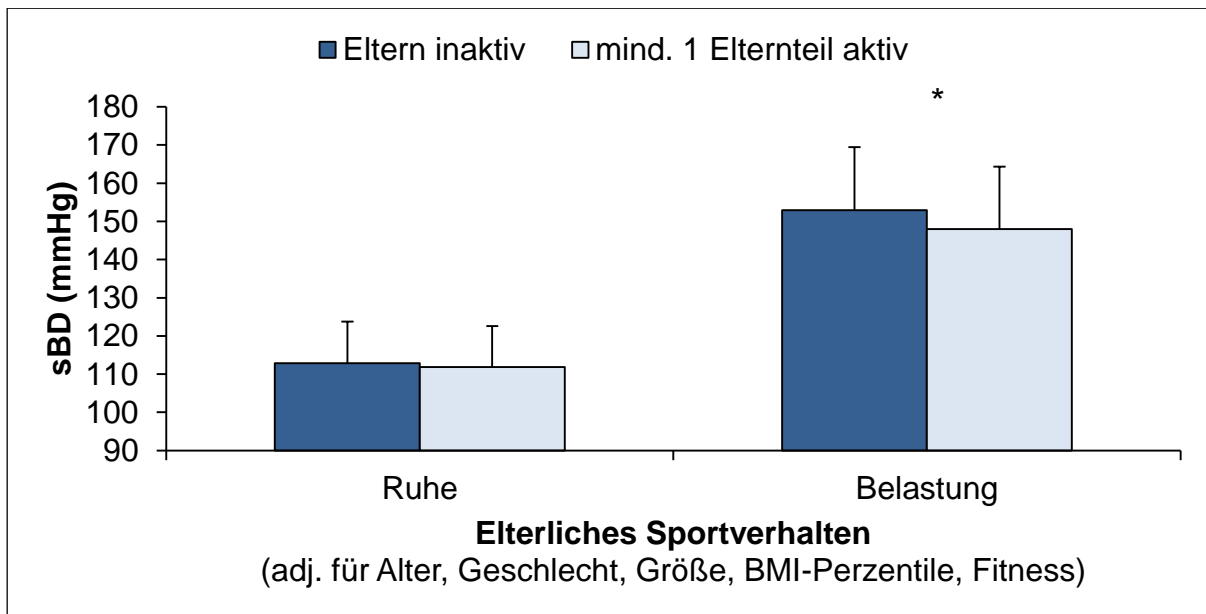


Abbildung 48. Systolischer Blutdruck (sBD) in Ruhe und unter Belastung (mmHg) von Kindern mit inaktiven Eltern ($n=94$) und mindestens einem aktiven Elternteil ($n=279$). Dargestellt sind $M \pm SD$ adjustiert für Alter, Geschlecht, Größe, BMI-Perzentile und relative Fitness. * $p < 0,05$ für signifikante Unterschiede.

8.8.7 Blutdruck und Anzahl der Risikofaktoren

Anhand der Risikofaktoren Übergewicht ($\geq 90.$ Perzentile), erhöhter Taillenumfang ($\geq 90.$ Perzentile), hohe Bildschirmzeit ($> 2\text{h/Tag}$) und sehr geringes bzw. geringes Fitnessniveau (männlich: $< 2,5$ Watt/kg Körpergewicht, weiblich: $< 2,0$ Watt/kg Körpergewicht) wurden fünf Gruppen gebildet: Probanden ohne Risikofaktor und jeweils Personengruppen mit einem, zwei, drei und vier dieser lebensstilassoziierten Risikofaktoren. Tabelle 59 und Abbildung 49 verdeutlichen die progressive Zunahme im Blutdruckniveau in Abhängigkeit der vorliegenden Risikofaktoren. Der mittlere systolische Ruhe- und Belastungsblutdruck war nach Adjustierung für Alter, Größe und Geschlecht bei Probanden ohne Risikofaktor am niedrigsten. Weiterhin stiegen Ruhe- und Belastungsblutdruck mit dem Auftreten bzw. der Anzahl an Risikofaktoren an. Gegenüber Probanden ohne lebensstilassoziierte Risikofaktoren unterschieden sich Heranwachsende mit einem ($\Delta 1,7$ mmHg; $p=0,10$) und zwei Risikomerkmalen ($\Delta 4,1$ mmHg; $p=0,074$) nicht wesentlich in ihrem Ruheblutdruck. Die mittlere Blutdruckdifferenz betrug hingegen $10,7$ mmHg ($p < 0,001$) bei Summierung von drei Risikofaktoren und $14,5$ mmHg ($p < 0,001$) bei vier Risikofaktoren. Teilnehmer mit drei und vier Risikomerkmalen unterschieden sich außerdem ebenfalls signifikant von denjenigen mit einem ($\Delta 9,1$ mmHg bzw. $12,9$ mmHg; $p < 0,001$) und zwei

Risikofaktoren (Δ 6,6 mmHg; $p=0,018$ bzw. 10,4 mmHg; $p=0,001$). Der kumulative Effekt von Übergewicht, erhöhtem Bauchumfang, hoher Bildschirmzeit und geringem Fitnessniveau auf den Blutdruck machte zwischen Heranwachsenden ohne und mit vier Risikofaktoren eine mittlere Differenz von 22,5 mmHg ($p<0,001$) bei Belastung aus. Der Unterschied betrug noch 15,7 mmHg ($p<0,001$) bei drei Risikofaktoren, 10,5 mmHg ($p<0,001$) bei zwei Risikofaktoren und 7,7 mmHg ($p=0,009$) bei Vorliegen eines Risikomerkmals. Probanden mit vier Risikofaktoren unterschieden sich gleichzeitig nachweislich von Probanden mit zwei (Δ 12,0 mmHg; $p=0,034$) und einem Risikofaktor (Δ 14,8 mmHg; $p=0,002$). In der Gesamtbetrachtung wird deutlich, dass sich der Blutdruck in Ruhe und unter Belastung mit jedem zusätzlichen Risikofaktor erhöhte.

Table 59. ANCOVA – Systolischer Blutdruck (mmHg) in Ruhe (sBD-Ruhe) und unter Belastung (sBD-Belastung) von Kindern ohne Risikofaktor und mit jeweils einem, zwei, drei und vier der lebensstilabhängigen Risikofaktoren Übergewicht (≥ 90 . Perzentile), erhöhter Taillenumfang (≥ 90 . Perzentile), hohe Bildschirmzeit (> 2 h/Tag) und geringes Fitnessniveau (männlich: $< 2,5$ Watt/kg Körpergewicht, weiblich: $< 2,0$ Watt/kg Körpergewicht) unter Berücksichtigung von Alter, Geschlecht und Größe. $p<0,05$ für signifikante Gruppenunterschiede, RF=Risikofaktor.

Anzahl Risikofaktoren		<i>n</i>	ANCOVA
			Alter, Geschlecht, Größe (<i>M, SD, F, p, η^2</i>)
sBD-Ruhe (mmHg)	kein RF vs.	94	109,9 \pm 11,5 vs.
	1 RF vs.	232	111,6 \pm 11,5 vs.
	2 RF vs.	147	114,0 \pm 11,5 vs.
	3 RF vs.	37	120,6 \pm 11,5 vs.
	4 RF	21	124,4 \pm 11,5 $F_{(4,523)}=12,153$, $p<0,001$, $\eta^2=0,085$
sBD- Belastung (mmHg)	kein RF vs.	80	141,5 \pm 17,6 vs.
	1 RF vs.	215	149,2 \pm 17,5 vs.
	2 RF vs.	142	152,0 \pm 17,5 vs.
	3 RF vs.	34	157,2 \pm 17,5 vs.
	4 RF	21	164,0 \pm 17,5 $F_{(4,484)}=10,015$, $p<0,001$, $\eta^2=0,076$

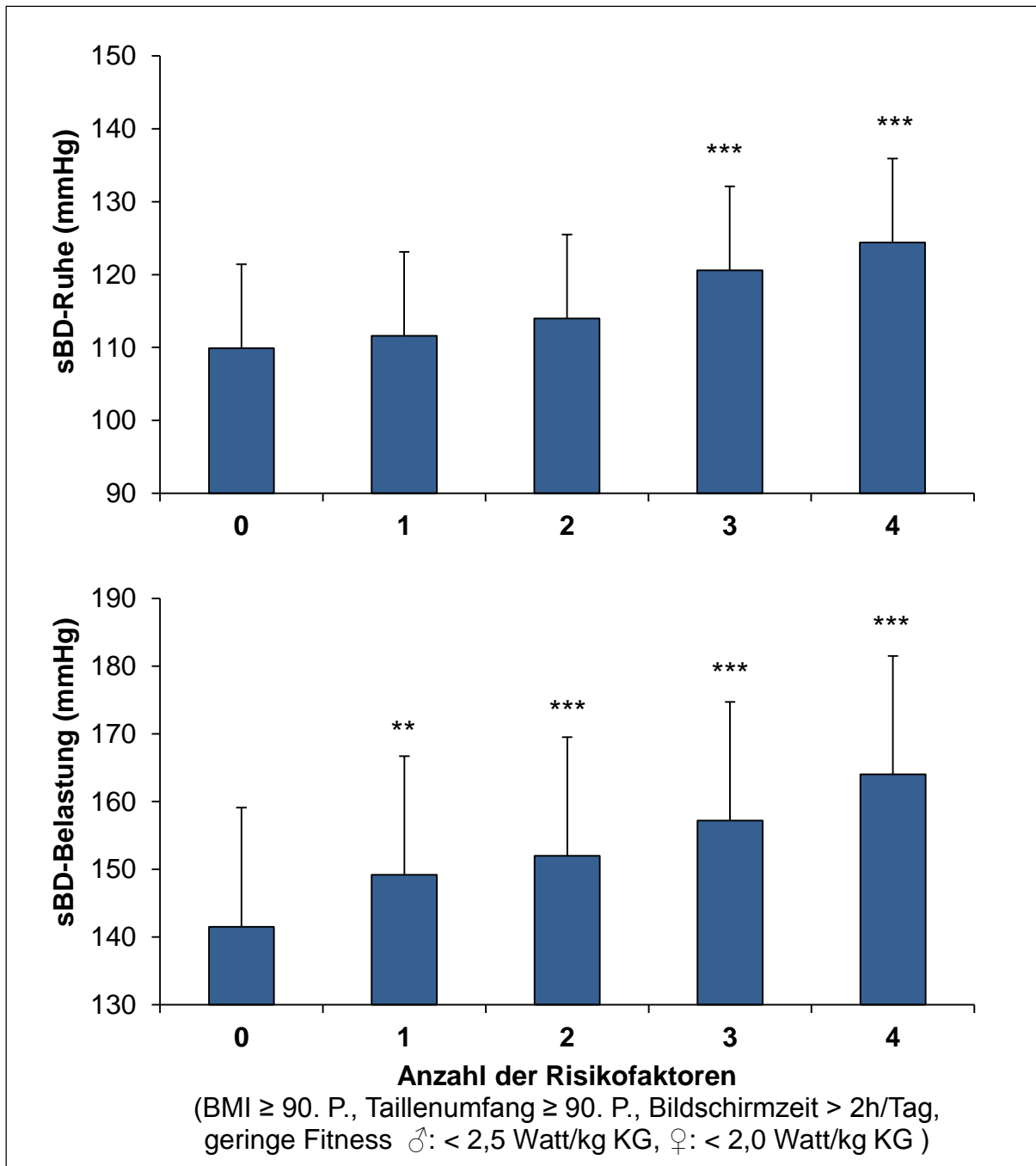


Abbildung 49. Systolischer Blutdruck (mmHg) in Ruhe (sBD-Ruhe) und unter Belastung (sBD-Belastung) von Kindern mit einem, zwei, drei und vier lebensstilabhängigen Risikofaktoren im Vergleich zu Kindern ohne Risikofaktor. Dargestellt sind $M \pm SD$ adjustiert für Alter, Geschlecht, Größe. ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$ für signifikante Unterschiede, KG=Körpergewicht.

Neben diesen vier personen- bzw. lebensstilassozierten Risikofaktoren wurden in Analogie dazu anhand der familiären Merkmale elterliches Übergewicht (bei mindestens einem Elternteil), familiäre Hypertonie (ja/nein) sowie Rauchen (ja/nein) und Sozialstatus (niedrig/hoch) weitere fünf Risikogruppen gebildet. Tabelle 60 und Abbildung 50 zeigen die für Alter, Geschlecht und Größe adjustierten Effekte der Summierung einzelner familiärer Risikofaktoren auf den Blutdruck in Ruhe und unter Belastung. Insgesamt ließ sich auch hier ein zunehmender Blutdruckanstieg beobachten, wenn die Risikofaktoren gebündelt vorlagen.

Signifikante Unterschiede im Ruheblutdruck konnten in diesem Zusammenhang einzig zwischen Probanden mit allen vier Risikofaktoren und risikofreien Probanden gefunden werden (Δ 10,3 mmHg; $p=0,001$). Gegenüber den Probanden mit einem und zwei Risikomerkmale wiesen diejenigen mit allen vier Risikofaktoren noch 10,2 mmHg ($p<0,001$) bzw. 7,5 mmHg ($p=0,006$) höhere Ruheblutdruckwerte auf. Unter Berücksichtigung von BMI-Perzentile und Fitness blieb einzig der Unterschied zwischen Risikogruppe eins und vier bestehen (Δ 7,6 mmHg; $p=0,013$).

Auch unter Belastung ließen sich deutliche Unterschiede beobachten: So war der Belastungsblutdruck der Heranwachsenden mit allen vier familiären Risikofaktoren im Mittel 22,8 mmHg ($p<0,001$) höher im Vergleich zu Probanden ohne familiäres Risiko. Der Unterschied gegenüber risikofreien Probanden betrug noch 13,0 mmHg ($p=0,001$), wenn drei Risikofaktoren und 8,5 mmHg ($p=0,030$), wenn zwei Risikofaktoren identifiziert werden konnten. Bei Vorliegen nur eines Merkmals unterschieden sich die Blutdruckwerte bei Belastung nicht mehr signifikant von Probanden ohne entsprechende Risikofaktoren (Δ 5,2 mmHg; $p=0,195$). Zudem war der Blutdruck derjenigen mit vier Risikofaktoren im Mittel 17,6 mmHg ($p<0,001$) und derjenigen mit drei Risikofaktoren 7,7 mmHg ($p=0,013$) höher im Vergleich zu den untersuchten Probanden mit nur einem familiären Risikofaktor. Auch Risikogruppe 2 und 3 unterschieden sich noch deutlich von Risikogruppe 4 (Δ 14,2 mmHg; $p<0,001$ bzw. 9,8 mmHg; $p=0,035$). Wurden zusätzlich die BMI-Perzentile und das Fitnessniveau als Kovariaten berücksichtigt, ergaben sich ebenfalls bedeutsame Unterschiede unter Belastung. Probanden ohne entsprechendes familiäres Risiko zeigten auch dann 9,4 mmHg ($p=0,028$) bzw. 16,2 mmHg ($p=0,001$) niedrigere Blutdruckwerte gegenüber denen mit drei bzw. vier familiären Risikofaktoren. Letztere wiesen auch gegenüber denjenigen mit nur einem (Δ 12,6 mmHg; $p=0,003$) und zwei

familiären Risikomerkmale (Δ 10,3 mmHg; $p=0,023$) signifikant höhere Messwerte auf.

Familiäre Risikofaktoren wirkten sich demnach nicht nur blutdrucksteigernd, sondern auch kumulativ mit der Anzahl an begleitenden Risikomerkmale auf den Ruhe- und Belastungsblutdruck aus.

Tabelle 60. ANCOVA – Systolischer Blutdruck (mmHg) in Ruhe (sBD-Ruhe) und unter Belastung (sBD-Belastung) von Kindern ohne Risikofaktor und mit jeweils einem, zwei, drei und vier der familiären Risikofaktoren elterliches Übergewicht (bei mind. einem Elternteil), familiäre Hypertonie (ja/nein), Rauchen (ja/nein) und Sozialstatus (niedrig/hoch) unter Berücksichtigung verschiedener Kovariaten. $p<0,05$ für signifikante Gruppenunterschiede, RF=Risikofaktor.

Anzahl Risikofaktoren		ANCOVA			
		<i>n</i>	Alter, Geschlecht, Größe (<i>M, SD, F, p, η²</i>)	<i>n</i>	Alter, Geschlecht, Größe, BMI-Perzentile, Fitness, (<i>M, SD, F, p, η²</i>)
sBD-Ruhe (mmHg)	kein RF vs.	39	109,9 ± 11,1 vs. 110,0 ± 11,1 vs.	39	111,3 ± 10,7 vs. 110,2 ± 10,6 vs.
	1 RF vs.	109	112,7 ± 11,0 vs.	107	112,2 ± 10,5 vs.
	2 RF vs.	131	114,4 ± 14,2 vs.	125	113,4 ± 10,6 vs.
	3 RF vs.	79	120,2 ± 11,0	76	117,8 ± 10,8
	4 RF	31	$F_{(4,381)}=6,223$, $p<0,001$, $\eta^2=0,061$	27	$F_{(4,364)}=2,871$, $p=0,023$, $\eta^2=0,031$
sBD-Belastung (mmHg)	kein RF vs.	39	140,6 ± 16,8 vs. 145,8 ± 16,9 vs.	39	143,2 ± 16,2 vs. 146,7 ± 16,1 vs.
	1 RF vs.	108	149,1 ± 16,8 vs.	107	149,1 ± 15,9 vs.
	2 RF vs.	125	153,6 ± 16,8 vs.	125	152,5 ± 16,3 vs.
	3 RF vs.	77	164,4 ± 16,8	76	159,4 ± 16,3
	4 RF	27	$F_{(4,368)}=9,753$, $p<0,001$, $\eta^2=0,096$	27	$F_{(4,364)}=5,004$, $p=0,001$, $\eta^2=0,052$

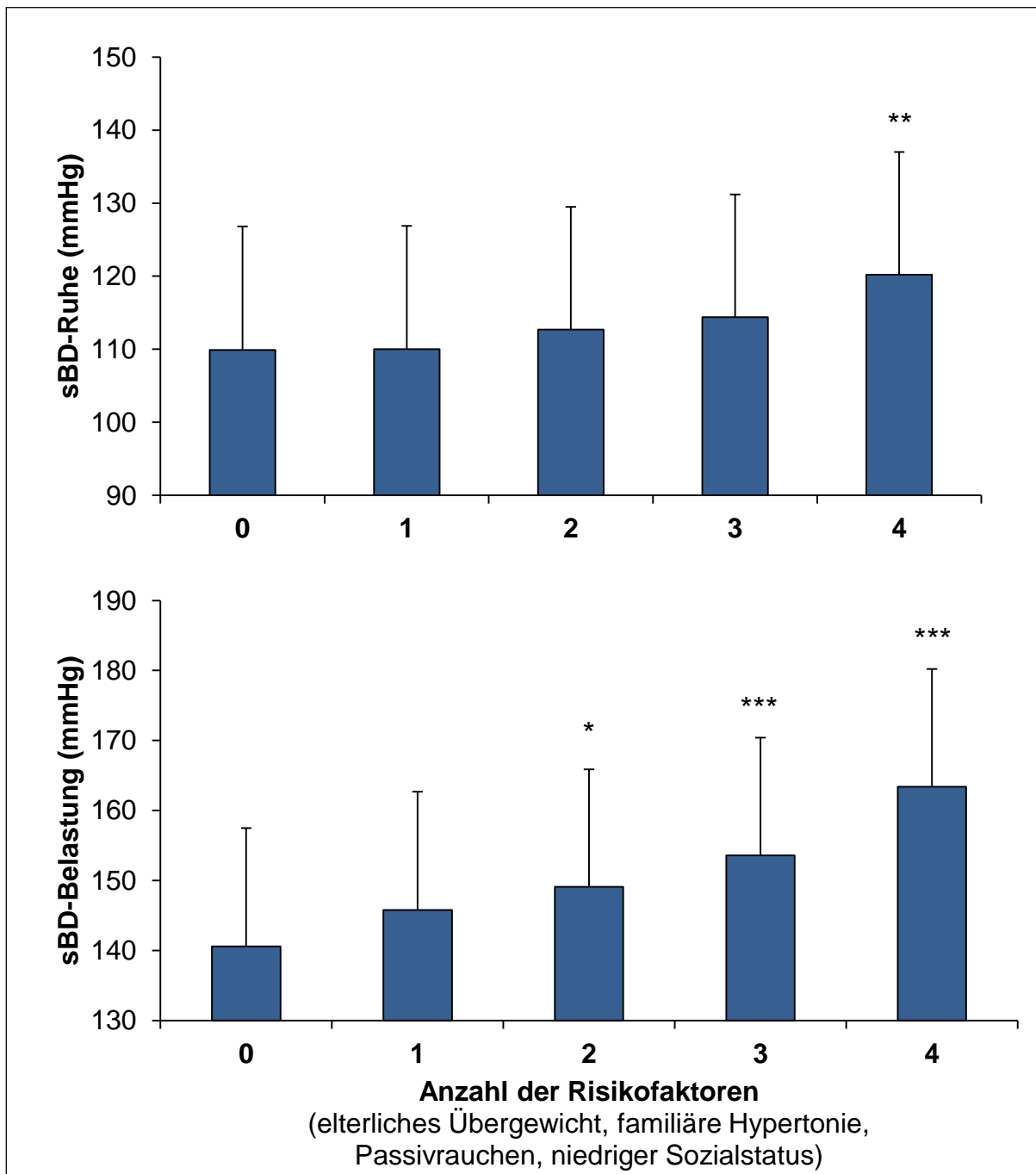


Abbildung 50. Systolischer Blutdruck (mmHg) in Ruhe (sBD-Ruhe) und unter Belastung (sBD-Belastung) von Kindern mit einem, zwei, drei und vier familiären Risikofaktoren im Vergleich zu Kindern ohne Risikofaktor. Dargestellt sind $M \pm SD$ adjustiert für Alter, Geschlecht, Größe. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$ für signifikante Unterschiede.

8.8.8 Überblick: Korrelationen und Kovarianzanalysen

Tabelle 61 gibt einen Überblick, über die aus den Korrelationsanalysen hervorgegangenen Ergebnisse.

Tabelle 61. Bivariate und partielle, bivariate (Alter, Geschlecht, Größe) Korrelationen zwischen systolischem Blutdruck in Ruhe (sBD-Ruhe) bzw. unter Belastung (sBD-Belastung) und BMI, BMI-Perzentile, Taillenumfang, relative Fitness, Fitnessniveau, MVPA-Index, Gesamtaktivität, Rauchen und Alkoholkonsum. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$ für signifikante Korrelationen, r_{xy} =bivariater Korrelationskoeffizient, $r_{xy.z1,z2,z3}$ =partieller, bivariater Korrelationskoeffizient.

	Korrelationen					
	sBD-Ruhe			sBD-Belastung		
	<i>n</i>	r_{xy}	$r_{xy.z1,z2,z3}$	<i>n</i>	r_{xy}	$r_{xy.z1,z2,z3}$
BMI ¹	530	0,391***	0,370***	492	0,388***	0,351***
BMI-Perzentile ²	530	0,289***		492	0,312***	
Taillenumfang ³	529	0,438***	0,323***	490	0,432***	0,300***
relative Fitness ³	489	-0,028	-0,218***	489	-0,035	-0,260***
Fitnessniveau ^{4#}	489	-0,072	-0,184***	489	-0,107*	-0,220***
MVPA-Index ³	530	-0,027	-0,078	492	-0,045	-0,095*
Gesamtaktivität ³	530	-0,002	-0,081	492	0,022	-0,039
Bildschirmzeit ³	492	0,164***	0,106*	455	0,216***	0,131**
Rauchen ^{3##}	527	-0,019	-0,014	492	0,076	0,043
Alkoholkonsum ^{3#}	526	0,155***	0,002	491	0,224***	0,033

¹ adj. für Alter und Geschlecht

² Adjustierung entfällt

³ adj. für Alter, Geschlecht und Körpergröße

⁴ adj. für Alter und Körpergröße

Spearman-Korrelation

Punkt-biserale Korrelation

In Tabelle 62 sind die mittleren Blutdruckdifferenzen in Ruhe und unter Belastung, die aus den kovarianzanalytischen Auswertungen hervorgingen, zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 62. Blutdruckunterschiede (mmHg) in Ruhe (sBD-Ruhe) und unter Belastung (sBD-Belastung) bei Vorliegen lebensstilassoziierter und familiärer Risikofaktoren im Vergleich zu Probanden ohne entsprechende Risikofaktoren (adjustiert für Alter, Geschlecht, Größe, BMI-Perzentile, relative Fitness). $p < 0,05$ für signifikante Gruppenunterschiede. RF=Risikofaktoren, %=Prävalenz nach Adjustierung verschiedener Kovariaten, MD=Mittlere Differenz, 95% KI=95%-Konfidenzintervall.

	%	Mittlere Differenz, mmHg					
		sBD-Ruhe			sBD-Belastung		
		MD	95% KI	p	MD	95% KI	p
Übergewicht ($\geq 90.$ P.) ¹	13,8	+8,5	6,6-10,4	<0,001	+4,0	1,1-6,9	0,122
Bauchumfang ($\geq 90.$ P.) ¹	11,7	+5,4	3,3-7,4	0,001	+4,7	1,5-7,7	0,073
geringe Fitness ²	68,3	+2,2	1,6-4,1	0,053	+5,1	4,2-6,0	0,003
MVPA-Index (< 5 d/Woche) ³	71,2	+1,4	0,7-2,1	0,206	+3,8	2,7-4,8	0,027
Bildschirmzeit (> 2h/Tag) ³	50,7	+1,9	1,8-1,9	0,082	+3,7	3,8-4,3	0,020
elterliches Übergewicht ^{3###}	31,4	+2,7	1,7-3,6	0,115	+5,3	3,9-6,7	0,045
niedriger Sozialstatus ³	32,8	+1,3	0,6-1,9	0,315	+5,2	4,3-6,2	0,006
Passivrauchen ^{3#}	33,4	-0,1	-0,7-0,5	0,945	+4,0	3,1-4,9	0,030
familiäre Hypertonie ³	60,8	+4,4	4,0-4,6	<0,001	+4,7	4,2-5,3	0,007
Hypertonie Mutter ³	15,4	+5,1	3,4-6,7	0,002	+4,8	2,2-7,3	0,049
Hypertonie Vater ³	25,6	+5,6	4,6-6,5	<0,001	+5,3	0,8-6,8	0,013
elterliche Hypertonie ^{3#}	33,2	+4,1	3,6-4,7	0,001	+3,9	3,1-4,8	0,029
elterliche Hypertonie ^{3###}	3,5	+16,9	11,2-22,6	<0,001	+17,8	8,9-26,8	<0,001
inaktive Eltern ^{3##}	25,2	+1,0	0,1-1,9	0,467	+4,9	3,5-6,4	0,013
RF-Cluster (1-4 Lebensstilfaktoren) ⁴	43,7	+1,7	0,7-2,5	0,100	+7,7	6,1-9,2	0,009
	27,7	+4,1	3,6-4,6	0,074	+10,5	9,5-11,5	<0,001
	7,0	+10,7	9,3-12,0	<0,001	+15,7	13,7-17,7	<0,001
	4,0	+14,5	11,9-17,1	<0,001	+22,5	18,9-26,1	<0,001
RF-Cluster (1-4 familiäre Faktoren) ⁴	28,7	+0,1	-1,3-1,5	0,976	+5,2	3,1-7,4	0,195
	33,2	+2,8	1,2-4,4	0,499	+8,5	6,1-10,8	0,030
	20,5	+4,5	3,4-5,6	0,197	+13,0	11,4-14,5	0,001
	7,2	+10,2	9,9-10,7	0,001	+22,8	21,7-23,8	<0,001

¹ adj. für Alter, Geschlecht, Körpergröße, relative Fitness

² adj. für Alter, Geschlecht, Körpergröße, BMI-Perzentile

³ adj. für Alter, Geschlecht, Körpergröße, BMI-Perzentile, relative Fitness

⁴ adj. für Alter, Geschlecht, Körpergröße

mindestens ein Elternteil

im Vergleich zu Kindern mit mindestens einem aktiven Elternteil

beide Elternteile

8.9 Multiple Regressionsmodelle: Prädiktoren des Ruhe- und Belastungsblutdrucks

Der abschließende Teil der Ergebnisse dient der Beantwortung der dritten dieser Untersuchung zugrunde liegenden Fragestellung (*Belastungsblutdruck: Einflussfaktoren und Modellbildung*). Zu diesem Zweck wurde mithilfe der multiplen linearen Regression der gemeinsame Einfluss ausgewählter lebensstilassoziierter sowie familiärer Parameter auf die Höhe des Ruhe- und Belastungsblutdrucks untersucht. In einem ersten Modell wurden dabei zunächst die lebensstilabhängigen und familiären Regressoren getrennt für sich betrachtet (Modell 1a und 1b), um nachfolgend alle simultan in die Regressionsgleichung aufzunehmen (Modell 2). Durch blockweisen Einschluss von Alter, Geschlecht und Größe (Block 1), der lebensstilabhängigen (Block 2) sowie familiären Prädiktoren (Block 3) in das Regressionsmodell wird geprüft, wie viel zusätzliche Varianz ein neuer Block im Blutdruck aufklärt. In einem dritten Modell wurde die Berücksichtigung der Variablen Alter, Geschlecht und Größe durch einen blockweisen Einschluss erzwungen und anschließend schrittweise untersucht, welche Variable den signifikant größten Anteil an der Erklärung des Blutdrucks leistet (Modell 3).

Die Interkorrelationen aller Variablen sind in Tabelle 70 (Anhang) dargestellt. Auf Grundlage dieser und der vorangegangenen Analysen sowie den aus der wissenschaftlichen Literatur offensichtlich einflussnehmenden Faktoren auf den Blutdruck des Kindes folgend, gingen nur ausgewählte lebensstilabhängige und familiäre Prädiktoren in die Berechnung ein.

Tabelle 63 vermittelt die Ergebnisse der multiplen linearen Regressionsanalyse. Neben Alter ($\beta=0,168$, $t=3,391$, $p=0,001$), Geschlecht ($\beta=-0,141$, $t=-2,686$, $p=0,007$) und Größe ($\beta=0,261$, $t=5,069$, $p<0,001$) erweisen sich auch die BMI-Perzentile ($\beta=0,248$, $t=5,726$, $p<0,001$) und die relative Fitnessleistung ($\beta=-0,150$, $t=-2,895$, $p=0,004$) als Prädiktoren des systolischen Ruheblutdrucks. Der täglichen Bildschirmzeit kann kein relevanter Beitrag zur Varianzaufklärung nachgewiesen werden ($\beta=0,069$, $t=1,611$, $p=0,108$). Je älter, größer und unfitter also eher männliche Heranwachsende sind und je höher ihr BMI ist, desto wahrscheinlicher kann mit höheren Ruheblutdruckwerten gerechnet werden. Die Körpergröße und BMI-Perzentile tragen hierbei relativ gesehen am meisten zur Varianzaufklärung des systolischen Ruheblutdrucks des Kollektivs bei. Insgesamt erklärt das Modell 1a 23,6% der Varianz des systolischen Ruheblutdrucks ($F_{(6,451)}=24,215$, $p<0,001$).

Hinsichtlich der familiären Faktoren kann einzig eine positive Anamnese für Hypertonie ($\beta=0,216$, $t=4,536$, $p<0,001$) neben dem Alter ($\beta=0,172$, $t=3,238$, $p=0,001$) und der Größe ($\beta=0,272$, $t=4,695$, $p<0,001$) als signifikanter Prädiktor des Ruheblutdrucks durch die Regressionsanalyse ermittelt werden. Die Frage nach der Familiengeschichte für Hypertonie entscheidet also neben dem Alter und der Körpergröße über die Höhe des systolischen Ruheblutdrucks. Der erklärte Varianzanteil des Modells 1b beträgt 18,2% ($F_{(8,372)}=11,374$, $p<0,001$).

Tabelle 63. Multiple lineare Regressionsanalyse lebensstilassoziierter (Modell 1a, $n=452$) und familiärer Prädiktoren (Modell 1b, $n=373$) im Hinblick auf den systolischen Ruheblutdruck (sBD-Ruhe). b =nichtstandardisierter Regressionskoeffizient, SE =Standardfehler, β =standardisierter Beta-Koeffizient, $Korr.R^2$ =Korrigiertes R^2 , p =Signifikanz.

	Multiple Regression (Modell 1a und 1b)					
	b	SE	β	p	R^2	Korr. R^2
sBD-Ruhe						
Alter	1,333	0,393	0,168	0,001		
Geschlecht	-3,465	1,290	-0,141	0,007		
Größe	0,339	0,067	0,261	<0,001	0,246	0,236
BMI-Perzentile	0,113	0,020	0,248	<0,001		
relative Fitness	-3,642	1,258	-0,150	0,004		
Bildschirmzeit	0,610	0,379	0,069	0,108		
Alter	1,343	0,415	0,172	0,001		
Geschlecht	-0,943	1,278	-0,039	0,461		
Größe	0,358	0,076	0,272	<0,001		
elterliches Rauchen	1,234	1,266	0,048	0,330	0,220	0,182
elterliches Übergewicht	0,519	1,199	0,021	0,666		
familiäre Hypertonie	5,410	1,193	0,216	<0,001		
Sozialstatus	-2,152	1,360	-0,083	0,115		
elterliches Sportverhalten	-0,671	1,432	-0,024	0,640		

Für den systolischen Belastungsblutdruck können dagegen alle der in das Modell 1a eingeschlossenen Variablen als signifikante Prädiktoren belegt werden. Ältere, größere und unfitte Jungen mit gleichzeitig hohen Body-Mass-Indizes sowie Medienzeiten haben demnach ein größeres Risiko für höhere Blutdruckwerte unter Belastung. Das Alter ($\beta=0,267$, $t=5,642$, $p<0,001$), die Körpergröße ($\beta=0,238$, $t=4,845$, $p<0,001$) und die BMI-Perzentile ($\beta=0,272$, $t=6,578$, $p<0,001$) bestimmen dabei im Wesentlichen die Varianz des Belastungsblutdrucks. Durch das Modell werden 30,3%

der Gesamtvarianz im systolischen Blutdruck während ergometrischer Belastung erklärt ($F_{(6,451)}=33,670$, $p<0,001$).

Im Hinblick auf die familiären Variablen ist der systolische Belastungsblutdruck neben Alter ($\beta=0,249$, $t=4,484$, $p<0,001$) und Größe ($\beta=0,267$, $t=4,768$, $p<0,001$) signifikant vom elterlichen Rauchstatus ($\beta=0,096$, $t=2,005$, $p=0,046$) und sozialen Status ($\beta=-0,116$, $t=-2,274$, $p=0,024$) sowie von der Familienanamnese für Hypertonie ($\beta=0,156$, $t=3,389$, $p=0,001$) abhängig. Neben der physiologischen alters- und wachstumsbedingten Änderung des Blutdrucks führt demnach die Exposition durch Passivrauch, ein niedriger sozialer Status sowie eine familiäre Disposition für Hypertonie zu nachweislich höheren Blutdruckwerten unter Belastung. Unter dem Einfluss von Alter und Größe wirkte sich die familiäre Vorbelastung für einen Bluthochdruck hierbei am stärksten auf den Blutdruck aus. Durch das Gesamtmodell lässt sich 25,7% der Blutdruckvarianz unter Belastung vorhersagen ($F_{(8,360)}=16,580$, $p<0,001$) (Tabelle 64).

Tabelle 64. Multiple lineare Regressionsanalyse lebensstilassoziierter (Modell 1a, $n=452$) und familiärer Prädiktoren (Modell 1b, $n=361$) im Hinblick auf den systolischen Belastungsblutdruck (sBD-Belastung). b =nichtstandardisierter Regressionskoeffizient, SE =Standardfehler, β =standardisierter Beta-Koeffizient, R^2 =Determinationskoeffizient, $Korr.R^2$ =Korrigiertes R^2 , p =Signifikanz.

	Multiple Regression (Modell 1a und 1b)					
	b	SE	β	p	R^2	Korr. R^2
sBD-Belastung						
Alter	3,390	0,601	0,267	<0,001		
Geschlecht	-6,154	1,971	-0,156	0,002		
Größe	0,495	0,102	0,238	<0,001	0,312	0,303
BMI-Perzentile	0,198	0,030	0,272	<0,001		
relative Fitness	-6,578	1,923	-0,169	0,001		
Bildschirmzeit	1,169	0,579	0,083	0,044		
Alter	3,171	0,654	0,249	<0,001		
Geschlecht	-2,329	1,994	-0,059	0,244		
Größe	0,568	0,119	0,267	<0,001		
elterliches Rauchen	3,996	1,993	0,096	0,046	0,274	0,257
elterliches Übergewicht	3,228	1,884	0,080	0,087		
familiäre Hypertonie	6,333	1,868	0,156	0,001		
Sozialstatus	-4,869	2,142	-0,116	0,024		
elterliches Sportverhalten	-2,982	2,256	-0,065	0,187		

Bei simultanem Einschluss aller Variablen ergeben sich die in Tabelle 65 dargestellten multiplen Modelle für den systolischen Ruhe- und Belastungsblutdruck. Das Gesamtmodell aus lebensstilassoziierten und familiären Prädiktoren klärt 22,2% des Ruheblutdrucks ($F_{(11,328)}=9,501$, $p<0,001$) bzw. 33,9% der Varianz des Belastungsblutdrucks auf ($F_{(11,328)}=16,305$, $p<0,001$). Als statistisch bedeutsame Prädiktoren des Ruheblutdrucks erweisen sich Alter ($\beta=0,199$, $t=3,444$, $p=0,001$), Größe ($\beta=0,279$, $t=4,646$, $p<0,001$), BMI-Perzentile ($\beta=0,199$, $t=3,682$, $p<0,001$) und familiäre Hypertonie ($\beta=0,165$, $t=3,302$, $p=0,001$). Der Blutdruck unter Ruhebedingungen wird hierbei am meisten durch die Körpergröße vorhergesagt.

Wie auch beim Ruheblutdruck gehören zu den statistisch bedeutsamen Prädiktoren für den Belastungsblutdruck ebenfalls das Alter ($\beta=0,305$, $t=5,723$, $p<0,001$), die Größe ($\beta=0,243$, $t=4,402$, $p<0,001$), BMI-Perzentile ($\beta=0,239$, $t=4,803$, $p<0,001$) und die familiäre Anamnese für Hypertonie ($\beta=0,118$, $t=2,567$, $p=0,011$). Die Höhe des Blutdrucks während körperlicher Belastung wird hierbei wesentlich durch das Alter vorhergesagt. Offensichtlich machen unter dem multiplen Einfluss lebensstilabhängiger und familiärer Risikofaktoren das Alter sowie die Größe, BMI-Perzentile und familiäre Vorbelastung für Bluthochdruck den größten Anteil am Blutdruckniveau des Kindes aus.

Ein blockweiser Einschluss der Variablen zeigt, dass bereits durch Alter, Geschlecht und Größe mit 13,3% eine statistisch signifikante und die anteilig höchste Vorhersage des Ruheblutdrucks gelingt ($R^2=0,141$, $p<0,001$). Durch weiteres Hinzuziehen der Lebensstilfaktoren erhöht sich der Anteil der erklärten Varianz um 6,8% auf 20,1% ($R^2=0,216$); der Zuwachs von $\Delta R^2=0,075$ erweist sich hierbei als signifikant ($p<0,001$). Werden im dritten Block die familienbezogenen Prädiktoren hinzugenommen, werden schließlich weitere 2,1% ($R^2=0,248$, $\Delta R^2=0,032$, $p=0,021$) der Gesamtvarianz des Ruheblutdrucks aufgeklärt. Insgesamt kann 22,2% der Ruheblutdruckvarianz durch das Modell 2 vorhergesagt werden.

Die Gesamtvarianz des Belastungsblutdrucks wird dagegen zu 20,6% durch Alter, Geschlecht und Größe vorhergesagt ($R^2=0,213$, $p<0,001$). Der weitere Einschluss des zweiten Blocks erhöht den Aufklärungsanteil um zusätzlich 11,1% auf 31,7% ($R^2=0,329$, $\Delta R^2=0,116$, $p<0,001$). Werden schließlich auch die familiären Faktoren berücksichtigt, nimmt der Anteil um weitere 2,2% zu ($R^2=0,361$, $\Delta R^2=0,032$, $p=0,008$).

Durch das multiple Regressionsmodell 2 lässt sich 33,9% der Gesamtvarianz des Belastungsblutdrucks aufklären.

Tabelle 65. Multiple lineare Regressionsanalyse (Modell 2, $n=329$) im Hinblick auf den systolischen Blutdruck in Ruhe (sBD-Ruhe) und bei Belastung (sBD-Belastung). b =nichtstandardisierter Regressionskoeffizient, SE =Standardfehler, β =standardisierter Beta-Koeffizient, R^2 =Determinationskoeffizient, $Korr. R^2$ =Korrigiertes R^2 , p =Signifikanz.

	Multiple Regression (Modell 2)					
	b	SE	β	p	R^2	Korr. R^2
sBD-Ruhe						
Alter	1,518	0,441	0,199	0,001	0,248	0,222
Geschlecht	-2,372	1,481	-0,101	0,110		
Größe	0,353	0,076	0,279	<0,001		
BMI-Perzentile	0,087	0,024	0,199	<0,001		
relative Fitness	-2,720	1,563	-0,111	0,083		
Bildschirmzeit	0,081	0,452	0,009	0,859		
elterliches Rauchen	-1,034	1,310	-0,041	0,431		
elterliches Übergewicht	0,653	1,238	0,027	0,598		
familiäre Hypertonie	3,978	1,205	0,165	0,001		
Sozialstatus	-0,812	1,470	-0,032	0,581		
elterliches Sportverhalten	-1,404	1,460	-0,052	0,337		
sBD-Belastung						
Alter	3,869	0,676	0,305	<0,001	0,361	0,339
Geschlecht	-4,259	2,272	-0,109	0,062		
Größe	0,513	0,116	0,243	<0,001		
BMI-Perzentile	0,174	0,036	0,239	<0,001		
relative Fitness	-3,623	2,398	-0,089	0,132		
Bildschirmzeit	0,892	0,694	0,062	0,200		
elterliches Rauchen	2,265	2,010	0,054	0,261		
elterliches Übergewicht	1,607	1,899	0,040	0,398		
familiäre Hypertonie	4,746	1,848	0,118	0,011		
Sozialstatus	-3,516	2,255	-0,082	0,120		
elterliches Sportverhalten	-2,360	2,239	-0,052	0,293		

In Tabelle 66 sind die Regressionsgewichte einschließlich der Indizes zur Quantifizierung der Anpassungsgüte des Modells der schrittweisen multiplen Regressionsanalyse dargestellt. Bezogen auf den Ruheblutdruck wurden nach Einschluss von Alter, Geschlecht und Größe in das Modell ($R^2=0,141$, korr. $R^2=0,133$, $p<0,001$) schrittweise die Variablen BMI-Perzentile ($R^2=0,204$, korr. $R^2=0,194$, $\Delta R^2=0,063$, $p<0,001$), familiäre Hypertonie ($R^2=0,230$, korr. $R^2=0,219$, $\Delta R^2=0,027$, $p=0,001$) und Fitness ($R^2=0,242$, korr. $R^2=0,228$, $\Delta R^2=0,011$, $p=0,029$) entsprechend ihrer Bedeutung für die Varianzaufklärung des Ruheblutdrucks in die Berechnung aufgenommen. Nach der Berücksichtigung von Alter, Geschlecht und Größe (13,3%) liefert die BMI-Perzentile den höchsten Erklärungszuwachs (6,1%); der Ruheblutdruck wird im Wesentlichen durch die Körpergröße bestimmt ($\beta=0,269$, $t=4,556$, $p<0,001$). Durch die Prädiktoren lässt sich 22,8% der Varianz des Ruheblutdrucks erklären ($F_{(6,328)}=17,114$, $p<0,001$). Die übrigen Variablen leisten keinen zusätzlichen signifikanten Erklärungsbeitrag.

Im Hinblick auf den Belastungsblutdruck lassen sich Unterschiede gegenüber der Vorhersage des Ruheblutdrucks feststellen. Nach Einschluss von Alter, Geschlecht und Größe ($R^2=0,213$, korr. $R^2=0,206$, $p<0,001$) wird das Gesamtmodell sukzessive durch die Variablen BMI-Perzentile ($R^2=0,308$, korr. $R^2=0,300$, $\Delta R^2=0,095$, $p<0,001$), Sozialstatus ($R^2=0,330$, korr. $R^2=0,320$, $\Delta R^2=0,022$, $p=0,001$) und familiäre Hypertonie ($R^2=0,345$, korr. $R^2=0,333$, $\Delta R^2=0,015$, $p=0,006$) erstellt. Wie schon beim Ruheblutdruck kann dem Geschlecht kein relevanter Beitrag im Modell nachgewiesen werden ($p=0,106$). Dagegen erweist sich der soziale Status ($\beta=-0,155$, $t=-3,385$, $p=0,001$) als signifikanter Prädiktor des Belastungsblutdrucks, der im Vergleich zur positiven Anamnese für Hypertonie ($\beta=0,126$, $t=2,747$, $p=0,006$) einen höheren Aufklärungsanteil hat. Der Blutdruck unter Belastung wird vorrangig durch das Alter ($\beta=0,296$, $t=5,857$, $p<0,001$) erklärt, während der höchste Zuwachs in der Aufklärung der Varianz wieder durch die BMI-Perzentile (9,4%) zustande kommt. Die prädiktive Bedeutung des Modells für den systolischen Belastungsblutdruck zeigt sich in einer Varianzaufklärung von 33,3%. Die Hinzunahme weiterer Regressoren führte zu keiner signifikanten Verbesserung des bestehenden Modells.

Tabelle 66. Schrittweise multiple Regressionsanalyse (Modell 3, $n=328$) im Hinblick auf den systolischen Blutdruck in Ruhe (sBD-Ruhe) und bei Belastung (sBD-Belastung). b =nichtstandardisierter Regressionskoeffizient, SE =Standardfehler, β =standardisierter Beta-Koeffizient, R^2 =Determinationskoeffizient, $Korr. R^2$ =Korrigiertes R^2 , p =Signifikanz.

	Schrittweise multiple Regression (Modell 3)					
	b	SE	β	p	R^2	Korr. R^2
sBD-Ruhe						
Alter ¹	1,623	0,425	0,213	<0,001		
Geschlecht ¹	-2,810	1,429	-0,119	0,059		
Größe ¹	0,340	0,075	0,269	<0,001		
BMI-Perzentile ²	0,087	0,022	0,199	<0,001		
relative Fitness ⁴	-3,258	1,485	-0,133	0,029	0,242	0,228
Bildschirmzeit						
elterliches Rauchen						
elterliches Übergewicht						
familiäre Hypertonie ³	3,988	1,194	0,165	0,001		
Sozialstatus						
elterliches Sportverhalten						
sBD-Belastung						
Alter ¹	3,764	,643	0,296	<0,001		
Geschlecht ¹	-3,195	1,970	-0,081	0,106		
Größe ¹	0,503	0,116	0,239	<0,001		
BMI-Perzentile ²	0,199	0,033	0,273	<0,001		
relative Fitness					0,345	0,333
Bildschirmzeit						
elterliches Rauchen						
elterliches Übergewicht						
familiäre Hypertonie ⁴	5,077	1,848	0,126	0,006		
Sozialstatus ³	-6,625	1,957	-0,155	0,001		
elterliches Sportverhalten						

¹⁻⁴ Reihenfolge der schrittweisen Aufnahme in das Modell

8.10 Zusammenfassung der Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die untersuchungsrelevanten Ergebnisse in tabellarischer und grafischer Form zusammenfassend dargestellt. Der Tabelle 67 sind zunächst die in dieser Untersuchung ermittelten Perzentilen und vorgeschlagenen Grenzwerte für einen hoch normalen und erhöhten systolischen Ruhe- und Belastungsblutdruck zu entnehmen. Die formulierten Blutdruckgrenzwerte unter körperlicher Belastung wurden auf Basis der aktuell empfohlenen KiGGS-Referenzperzentilen zur Beurteilung des Blutdrucks von Kindern und Jugendlichen abgeleitet. Perzentilkurven allein erlauben zwar keine prognostischen Aussagen über den Blutdruck von Kindern und Jugendlichen, bieten für die Praxis jedoch bislang die einzige Möglichkeit, einen individuellen Blutdruckwert einzuordnen. Mit der Kieler Kinder EX.PRESS. Studie kann eine Einschätzung von Blutdruckwerten auch erstmals unter Belastung bei Heranwachsenden im Alter von 12 bis 17 Jahren vorgenommen werden.

Für eine genaue Einschätzung des Belastungsblutdrucks werden aufgrund der alters- und wachstumsbedingten Änderung des Blutdrucks mindestens altersgruppenspezifische Grenzwerte vorgeschlagen, die bestenfalls zusätzlich nach Geschlecht unterschieden werden sollten.

Die Grenzwerte geben eine erste Orientierung für Blutdruckzielwerte unter Belastung im untersuchten Altersbereich und erlauben damit eine gemeinsame Beurteilung von Ruhe- und Belastungsblutdruck.

Table 67. Die Kieler Kinder EX.PRESS. Studie: Ermittelte Perzentilen und abgeleitete Grenzwerte für den systolischen Blutdruck in Ruhe (sBD-Ruhe) und unter Belastung (sBD-Belastung) entsprechend dem Blutdruckniveau bei der 90. und 95. KiGGS-Referenzperzentile. Altersgruppendifferenzierte Darstellung für die Gesamtgruppe sowie für Jungen und Mädchen.

		Kieler Kinder EX.PRESS. Studie			
	KiGGS (sBD)	Alter (Jahre)	Perzentile	sBD-Ruhe (mmHg)	sBD-Belastung (mmHg)
Gesamt	95. Perzentile „erhöht“	12-13	93,7	128,0	172,0
		14-15	91,3	132,0	176,0
		16-17	91,6	134,1	191,3
		Gesamt	92,1	132,0	180,0
	90. Perzentile „hoch normal“	12-13	88,3	122,8	162,0
		14-15	86,7	128,0	172,0
		16-17	88,2	132,0	184,0
		Gesamt	87,6	128,0	172,0
♂	95. Perzentile „erhöht“	12-13	92,3	128,0	172,0
		14-15	91,7	134,0	177,3
		16-17	92,9	141,8	201,3
		Gesamt	92,3	134,0	184,0
	90. Perzentile „hoch normal“	12-13	88,5	125,8	166,3
		14-15	86,1	131,7	172,0
		16-17	89,4	136,0	193,0
		Gesamt	87,9	132,0	176,8
♀	95. Perzentile „erhöht“	12-13	95,0	127,8	172,0
		14-15	90,9	127,8	174,7
		16-17	90,3	128,0	178,5
		Gesamt	91,9	128,0	174,0
	90. Perzentile „hoch normal“	12-13	87,5	122,0	158,0
		14-15	87,5	125,8	172,0
		16-17	87,0	126,0	172,0
		Gesamt	87,3	124,0	168,8

In Abbildung 51 sind die in dieser Untersuchung ermittelten signifikanten Zusammenhänge abgebildet. Mit Ausnahme vom Rauchstatus der Probanden und der Aktivitätsparameter (Schul-, Freizeit-, Vereins- und Gesamtaktivität) ließen sich Korrelationen unterschiedlicher Stärke zwischen den übrigen Variablen und dem Blutdruck in Ruhe sowie unter Belastung feststellen. Einzig der systolische

Belastungsblutdruck korrelierte signifikant mit dem intensitätsbezogenen Aktivitätsindex (MVPA-Index) nach Korrektur für Alter, Geschlecht und Größe. Die übrigen Korrelationskoeffizienten weichen in ihrer Höhe nur minimal voneinander ab. Die Ergebnisse zeigen, dass der Belastungsblutdruck bereits bei Heranwachsenden mit weiteren Risikofaktoren korreliert. Die Ergebnisse bestätigen somit die Annahme, dass der systolische Belastungsblutdruck in ähnlicher Weise mit den untersuchten Variablen assoziiert ist wie der Ruheblutdruck.

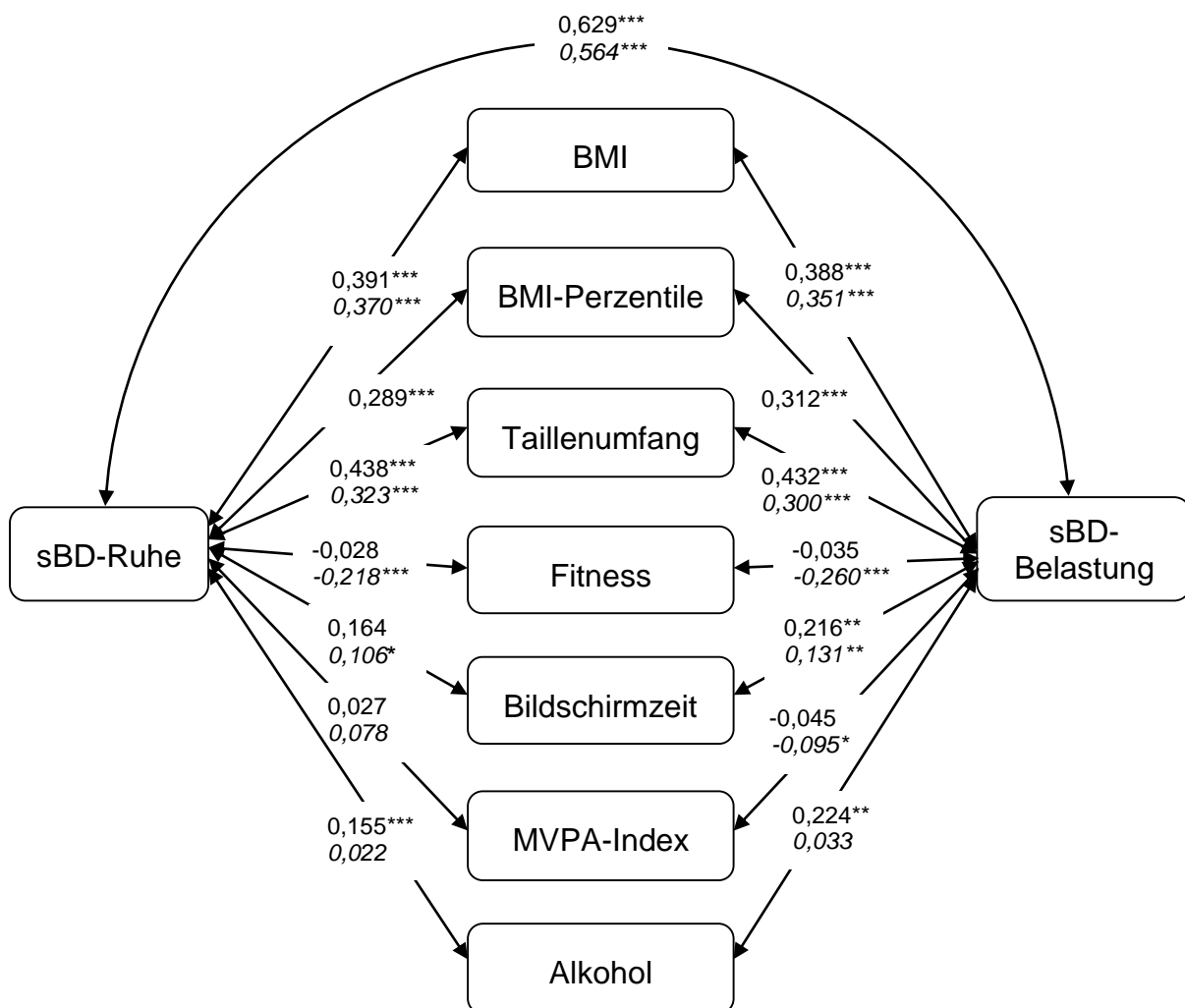


Abbildung 51. Signifikante bivariate Korrelationen und *partielle, bivariate Korrelationen* (Alter, Geschlecht, Größe) zwischen systolischem Ruhe- (sBD-Ruhe) sowie Belastungsblutdruck (sBD-Belastung) und BMI, BMI-Perzentile, Taillenumfang, relativer Fitness, MVPA-Index, Alkoholkonsum. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$ für signifikante Korrelationen, r =Korrelationskoeffizient.

In Tabelle 68 und Tabelle 69 werden die mittleren Differenzen, die sich aus der Analyse der Gruppenvergleiche ergaben, für den Ruhe- und Belastungsblutdruck gegenüber gestellt. In den kovarianzanalytischen Auswertungen zeigten sich signifikante Blutdruckunterschiede zwischen den einzelnen Risikogruppen deutlich häufiger unter Belastung.

Nach der Korrektur für Alter, Geschlecht und Größe ließen sich relevante Blutdruckunterschiede bei folgenden Risikofaktoren allein während Belastung nachweisen: passive Schulweggestaltung, sportliche Inaktivität, elterliches Übergewicht (mind. ein Elternteil, Vater), Passivrauchen, sportliche Inaktivität der Eltern. Zudem fielen die mittleren adjustierten Blutdruckdifferenzen hinsichtlich folgender Risikogruppen tendenziell größer unter Belastung aus: geringe körperliche Leistungsfähigkeit, niedriger MVPA-Index, hohe Bildschirmzeiten, mütterliches Übergewicht, niedriger Sozialstatus, familiäre Anamnese für Übergewicht, familiäre Anamnese für Hypertonie, lebensstilabhängiges und familiäres Risikofaktoren-Cluster.

Ausschließlich unabhängige Effekte auf den Ruheblutdruck (adj. für Alter, Geschlecht, Größe, BMI-Perzentile, Fitness), nicht aber auf den Belastungsblutdruck, waren einzig hinsichtlich der Übergewichts-Indizes zu erkennen. Unter den familiären Risiken erwies sich nur noch eine familiäre Anamnese für Hypertonie als unabhängiger Risikofaktor des Ruheblutdrucks. Demgegenüber wurden nach vollständiger Adjustierung ausschließlich höhere Blutdruckwerte unter Belastung bei Heranwachsenden mit geringer körperlicher Leistungsfähigkeit, inaktiven Eltern und einem niedrigem Sozialstatus festgestellt. Weiterhin waren bei denjenigen, die passiv rauchten und den Empfehlungen zur täglichen Bildschirmzeit sowie körperlich-sportlichen Aktivität nicht nachkamen, nur bei Belastung, nicht aber in Ruhe nachweislich höhere Blutdruckwerte messbar. Eine familiäre bzw. elterliche Vorbelastung für Hypertonie erwies sich auch unter Belastung als unabhängiger blutdruckwirksamer Risikofaktor, während Übergewicht in der Familie nur indirekt mit dem Ruhe- und Belastungsblutdruck assoziiert war. Es kann daher angenommen werden, dass bei Vorliegen lebensstilabhängiger und familiärer Risikofaktoren blutdrucksteigernde Effekte auch unter Belastung zu erwarten sind. Diese Risikofaktoren wirkten sich insgesamt nicht nur blutdrucksteigernd, sondern zusätzlich auch kumulativ mit der Anzahl an begleitenden Risikofaktoren auf den Ruhe- und Belastungsblutdruck aus. Blutdruckunterschiede bei Belastung waren hierbei schon

bei einer geringeren Zahl an Risikofaktoren signifikant. Insgesamt kann die Annahme, dass sich Probanden mit kardiovaskulären Risikofaktoren auch in ihrem Belastungsblutdruck von Probanden ohne den entsprechenden Risikofaktor unterscheiden, durch die vorliegenden Ergebnisse als bestätigt angesehen werden.

Tabelle 68. Vergleich der mittleren Blutdruckdifferenzen (mmHg) in Ruhe (sBD-Ruhe) und unter Belastung (sBD-Belastung) bei Vorliegen ausgewählter lebensstilassoziierter Risikofaktoren nach Adjustierung verschiedener Kovariaten. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$ für signifikante Gruppenunterschiede. n.s.=nicht signifikant, KG=Körpergewicht.

Gruppenvariable	sBD-Ruhe / sBD-Belastung (+ Mittlere Differenz mmHg)	
	adj. für Alter, Geschlecht, Größe	adj. für Alter, Geschlecht, Größe, BMI und Fitness
Übergewicht		
• $\geq 90.$ P. vs. $\geq 10.-90.$ P.	+10,3*** / +9,1***	+8,5*** / n.s.¹
Bauchumfang		
• $\geq 90.$ P. vs. $< 90.$ P.	+8,4*** / +8,7**	+5,4** / n.s.¹
Fitness		
• ♂: $< 2,5$ vs. $\geq 2,5$ Watt/kg KG	+3,8** / +7,6***	n.s. / +5,1**²
• ♀: $< 2,0$ vs. $\geq 2,0$ Watt/kg KG		
MVPA-Index		
• < 5 d/Woche vs. ≥ 5 d/Woche	+2,3* / +5,0**	n.s. / +3,8*
Schulweg		
• passiv vs. aktiv	n.s. / +4,2*	n.s. / n.s.
Bildschirmzeit		
• > 2 h/Tag vs. ≤ 2 h/Tag	+2,6* / +5,4**	n.s. / +3,7*³
Aktivitätsstatus		
• inaktiv vs. freizeitaktiv	n.s. / +4,4*	n.s. / n.s.
• inaktiv vs. freizeit- und vereinsaktiv	n.s. / +7,1*	n.s. / n.s.
• freizeit- oder vereinsaktiv vs. freizeit- und vereinsaktiv	n.s. / +3,9*	n.s. / n.s.
Risikofaktoren-Cluster⁴		
• 1 – 2 – 3 – 4 vs. kein RF		
Lebensstilabhängige Risikofaktoren		
BMI $\geq 90.$ P., Taillenumfang $\geq 90.$ P., Bildschirmzeit > 2 h/d, geringe Fitness	n.s. - n.s. - +10,7*** - +14,5*** /	
♂: $< 2,5$ Watt/kg KG,	+7,7** - +10,5*** - +15,7*** - +22,5***	
♀: $< 2,0$ Watt/kg KG		

¹ nicht für BMI-Perzentile adjustiert

² nicht für die Fitness adjustiert

³ zusätzlich adjustiert für MVPA-Index und wöchentliche Gesamtaktivität

⁴ adj. für Alter, Geschlecht, Größe

Table 69. Vergleich der mittleren Blutdruckdifferenzen (mmHg) in Ruhe (sBD-Ruhe) und unter Belastung (sBD-Belastung) bei Vorliegen ausgewählter familiärer Risikofaktoren nach Adjustierung verschiedener Kovariaten. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$ für signifikante Gruppenunterschiede. n.s.=nicht signifikant.

Gruppenvariable	sBD-Ruhe / sBD-Belastung (+ Mittlere Differenz mmHg)	
	adj. für Alter, Geschlecht, Größe	adj. für Alter, Geschlecht, Größe, BMI und Fitness
elterliches Übergewicht		
• mind. ein Elternteil vs. beide normalgewichtig	n.s. / +5,2**	n.s. / n.s.
• beide übergewichtig vs. beide normalgewichtig	+7,3* / +8,1**	n.s. / +5,3*
• mütterliches Übergewicht	+3,5** / +6,5**	n.s. / n.s.
• väterliches Übergewicht	n.s. / +4,4*	n.s. / n.s.
Sozialstatus		
• niedrig vs. hoch	+2,8* / +8,0***	n.s. / +5,2**
Passivrauchen		
• ja vs. nein	n.s. / +6,3**	n.s. / +4,0*
familiäre Anamnese (Eltern, Großeltern)		
• Übergewicht	+2,7* / +4,7*	n.s. / n.s.
• Hypertonie	+5,5*** / +6,0**	+4,4*** / +4,7**
elterliche Hypertonie		
• Mutter hypertensiv	+5,2** / +6,4*	+5,1** / +4,8*
• Vater hypertensiv	+4,9** / +5,4*	+5,6*** / +5,3*
• mind. ein Elternteil vs. beide normotensiv	+3,7** / +4,1*	+4,1** / +3,9*
• beide hypertensiv bzw. nur ein Elternteil hypertensiv vs. beide normotensiv	+17,1*** bzw. +15,0*** / +19,8*** bzw. +17,5**	+16,9*** bzw. +14,3*** / +17,8*** bzw. +15,6**
elterliches Sportverhalten		
• beide inaktiv vs. mindestens ein Elternteil aktiv	n.s. / +6,8**	n.s. / +4,9*
• beide inaktiv vs. ein Elternteil aktiv bzw. beide aktiv	n.s. / +6,5* bzw. +7,1**	n.s. / +5,4* bzw. +4,6*
Risikofaktoren-Cluster¹		
• 1 – 2 – 3 – 4 vs. kein RF		
Familiäre Risikofaktoren		
elterliches Übergewicht, familiäre Hypertonie, niedriger Sozialstatus, Rauchen		n.s. - n.s. - n.s. - +10,2*** / n.s. - +8,5* - +13,0** - +22,8***

¹adj. für Alter, Größe, Geschlecht

Nachdem die wichtigsten einflussnehmenden Variablen auf den Ruhe- und Belastungsblutdruck in ihren Zusammenhangsmaßen und ermittelten Blutdruckdifferenzen beschrieben worden sind, erfolgt eine zusammenfassende Darstellung verschiedener Modelle zur Erklärung und Vorhersage des systolischen Ruhe- und Belastungsblutdrucks. Der multiple Einfluss lebensstilassoziierter sowie familiärer Prädiktoren wird eingangs in den Abbildungen 52 und 53 grafisch verdeutlicht. Geht es darum, die Höhe des Ruhe- und Belastungsblutdrucks zu erklären und vorherzusagen, spielen klassische Lebensstilfaktoren eine nicht zu unterschätzende Rolle, und zwar maßgeblich für den systolischen Belastungsblutdruck (23,6% vs. 30,3%). Dieser wird im Wesentlichen durch die BMI-Perzentile erklärt, während sich der Ruheblutdruck am besten durch die Körpergröße vorhersagen lässt. Die Gesamtvarianz des Belastungsblutdrucks wird zu ca. einem Viertel (25,7%) durch familiäre Faktoren aufgeklärt; die Gesamtvarianz des Ruheblutdrucks geht dagegen zu 18,2% auf jene Faktoren zurück. Eine familiäre Anamnese für Hypertonie erweist sich in beiden Fällen als wichtigster Prädiktor. Lebensstilabhängige und familiäre Faktoren erklären dagegen zusammen 22,2% bzw. 33,9% der Varianz des Ruhe- bzw. Belastungsblutdrucks (Abbildung 54 und Abbildung 55). Die Körpergröße erwies sich für die Erklärung des Ruheblutdrucks als bedeutsamer Prädiktor, während der Belastungsblutdruck am besten durch das Lebensalter vorhergesagt werden kann. Unter dem multiplen Einfluss lebensstilabhängiger und familiärer Risikofaktoren machten das Alter sowie die Größe, BMI-Perzentile und familiäre Vorbelastung für Bluthochdruck den größten Anteil am Blutdruckniveau des Kindes aus. Die ausgewählten Prädiktoren ermöglichen eine signifikante Erklärung und Vorhersage von Ruhe- und Belastungsblutdruck. Zwischen den multiplen Modellen ließen sich Abweichungen hinsichtlich der Regressionsgewichte der einzelnen Prädiktoren beobachten. Demnach dürfte die vorangegangene Annahme als bestätigt angesehen werden. Aus den Modellen können die für die Vorhersage des Ruhe- und Belastungsblutdrucks wichtigsten Prädiktoren abgeleitet werden, anhand derer sich eine hohe Varianzaufklärung bei theoretischer Plausibilität herbeiführen lässt.

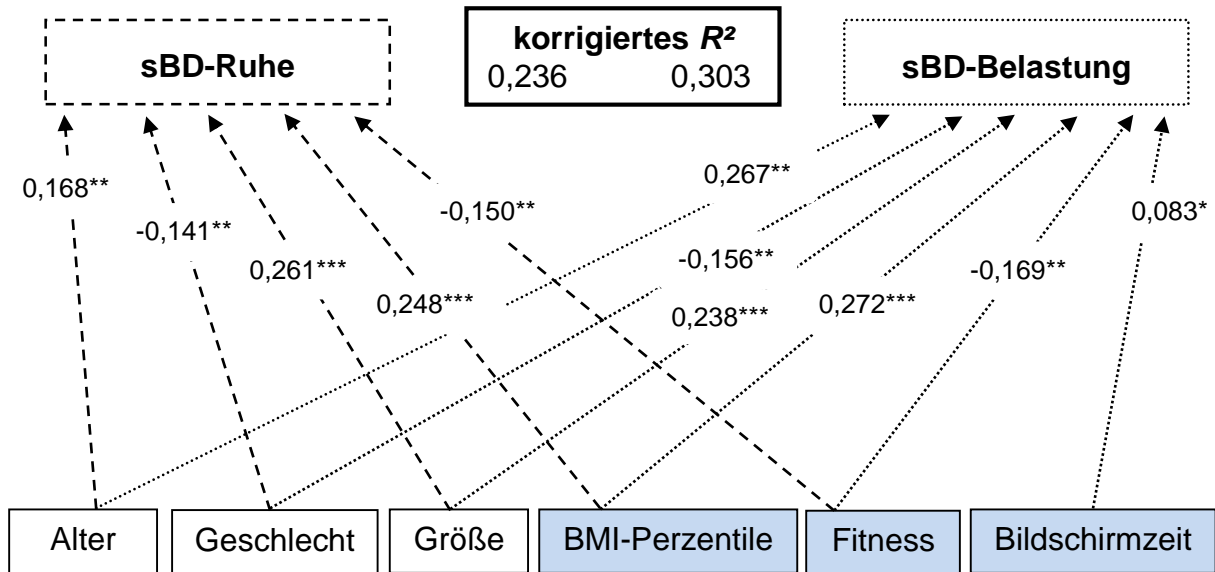


Abbildung 52. Modell zur Vorhersage des systolischen Blutdrucks in Ruhe (sBD-Ruhe) und unter Belastung (sBD-Belastung) durch den multiplen Einfluss von Alter, Geschlecht, Größe und lebensstilabhängigen Prädiktoren mit Angabe der Regressionsgewichte und Modellgüte (korr. R^2). * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$ für signifikanten Einfluss des Prädiktors im Modell.

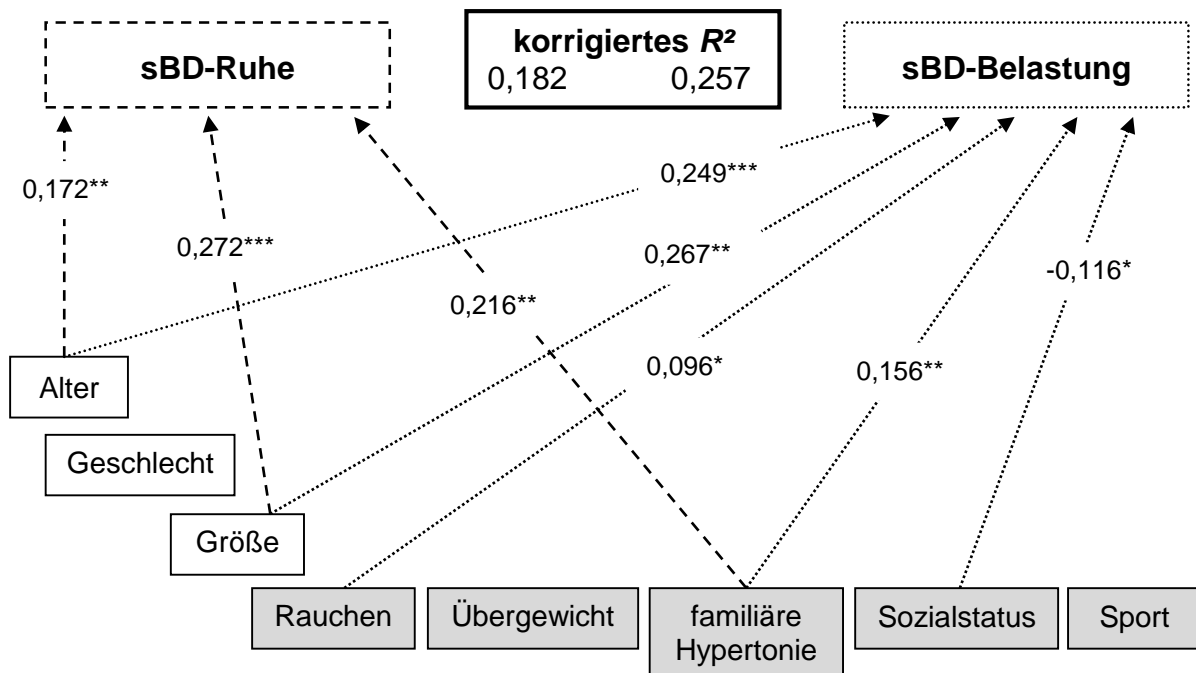


Abbildung 53. Modell zur Vorhersage des systolischen Blutdrucks in Ruhe (sBD-Ruhe) und unter Belastung (sBD-Belastung) durch den multiplen Einfluss von Alter, Geschlecht, Größe und familiären Prädiktoren mit Angabe der Regressionsgewichte und Modellgüte (korr. R^2). * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$ für signifikanten Einfluss des Prädiktors im Modell.

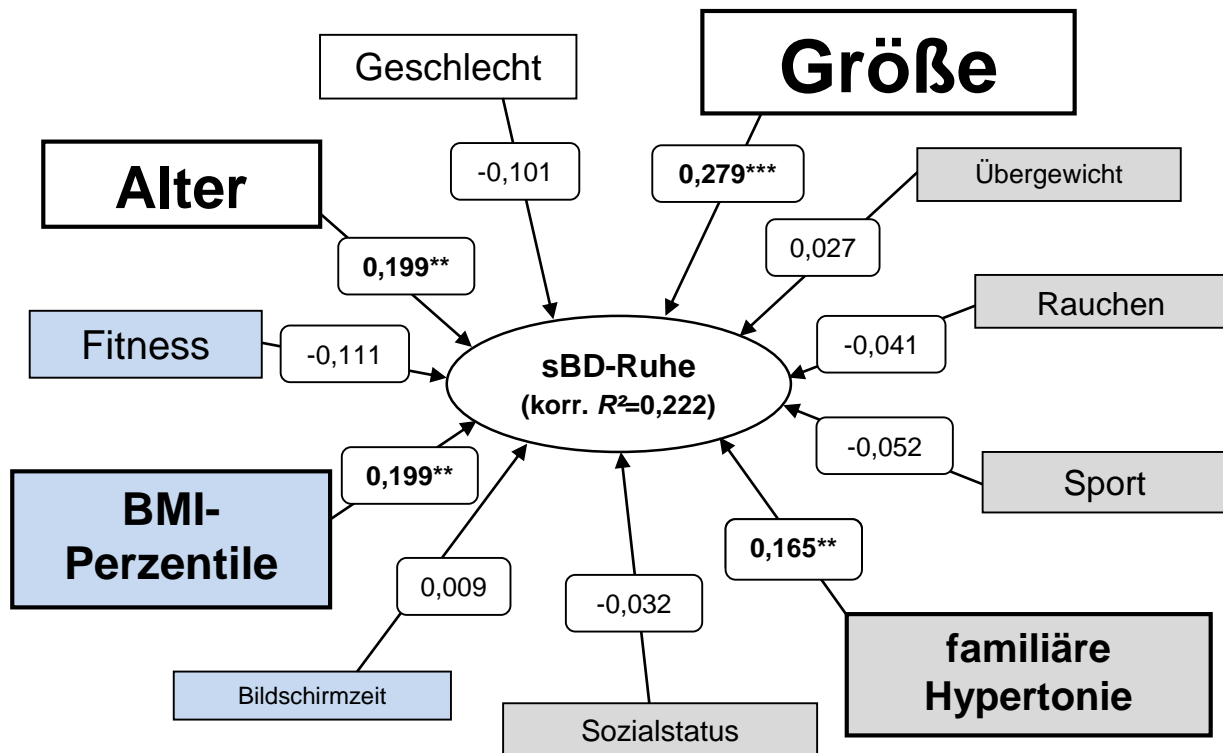


Abbildung 54. Multiples Modell für den systolischen Ruheblutdruck (sBD-Ruhe) mit Angabe der Regressionsgewichte und Anpassungsgüte (korr. R^2). * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$ für signifikanten Einfluss des Prädiktors im Modell.

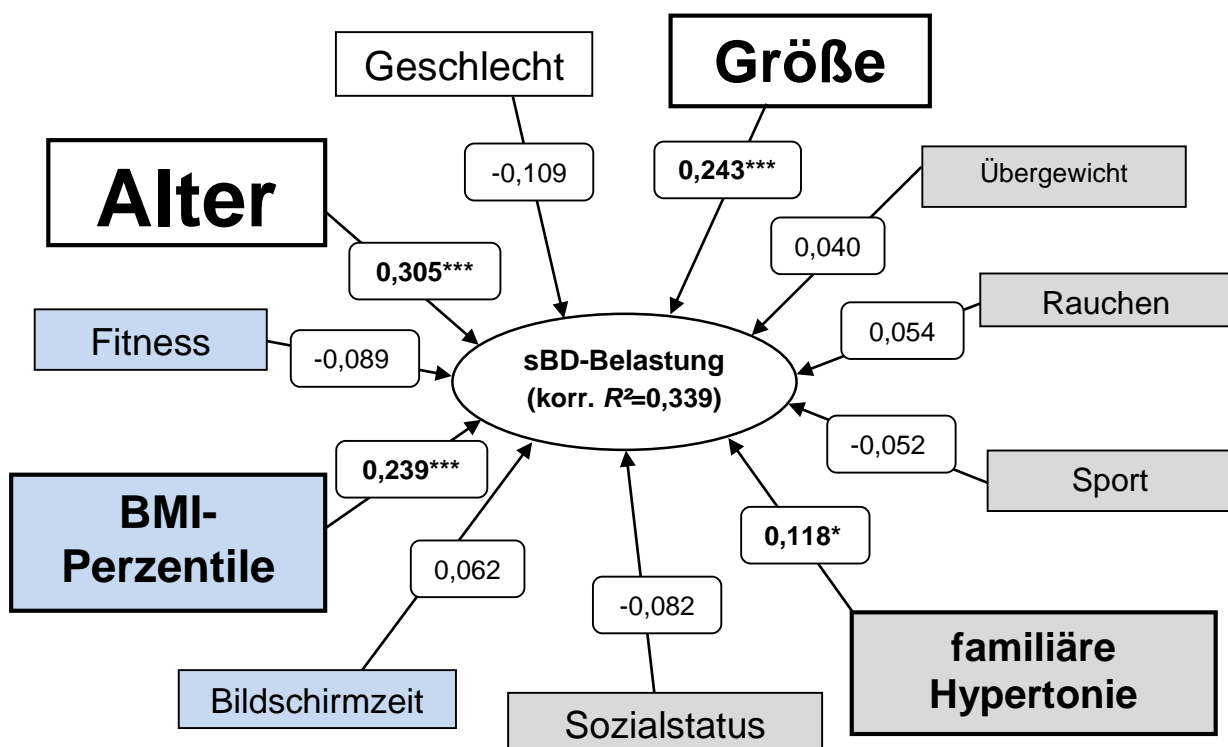


Abbildung 55. Multiples Modell für den systolischen Belastungsblutdruck (sBD-Belastung) mit Angabe der Regressionsgewichte und Anpassungsgüte (korr. R^2). * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$ für signifikanten Einfluss des Prädiktors im Modell.

9 Diskussion

Im Mittelpunkt des Kapitels steht eine sachlich-distanzierte Betrachtung und kritische Hinterfragung des eigenen methodischen Vorgehens unter Berücksichtigung der Ergebnisse und abgeleiteten Schlussfolgerungen. Dabei wird eine übergreifende Bewertung vorgenommen, indem die Ergebnisse in Bezug auf die eingangs dargestellten Theorien und Befunde diskutiert und ihre praktische Bedeutsamkeit für die allgemeine Forschungslage bestimmt werden. Methodische Schwächen und Stärken der Untersuchung im Hinblick auf die Erhebungsmethode, die Versuchsdurchführung und die Auswahl der Versuchspersonen werden dargelegt. Schließlich soll die Auseinandersetzung mit der eigens vorgenommenen Konzipierung und den dazu führenden Erkenntnissen der empirischen Untersuchung mögliche Perspektiven für nachfolgende Studien aufzeigen, die sich an der Schnittstelle zwischen sportwissenschaftlicher und hypertensiologischer Forschung im Kindes- und Jugendalter bewegen.

9.1 Methodenkritik

9.1.1 Stichprobe

Im Zentrum der Kieler Kinder EX.PRESS. Studie stand die Messung des Belastungsblutdrucks sowie dessen Zusammenhang mit weiteren Risikofaktoren. Die Rolle des Belastungsblutdrucks ist zumindest bei Kindern und Jugendlichen in der wissenschaftlichen Literatur nicht vollständig geklärt. Im Vergleich zum Ruheblutdruck existieren bislang nur wenige und teilweise weit zurückliegende Untersuchungen, in denen dem Blutdruckverhalten während körperlicher Belastung bei Kindern und Jugendlichen nachgegangen (u. a. Fixler et al., 1979; James, 1974; Nudel et al., 1980) und dabei noch zusätzlich dessen Assoziation zu weiteren kardiovaskulären Parametern untersucht wurde (Wanne & Haapoja, 1888; Møller et al., 2010; Ketelhut et al., 2011; Briedigkeit et al., 1979; Molineux & Steptoe, 1988; Lauer, 1991; Briedigkeit, 1993; Ketelhut et al., 2007). Eine eindeutige Bewertung dieser Studienergebnisse kann zudem nur schwer erfolgen, da den Studien unterschiedliche Altersbereiche und Kollektive (gesund oder bereits hypertensiv bzw. andere Erkrankungen) sowie Untersuchungsverfahren und Belastungsprogramme für die Ergometrie zugrunde liegen, was den Pool an aussagekräftigen Studien nicht nur

deutlich eingrenzt, sondern auch eine Vergleichbarkeit mit den Daten der vorliegenden Studie bei gesunden Heranwachsenden erschwert. Im Vergleich zu Erwachsenen (Franz, 1982) werden für das Kindes- und Jugendalter von keiner der nationalen und internationalen Fachgesellschaften entsprechende Empfehlungen zur Blutdruckmessung während Ergometrie ausgesprochen. Der Mangel an Untersuchungen wird nicht zuletzt dann deutlich, wenn die vorhandenen Studien mit Erwachsenen denen mit Kindern und Jugendlichen gegenübergestellt werden.

Soll die Stärke der Untersuchung daher allein anhand des Stichprobenumfangs beurteilt werden, hat die vorliegende Studie mit einem Datensatz von $n=492$ Blutdruckwerten unter Belastung, die entlang eines standardisierten ergometrischen Untersuchungsprogramms erhoben wurden, zumindest bundesweit ein Alleinstellungsmerkmal. Auch im internationalen Vergleich gehört die Untersuchung zu den umfangreichsten ihrer Art; eine vergleichbare Studie wurde von Wanne und Haapoja (1988) an $n=497$ gesunden finnischen Jungen ($n=260$) und Mädchen ($n=237$) im Alter von 9 bis 18 Jahren durchgeführt. Die wohl größte Untersuchung umfasst $n=803$ gesunde Heranwachsende der 3. und 9. Klasse, deren Belastungsblutdruck im Rahmen der European Youth Heart Study ermittelt wurde (Møller et al., 2010). In den übrigen Studien, wie beispielsweise von Wiewel et al. (1985) oder Briedigkeit et al. (1979), wurden deutlich kleinere Kollektive untersucht ($n=51$ bzw. $n=115$), die sich zum Teil auch nur auf ein Geschlecht oder ausschließlich auf hypertensive Probanden (Briedigkeit et al., 1979; Fixler et al., 1979; James, 1974; Nudel et al., 1980) bzw. Probanden im frühen und mittleren Kindesalter beziehen (Ketelhut et al., 2011). Unter Berücksichtigung dieser Punkte ist die Kieler Kinder EX.PRESS Studie genau genommen nur mit den beiden aus dem skandinavischen Raum stammenden Arbeiten vergleichbar.

Das Forschungsprojekt liefert erste Hinweise auf das Blutdruckverhalten unter körperlicher Belastung bei 12- bis 17-Jährigen. Zusammen mit den vorhandenen Daten zum Blutdruck unter Ruhebedingungen ($n=532$) bietet die Forschungsarbeit damit zweifelsfrei eine Grundlage für die zukünftige Forschung auf dem Gebiet der pädiatrischen Hypertensiologie. Die Qualität der Untersuchung zeichnet sich außerdem durch die Betrachtung weiterer relevanter kardiovaskulärer Risikofaktoren aus, die es schließlich möglich machen, das Blutdruckniveau auch unter Belastung aus unterschiedlichen Perspektiven zu betrachten.

In der kritischen Auseinandersetzung mit der untersuchten Stichprobe ist das ausgeglichene Geschlechterverhältnis ($n=271$ Jungen und $n=261$ Mädchen) als positiv zu bewerten, während der relativ breite Altersbereich zugleich Vor- und Nachteile mit sich bringt. Einerseits war mit der Alterseingrenzung das Ziel verbunden, eine möglichst große, im Vergleich zur Gesamtbevölkerung repräsentative Stichprobe verschiedener Altersgruppen und Schulformen zu erhalten. Auf diesem Wege können Blutdruckwerte in Subgruppen anschaulicher dargestellt und zugleich soziale Faktoren mitberücksichtigt werden. Der Vergleich mit ähnlichen Studien zum Blutdruckniveau von Heranwachsenden wie der KiGGS-Studie (Neuhauser et al., 2011) zeigt, dass der vorliegende Stichprobenumfang im Kontext einer Grenzwertstellung sicherlich vergrößert werden muss. In diesem Zusammenhang ist allerdings zu betonen, dass das Projekt im Hinblick auf die Werte zum Belastungsblutdruck weltweit eines der größten Datensätze für den Altersbereich von 12 bis 17 Jahren enthält. Ergänzend zu diesem Punkt ist ebenfalls zu erwähnen, dass im Vorfeld der Studie keine verbindlichen Angaben zum festgelegten Stichprobenumfang gemacht wurden, da es nicht das Ziel war hypothesenprüfende Untersuchungen mit vorgegebener Effektgröße durchzuführen (Bortz & Döring, 2006). Zudem ließen sich optimale Stichprobenumfänge praktisch nicht berechnen, da es hierfür an vorliegenden Effektgrößen anderer Untersuchungen fehlte.

In der Untersuchung blieb die Reifeentwicklung der Probanden unberücksichtigt. Es ist allenfalls anzunehmen, dass sich die 12- bis 17-Jährigen in dem für die Pubertät charakteristischen Reifungsprozess befanden, der mit der Veränderung vieler hormoneller und physiologischer Parameter (z. B. Wachstum, Laborwerte, Blutdruck) verbunden ist (Kahl et al., 2007; Neuhauser et al., 2011, Robert Koch-Institut, 2008). In Anlehnung an die Ergebnisse der KiGGS-Studie zur Reifeentwicklung bei 10- bis 17-Jährigen (Kahl et al., 2007) gründet diese Annahme lediglich auf dem biologischen Alter der Probanden. Präzise Aussagen zum Einfluss der Pubertät auf die erhobenen Variablen oder etwa spezifischen Besonderheiten bei früh- oder spätpubertierenden Teilnehmern lassen sich nicht treffen. Kenntnisse über den Reifestatus der Probanden (z. B. anhand der Reifemerkmale Regelblutung, Stimmbruch, Schambehaarung nach Tanner) liefern weitere Zusatzinformationen, die sich beispielsweise bei der Beurteilung des Blutdrucks als dienlich erwiesen hätten. Gleiches gilt für den Migrationshintergrund, zu dem keine spezifischen Hinweise

vorliegen, aber als ein wichtiger Einflussfaktor für verschiedene Parameter des Lebensstils wie Übergewicht (Kurth & Schaffrath Rosario, 2007), körperliche Aktivität (Lampert et al., 2007), körperliche Leistungsfähigkeit (Starker et al., 2007), Alkoholkonsum (Lampert & Thamm, 2007) oder die Nutzung elektronischer Medien (Schlicht & Brand, 2007) gilt.

Nicht zuletzt wurde von der Rekrutierung jüngerer Probanden wegen ihrer ausgeprägten Blutdruckvariabilität abgesehen. Da der Blutdruck bei Jugendlichen ein stärkeres Tracking zeigt, dürften risikobezogene Aussagen von höherer Relevanz sein (Rosner et al., 1977; Clarke et al., 1978). Den Befunden der Young Finns Study zufolge scheinen die im Übergang vom Jugend- ins Erwachsenenalter erhaltenen Messergebnisse für die gesundheitliche Perspektive zudem wichtiger zu sein, als jene aus dem frühen Kindesalter (Raitakari et al., 2003). Die Konzentration auf ein bestimmtes Alter bzw. einen kleineren Altersbereich hätte die Rekrutierung der Probanden ohnehin enorm erschwert, da hierfür zugleich mehrere Schulen hätten teilnehmen müssen, um einen ähnlich großen Datensatz zu erhalten. Möglicherweise wäre ein kleinerer Altersbereich für einige Schulen außerdem ein zusätzlicher Grund gewesen, der Teilnahme am Projekt nicht zu zustimmen – der Schule stand es somit frei zu entscheiden, welche Klassenstufen sich an der Untersuchung zeitlich beteiligen können. Nicht zuletzt wären mit dem Einbezug jüngerer Probanden möglicherweise Probleme aufgetreten, die Intention und das Ziel dieser Studie nachzuvollziehen. Insbesondere das Beantworten der Fragebögen hätte einen erhöhten personellen sowie zeitlichen Aufwand erforderlich gemacht, um wahrheitsgemäße Aussagen zu erhalten. Dieses Problem ließ sich zum Teil bereits im untersuchten Altersbereich beobachten.

Andererseits geht mit dem Altersbereich eine geringere und nicht identische Probandenzahl in den verschiedenen Altersstufen einher, obgleich sich diese im Verhältnis der Geschlechter nahezu kaum unterschied (Tabelle 2). Der Anteil der Heranwachsenden im Alter von 13 und 14 Jahren sowie 16 Jahren machte jeweils etwa ein Fünftel der Gesamtstichprobe aus. 12-jährige Probanden waren am wenigsten vertreten (8,4%). Bei den 14- und 16-Jährigen war der Unterschied in der Anzahl der Jungen und Mädchen am größten (14 Jahre: $n=62$ Jungen und $n=45$ Mädchen; 16 Jahre: $n=46$ Jungen und $n=62$ Mädchen). Unter Berücksichtigung der

Schulform traten ebenfalls deutliche Unterschiede zu Ungunsten der Regionalschüler ($n=100$) und zu Gunsten der Gesamtschüler ($n=198$) und Gymnasiasten ($n=234$) auf.

Auch wenn mit der vorliegenden Untersuchung keine Betrachtung der Ergebnisse im Schulvergleich verfolgt wird, bietet die entsprechend heterogene Stichprobe möglicherweise einzelne Anhaltspunkte auf Verhaltensweisen, z. B. Rauchen (Lampert & Thamm, 2007) und den sozialen Hintergrund der Probanden.

Ausgehend von einem Altersunterschied von bis zu fünf Jahren zeigen die Versuchspersonen den Beobachtungen anderer Studien zufolge nicht nur verschiedene Verhaltensmuster, wie etwa in der Häufigkeit der Ausübung körperlicher Aktivität (u. a. Malina, 1991; Lampert et al., 2007; Currie et al., 2012; Krug et al., 2012). Allein aus entwicklungsbedingten Gründen unterscheiden sich die Heranwachsenden zum Teil deutlich in ihrem Blutdruckniveau, was nicht zuletzt in Form hoher Blutdruckvarianzen zum Ausdruck kommt (Hofman, 1984; de Man et al., 1991; NHBPEP, 2004; Reinehr et al., 2005; Neuhauser et al., 2011). Für die Auswertung der Ergebnisse bedeutete dies zum einen, entsprechende Alterseinflüsse differenziert darzustellen und Effekte einzelner einflussnehmender Risikofaktoren zum anderen mittels Altersadjustierung (sowie Korrektur für Geschlecht und Körpergröße) zu verdeutlichen.

Ohne Frage würden größere Stichprobenumfänge in den Altersstufen den vorliegenden Ergebnissen deutlich mehr Aussagekraft verleihen und insgesamt mit einer Erhöhung der Teststärke einhergehen (Bortz & Schuster, 2010). Die Ausschöpfungsquote von 83% zeugt hierbei gleichermaßen von Stärke und Schwäche der Forschungsarbeit. Angesichts der organisatorischen Erfordernisse zur Realisierung der Untersuchung kann eine derartige Ausschöpfung als hoch bewertet werden; umgekehrt bedeutet dies aber auch, dass bei $n=112$ der befragten Eltern bzw. Kinder ein Einverständnis fehlte. Oftmals blieben explizite Ablehnungen unbegründet. Es kann daher nur vermutet werden, dass in diesen Fällen schlicht Skepsis etwa gegenüber der Anonymität der Daten, Unwissenheit oder gar Scham seitens der Eltern und/oder des Kindes ein Grund war. In der Mehrheit der Fälle wurden die Einwilligungserklärungen der Eltern jedoch vergessen; nur sehr selten standen gripitale Infekte oder Verletzungen einer Teilnahme im Wege. Probanden mit einer kardiovaskulären Erkrankung wurden bereits im Vorwege ausgeschlossen. Mit Sicherheit hätte eine zusätzliche Informationsveranstaltung für die betroffenen Eltern

zu Beginn der Studie der benannten Ausfallrate entgegenwirken können. In der Praxis war ein solches Vorgehen allerdings nicht umsetzbar, da der zeitliche und organisatorische Aufwand – den Schule, Eltern und Versuchsleiter einschließt – nochmals immens gestiegen wäre. Eine weitere Möglichkeit hätte darin bestanden, die Dauer der Datenerhebung (1 ½ Jahre) zu verlängern und so zusätzliche Schulen für die Projektteilnahme zu gewinnen. In diesem Zusammenhang sei allerdings erwähnt, dass die Untersuchungen wegen des hohen Zuspruchs aber auch aufgrund von Kommunikationsproblemen bereits länger als geplant stattfanden. Gegen eine weitere Verlängerung sprach letztlich neben der Notwendigkeit der Anwerbung weiterer Schulen und Probanden auch der begrenzte zeitliche Rahmen zur Durchführung des Projekts.

Grundsätzlich hat die Untersuchung angesichts ihres (querschnittlichen) Designs und der damit einhergehenden Vielzahl kausaler Erklärungsalternativen eine eingeschränkte interne Validität. Für die Studie wurden ausschließlich Kinder aus Kiel bzw. der Umgebung von Kiel untersucht. Der Einsatz einer Gelegenheitsstichprobe (Ad-hoc-Stichprobe) macht es gegenüber zufällig ausgewählten Stichproben schwierig allgemeingültige Aussagen zu treffen. Dies setzt eine global repräsentative Stichprobe voraus, die in ihrer Zusammensetzung den Merkmalen der Population möglichst stark ähnelt (Bortz & Döring, 2006; Bortz & Schuster, 2010). Die Untersuchung stellt den vorsichtigen Versuch einer Verallgemeinerung für Kinder im gewählten Altersbereich in Deutschland. Streng genommen sind die Ergebnisse jedoch nur bedingt generalisierbar und dürfen nicht etwa als repräsentativ ausgewiesen werden (eingeschränkte externe Validität).

Trotzdem lassen sich Tendenzen aufzeigen – insbesondere dann, wenn die Ergebnisse mit denen anderer Studien harmonieren (z. B. Korrelation zwischen Blutdruck und BMI). Um die Resultate für alle Kinder dieses Alters zu generalisieren, müssten zum einen weitaus mehr Probanden in einer zufälligen und unverzerrten Auswahl und zum anderen noch aus weiteren Regionen Deutschlands untersucht werden. Allerdings dienen die Ergebnisse dieser Arbeit gleichwohl als Orientierung für das kindliche Blutdruckprofil und dessen Assoziation zu weiteren gesundheitlichen Risikofaktoren. In diesem Zusammenhang sei ganz besonders auf den Belastungsblutdruck verwiesen, der zumindest deutschlandweit bislang wenig bis gar nicht untersucht wurde.

Ein charakteristisches Merkmal der gezogenen Stichprobe ist die durch den fehlenden Zufall nicht garantierte gleiche oder kontrollierbare Auswahlwahrscheinlichkeit für jeden Probanden (Bortz & Döring, 2006). Dies kam zum einen dadurch zustande, dass die zwar freiwillige Teilnahme der minderjährigen Probanden im Vorwege bereits an die Zusage der Schule und schließlich der Lehrer sowie Eltern gebunden war. Eine per Zufall gezogene Stichprobe war insofern nicht mehr gegeben. Die dadurch entstehende Inferenzpopulation ist demnach durch jene gesunde Probanden im Alter von 12 bis 17 Jahren definiert, die zum Zeitpunkt der Untersuchung eine Schule in Kiel besuchten, welche der Teilnahme am Projekt zustimmte und die durch die zuständigen Lehrkräfte und Eltern hätten erreicht werden können sowie sich schließlich zur Teilnahme an der Untersuchung bereit erklärten. Das Problem der Erreichbarkeit spielt dann eine Rolle, wenn es um den Grad ausfallbedingter Stichprobenverzerrungen geht. Eben jene schwer erreichbaren Probanden bzw. Eltern kommen beispielsweise auch häufiger aus niedrigeren sozialen Schichten und bringen damit wiederum bestimmte untersuchungsrelevante Merkmale, z. B. einen ungünstigen Lebensstil, mit (Bortz & Döring, 2006). Zum anderen wird auch eine freiwillige Untersuchungsteilnahme durch bestimmte (situative) Faktoren determiniert. Dies zeigt sich insbesondere daran, dass sich Verweigerer systematisch in den untersuchungsrelevanten Merkmalen von den teilnehmenden Probanden unterscheiden und daraus resultierende systemisch verzerrte Stichproben nur schwer zu vermeiden sind (Rosenthal & Rosnow, 1975; Effler & Böhmecke, 1977). Auch in dieser Untersuchung ist davon auszugehen, dass solche Determinanten die Freiwilligkeit beeinflusst haben. Erwähnenswert sind hierbei der soziale Status der befragten Eltern sowie die Bedeutung der Untersuchung für die eigene Person und das Kind. Obwohl die Bereitschaft zur Teilnahme umso höher ist, je bedeutender die Untersuchung eingeschätzt wird, könnte sich gerade dieser Fakt paradoxerweise auch ungünstig auf die Partizipation ausgewirkt haben. Zwar ist keiner der Probanden in seiner persönlichen Handlungsfreiheit eingeengt worden, jedoch liegt es nahe, dass sich etwa übergewichtige Kinder oder deren Eltern in ihrer Privats- bzw. Intimsphäre bzw. um die des Kindes verletzt sahen. Gleiches betrifft das eigene Wissen um ungünstige Verhaltensweisen (z. B. Rauchen oder ungesunde Ernährung) des Kindes bzw. der eigenen Person und die damit womöglich verbundene Befürchtung vor „öffentlicher“ Kritik oder gar forcierten Konfrontation mit dem eigenen Erziehungs- oder Lebensstil. In der Realität ist die an eine probalistische Stichprobe gestellte Forderung

nach gleichen oder wenigstens bekannten und kontrollierbaren Auswahlwahrscheinlichkeiten im Grunde nie vollständig zu erfüllen (Bortz & Döring, 2006).

9.1.2 Erhebungsmethode

Die Erfassung des BMI, Bauchumfangs und Blutdrucks entsprach soweit vorgegeben den nationalen bzw. internationalen Kriterien. Für die Bauchumfangsmessung existiert hinsichtlich der genauen Messstelle bislang kein Standardverfahren (Wang et al., 2003; Hitze et al., 2008). Deshalb orientierte sich die Methode dieser Untersuchung am Vorgehen der KiGGS-Studie (Kromeyer-Hauschild et al., 2011).

Aufgrund der Abhängigkeit des BMI von Alter und Geschlecht wurde die Definition von Übergewicht und Adipositas anhand der ermittelten BMI-Perzentile vorgenommen (Kromeyer-Hauschild et al., 2001). Das weitgehend körperhöhenbereinigte Gewicht kann auf diese Weise geschlechtsabhängig zur jeweiligen altersdifferenzierten Referenzpopulation in Beziehung gesetzt werden. Die Aussagekraft der BMI-Perzentile ist damit deutlich höher als die des errechneten BMI. Folglich fand die BMI-Perzentile Einzug in die inferenzstatistische Auswertung. Nicht selten wird in wissenschaftlichen Untersuchungen der sogenannte BMI-Standard Deviation Score (BMI-SDS_{LMS}) verwendet, wenn es darum geht, das Ausmaß der Adipositas besser zu quantifizieren oder den Verlauf und den Erfolg einer Therapie abzubilden. Mit Hilfe dieses dimensionslosen Scores ist eine Aussage darüber möglich, um ein Wievielfaches einer Standardabweichung ein bestimmter auf Alter und Geschlecht bezogener BMI ober- oder unterhalb des BMI-Medianwertes der Referenzgruppe liegt (Kromeyer-Hauschild et al., 2001, 2005). Indiziert ist der BMI-SDS_{LMS} insbesondere beim Vergleich extremer BMI-Werte (z. B. > 99,5. Perzentile) und um statistisch bedeutsame Veränderungen über die Zeit besser abbilden zu können als es über die Berechnung von Perzentilen möglich ist. Da solche Beurteilungen für die vorliegende Untersuchung unerheblich waren, ist von einer derartigen Berechnung der Werte abgesehen worden. Zumindest vor diesem Hintergrund waren die aus der BMI-Perzentile resultierenden Informationen ausreichend – obgleich mittels BMI-SDS_{LMS} weitere (interindividuell vergleichbare) Aussagen zur Abweichung des BMI-Wertes hätten getroffen werden können.

Die vom Robert Koch-Institut publizierten Referenzdaten ermöglichen die Einteilung der eigenen Messwerte in alters- und geschlechts- bzw. größenabhängigen Perzentilen der Referenzgruppe (Neuhauser et al., 2011). Daneben bieten sie zusätzlich die Möglichkeit, diese auf Basis der LMS-Methode nach Cole (Cole & Green, 1992) bzw. GAMLSS-Modelle (Rigby & Stasinopoulos, 2005) in standardnormalverteilte z-Scores zu transformieren, die im Vergleich zu den Originalwerten Alter und Geschlecht bzw. Größe berücksichtigen. Mithilfe dieser z-Scores ließen sich zudem genauere Perzentilberechnungen vornehmen. Die Nutzung dieser Werte für den Taillenumfang sowie Ruheblutdruck wäre eine weitere Möglichkeit gewesen, die entsprechenden Maße standardisiert in Relation zur Referenzpopulation zu beurteilen. Beide Parameter hätten auf diese Weise weitaus präziser bewertet werden können. Für den Zweck der vorliegenden Studie war die Nutzung der Perzentilbereiche (z. B. 50.-75. Perzentile) jedoch ausreichend. Ebenso ließen transformierte z-Werte eine bessere Charakterisierung der Stichprobe bzw. einzelner Messwerte hinsichtlich ihrer Abweichung vom Mittelwert der Stichprobe um einen bestimmten Betrag der Standardabweichung zu (Bortz & Schuster, 2010). Feinere Aussagen hinsichtlich einzelner Werte in Bezug auf ihre Lage in der Stichprobenverteilung oder aber eine Vergleichbarkeit unterschiedlich skalierten Messdaten wurden daher nicht vorgenommen.

Das Lebensalter der Probanden bezog sich auf die ganzzahlige (z. B. 12,0 Jahre) und nicht auf die exakte Altersangabe (z. B. 12,5 Jahre für einen Jungen, der 12 Jahre und 6 Monate jung ist). Beim Vergleich der individuellen Messwerte mit den KiGGS-Referenzwerten wurde der Empfehlung nach wie etwa in diesem Beispiel auf das Alter bei 12,5 Jahren zurückgegriffen (Neuhauser et al., 2011). Für die Anwendung der Perzentilkurven sollte dennoch eine möglichst exakte Alterszuordnung angestrebt werden.

Die Erfassung des Blutdrucks mittels auskultatorischen Messprinzips nach Riva-Rocci und Korotkoff stellt auch bei Kindern und Jugendlichen die Methode der Wahl dar (NHBPEP, 2004; Lurbe et al., 2009). Da die Entscheidung für eine jede Messmethode mit Vor- und Nachteilen verbunden und an die jeweiligen Untersuchungsbedingungen anzupassen ist, kam eine oszillometrische (halb-) automatische Messung nicht in Frage (DHL, 2005). Elektronische Messgeräte bringen zwar eine hohe Benutzerfreundlichkeit und Unabhängigkeit vom Messenden (Butani

& Morgenstern, 2003), aber auch stets die Anforderung mit sich, technisch korrekt zu funktionieren. Ein möglicher Defekt hätte den an sich schon engen Zeitplan der Untersuchungen enorm gestört. Die Gefahr von Untersucherbias bestand ohnehin nicht, da der Blutdruck stets von derselben Person ermittelt wurde. Ein wesentlicher Punkt, der für die oszillometrische Bestimmung des Blutdrucks sprechen würde, besteht in der identischen Messmethode, die auch bei der Erstellung der Referenzperzentilen in der KiGGS-Studie zur Anwendung kam. Streng genommen dürften die in dieser Untersuchung auskultatorisch erfassten Blutdruckwerte nicht ohne weiteres in die oszillometrisch gemessenen Referenzwerte eingeordnet werden (NHBPEP, 2004). Diesem Kritikpunkt kann an Stärke genommen werden, da das primäre Ziel dieser Forschungsarbeit nicht darin bestand, hoch normale und erhöhte Blutdruckwerte zu identifizieren. Dennoch hat er Bestand, da die ermittelten Perzentilen für den Belastungsblutdruck auf der Einordnung der Ruhewerte in die KiGGS-Referenzdaten basieren.

Die in der Planungsphase aufkommende Frage nach der Wahl der Messmethode ist schließlich mit der höheren Genauigkeit und Reproduzierbarkeit der Messung mittels Auskultation (Lurbe et al., 1999; Deutsche Liga zur Bekämpfung des hohen Blutdrucks, 1994; 1997; Li et al., 2004; NHBPEP, 2004), aber insbesondere im Hinblick auf eine fehlerfreie Blutdruckmessung während Belastung (DGSP, 2002) beantwortet worden. Zumal sich Ruhe- und Belastungsblutdruck somit nicht in ihrer Messtechnik unterscheiden. Dasselbe gilt auch für die ausnahmslose Heranziehung der Korotkoff-Phase V als auskultatorisches Kriterium für den diastolischen Ruhe- und Belastungsblutdruck. Abgesehen vom geringeren Problem des Messenden bei der Wahl des „richtigen“ Kriteriums hat sich die Phase des kompletten Verschwindens der Korotkoff-Töne als Maß für den diastolischen Blutdruckwert nunmehr etabliert (NHBPEP, 2004). Da dessen Erfassung erwartungsgemäß problematisch war (Hebestreit et al., 1997; Löllgen et al., 2010; Hebestreit, 2010), spielen diese in der Ergebnisdarstellung eine untergeordnete Rolle. In diesem Zusammenhang ist die oszillometrische Bestimmung der Messung mittels Auskultation zweifelsfrei überlegen, da der diastolische Blutdruck weitaus genauer und weniger fehleranfällig ermittelt wird. Als bezugnehmender Messwert diene in dieser Untersuchung ausschließlich der niedrigste Blutdruckwert aller drei Messungen. Für die Diagnose der Hypertonie sehen die Empfehlungen wiederholt bestätigte erhöhte Messwerte vor (Lurbe et al., 2009;

NHBPEP, 2004; Hager et al., 2013). Auf die Bildung des Mittelwertes, wie in der KiGGS-Studie vorgenommen, wurde verzichtet, da der mittlere Blutdruck für die Untersuchung nicht unbedingt von Vorteil war. So stand nicht die Diagnose einer Hypertonie im Zentrum der Studie, sondern vielmehr die Ermittlung eines basalen Ruheblutdrucks, der per se nur durch den niedrigsten Messwert abgebildet werden konnte. Unter den Messbedingungen dieser Studie würde die Bildung des Mittelwertes weitaus höhere Ruheblutdruckwerte nach sich ziehen und war unter diesem Aspekt nicht zielführend. Dennoch dürften mit der Heranziehung des Mittelwertes in einem Vergleich mit dem in dieser Untersuchung verwendeten geringsten Blutdruckwert diskussionswürdige Informationen verbunden sein. Für eine ernsthafte Hypertoniediagnose ist der einmalige Messwert zweifelsfrei ungenügend. Angesichts des Regression-to-the-Mean-Phänomens und der üblicherweise eintretenden Gewöhnungseffekte ist nur mit der langfristigen Betrachtung des mittleren Blutdruckniveaus eine genaue Charakterisierung des wahren Blutdruckprofils und eine sichere Diagnose möglich (NHBPEP, 2004).

Eine weitere Diskussionsgrundlage bietet die willkürliche Festlegung des Grenzwertes für die Bestimmung des Belastungsblutdrucks bei 1,5 Watt/kg Körpergewicht. Aus leistungsphysiologischer Sicht wäre eine Ausbelastung mit Blutdruckmessung bei einem bestimmten Prozentsatz der maximalen Leistung zweifelsfrei von Interesse gewesen. Maximalbelastungen würden den Einsatz der Belastungsblutdruckmessung in der Praxis allerdings nicht nur wesentlich erschweren, sondern hätten sich auch in dieser Untersuchung als kontraproduktiv herausgestellt. Der hierfür erforderliche zeitliche Umfang stand nicht zur Verfügung; zudem wäre die Bereitschaft zur Teilnahme unter dem Aspekt der Ausbelastung vermutlich um einiges geringer gewesen. Gegen die Durchführung von Maximalbelastungen spricht neben der klinischen Praxis auch die Datenlage bei Erwachsenen: Selbst bei sehr grober Festlegung der Belastung (100 Watt) lassen sich hier deutlich bessere Prognosedaten finden als für den Gelegenheitsblutdruck (u. a. Filipovski et al., 1992; Mundal et al., 1994). Das in dieser Arbeit gewählte Vorgehen ist damit sogar noch weitaus individueller als die gängige Praxis bei Erwachsenen. Die Wahl der Belastung bei 1,5 Watt/kg Körpergewicht erscheint zudem aus Sicht der Untersuchung von Mocellin und Rutenfranz (1980) gerechtfertigt. Sie zeigten, dass sich der Blutdruck oberhalb einer Belastung von 1 Watt/kg Körpergewicht nicht mehr wesentlich durch den Einfluss

psychischer Komponenten verändern lässt. Die Tatsache, dass fast ein Fünftel (18,5%) der untersuchten Probanden bereits die nächst höhere Belastung von 2,0 Watt/kg Körpergewicht nicht mehr erreichten, was im Mittel einer Belastung von $115,9 \pm 19,7$ Watt entsprach, rechtfertigt auch im Nachhinein die Entscheidung, den Belastungsblutdruck bei 1,5 Watt/kg Körpergewicht nach einer Belastungszeit von 6 Minuten heranzuziehen.

Abgesehen von der Praktikabilität und Unabhängigkeit von der Motivation und Tagesform der Probanden wird mit der Messung des Belastungsblutdrucks das Ziel verfolgt, auch unter alltäglich auftretenden Belastungsintensitäten eine Gefährdung durch überschießende Blutdruckantworten zu erkennen (Krönig, 1981; Franz, 1979). Eine Belastung von 1,5 Watt/kg Körpergewicht nach einer Belastungszeit von 6 Minuten entsprach hierbei einer mittleren Belastungsintensität von $86,7 \pm 14,3$ Watt und orientierte sich damit an dem für Erwachsene akzeptierten submaximalen Belastungsbereich zwischen 50 und 100 Watt (Franz, 1982). In einer vergleichbaren Studie zum Belastungsblutdruck von Kindern (6 Jahre) wurde ebenfalls der Blutdruck unter Belastung bei einer Wattzahl > 1 Watt/kg Körpergewicht erfasst bzw. daraus ein Grenzwert bei 50 Watt ermittelt (Ketelhut et al., 2011). Wiewel und Kollegen (1985) formulierten Grenzwerte bei 100 Watt Belastung bzw. 1 Watt/kg Körpergewicht. Durch welche Belastungsstufe bzw. -zeit sich der Belastungsblutdruck bei submaximaler Belastung am besten abbilden lässt, ist allgemein unklar. Auch unter diesem Aspekt ist nachzuvollziehen, warum es bislang keine einheitlich standardisierten Grenzwerte für den Belastungsblutdruck bei Kindern und Jugendlichen gibt. Vielmehr richtet sich das Vorgehen nach dem gewählten Belastungsprogramm, welches sich in diesem Fall an der Empfehlung für die Pädiatrie orientierte (Löllgen, 2005). Das Problem der gewichtsbezogenen Belastung bei Übergewichtigen ist hierbei berücksichtigt worden, indem das Untersuchungsschema für diese Probanden entlang ihres geschlechts- und altersabhängigen Normalgewichts entsprechend der 50. Perzentile gewählt wurde. Damit lag den Untersuchungen ein Vorgehen zugrunde, welches nicht nur standardisiert und theoriekonform, sondern dabei noch deutlich individueller war als die gängige Praxis bei Erwachsenen.

Das Blutdruckverhalten in der Erholungsphase war im Rahmen dieser Untersuchung nicht von Interesse. Im Gegensatz zum Erwachsenenalter sind in der Literatur keinerlei Hinweise auf die Relevanz dieses Parameters bei Heranwachsenden vorhanden.

Die Messung des Blutdrucks erfolgte im Rahmen eines submaximalen Testverfahrens zur Bestimmung der aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit mittels PWC170. Von einer Ausbelastung ist aus den bereits genannten Gründen abgesehen worden. Die Vorteile der ergometrischen Methode gegenüber einer Testung im Feld (z. B. 6-Minuten-Lauf) bestanden hierbei eindeutig in der zeitgleich möglichen Blutdruckmessung und erhöhten Standardisierung der Testbedingungen. Außerdem ließen es Platz- und Zeitgründe sowie der nötige Personalaufwand nicht zu, derartige Testverfahren durchzuführen. Nicht in jeder Schule stand eine Sporthalle als Untersuchungsort zur Verfügung; vereinzelt fand der Fitnesstest im Klassenraum statt. Für eine korrekte Durchführung waren stets zwei Personen ausreichend.

Für die Messung der Herzfrequenz war eine telemetrisch überwachte Methode in Form von Brustgurt und Pulsuhr genügend (Hebestreit et al., 1997). Hinsichtlich der Anfangslast und Höhe der Steigerung gelten keine allgemeingültigen Richtlinien; dem Belastungsprogramm dieser Untersuchungen liegen die Empfehlungen für fahrradergometrische Untersuchungen in der Pädiatrie zugrunde (Löllgen, 2005; Hebestreit et al., 1997). Dabei war es das Ziel, die Untersuchung nach einem standardisierten Schema unter Berücksichtigung der hohen Variabilität von etwa Körpergewicht und Leistungsvermögen durchzuführen (Lawrenz & Hebestreit, 2002). Aus diesem Grund kam ein weniger individuelles Vorgehen über feste Eingangs- und Steigerungsstufen (z. B. 25 Watt) – ähnlich dem bei Erwachsenen – nicht in Frage. Bei einem derartigen Belastungsprogramm dürfte eine Vielzahl der Probanden in ihrer Leistungsfähigkeit unter- bzw. überfordert werden. Der bei der Orientierung am Körpergewicht für übergewichtige Kinder auftretende Nachteil wurde in dieser Untersuchung ausgeglichen, indem die gewichtsbezogene relative Belastbarkeit anhand des alters- und geschlechtsspezifischen Normalgewichts ermittelt wurde (Briedigkeit, 1981; Lawrenz & Hebestreit, 2002). Für ergometrische Untersuchungen ist eine Gesamtdauer von bis zu 12 Minuten anzustreben (Hebestreit et al., 1997). Nicht bei allen Probanden gelang es, den zeitlichen Umfang einzuhalten, da diese den Test offensichtlich in Bezug auf ihre körperliche Leistungsfähigkeit mit einer zu geringen Eingangsstufe begannen. Rechnerisch traf das auf all diejenigen Mädchen und Jungen zu, die eine relative Leistung von mehr als 2,5 Watt/kg Körpergewicht erreichten (15,9%) und somit bereits eine mindestens „durchschnittliche“ (Mädchen) bzw. „gute“ (Jungen) Fitness attestiert bekamen. Da den ergometrischen

Untersuchungen jedoch ein standardisiertes Belastungsprogramm zugrunde liegen sollte (Lawrenz & Hebestreit, 2002), stellten abweichende Anfangslasten bzw. Laststufen keine Option dar. Denkbar wäre die Dauer der Belastungsstufen von drei Minuten auf zwei Minuten zu kürzen. Unter diesen Umständen dürfte allerdings mit einem höheren Anteil an Teilnehmern zu rechnen sein, bei denen sich kein Steady State der Herzfrequenz einstellt.

Die PWC170 kann als ein objektives und weitgehend reliables Messverfahren angesehen werden, anhand derer eine submaximale Leistungsbeurteilung hingegen nicht unbedingt valide erfolgt (Hollmann et al., 2006; Lee et al., 2010; Nowacki & Schäfer, 1984). Bei der Durchführung des PWC-Tests bei Kindern und Jugendlichen wird davon ausgegangen, dass wie bei Erwachsenen die Herzfrequenz linear mit der Leistung ansteigt und sie unabhängig von Alter, Geschlecht und Trainingszustand maximal bei etwa 195-200 Schlägen pro Minute liegt. Dies trifft im Einzelfall allerdings nur selten zu. Angesichts der hohen Variabilität der submaximalen und maximalen Herzfrequenz bei gegebener Belastung kann nicht ausgeschlossen werden, dass sich einige Probanden bereits am Rande ihrer maximalen Leistung befanden, als sie den Test bei Überschreiten der Herzfrequenz von 170 Schlägen pro Minute beendeten. Für jene Personen stellte die PWC170 kein geeignetes Testverfahren dar, um die submaximale Leistungsfähigkeit zu ermitteln. Im umgekehrten Fall neigte das Verfahren bei Probanden mit hoher maximaler Herzfrequenz zu einer Unterschätzung der Leistung. In diesen Fällen wird die Leistung eher überschätzt und macht einen interindividuellen Vergleich schwierig (Hebestreit, 2010; Hollmann et al., 2006). Auch wenn in der Mehrheit der Fälle eine geringe Leistungsfähigkeit bei gesteigerter Frequenzreaktion unter Belastung unterstellt werden kann, so trifft dies in Anbetracht der erheblichen interindividuellen Schwankungsbreite dieses Parameters in Einzelfällen nicht zu (Roecker et al., 2002; Tanaka, Mohanan & Seals, 2001). Auch in dieser Studie können etwa „hochpulsende“ Heranwachsende, die bereits frühzeitig die Zielherzfrequenz überschritten, nicht zuverlässig von denjenigen unterschieden werden, bei denen alleinig ein niedriger Fitnesszustand ursächlich für den Abbruch des Tests war. In diesen Fällen ist von einer Unterschätzung des tatsächlich vorliegenden Leistungszustands auszugehen. Die Bestimmung der VO_{2max} kam aufgrund von ökonomischen Aspekten sowie aus Gründen der Praktikabilität und Stichprobengröße nicht in Frage. Die Ergebnisse in der relativen

Ausdauerleistungsfähigkeit wurden geschlechtsabhängig und unberücksichtigt vom Alter der Probanden nach akzeptierten Normwerten beurteilt (Klemt, 1988; Gassel, 2010). Diese dienen primär zur Orientierung und als Möglichkeit, die relative Leistungsfähigkeit differenziert anstatt einzig anhand eines Referenzwertes zu bewerten. Eine Abhängigkeit vom Alter wird in der Literatur kontrovers diskutiert (Mocellin & Gildein, 1997; Klemt, 1988; Rost, 1998; Mocellin & Rutenfranz, 1970; Bös et al., 2009). Anzumerken ist, dass mit der gewichtsbezogenen Belastung und Einschätzung per se eine gewisse Berücksichtigung des Alters hinsichtlich der Leistungsfähigkeit vorgenommen wird. Abschließend ist zu erwähnen, dass die PWC170 als sportmedizinisches Testverfahren zur Beurteilung der aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit lediglich eine Komponente der körperlichen Fitness abbildet und als dieses allein nicht ausreicht, um ein reelles Abbild des Fitnesszustands der Probanden abschließend darzustellen (Schmid et al., 2007). Trotz der erwähnten Schwächen diene die PWC170 als kostengünstiges und praxisnahes Verfahren, um die Fitnessleistung der Heranwachsenden zumindest bei der Mehrzahl der Fälle angemessen einzuschätzen (Lee et al., 2010).

Um Informationen zur körperlichen Aktivität sowie zum Tabak- und Alkoholkonsum der Probanden zu erhalten, erhielten die Teilnehmer einen Fragebogen. Trotz der Vielfalt an Möglichkeiten, etwa zur Erfassung der körperlichen Aktivität (vgl. Kapitel 5.2), fiel die Entscheidung für eine schriftliche Befragung aus folgenden Gründen: Da die Untersuchung bei einer großen Stichprobe erfolgen sowie möglichst kostengünstig und wenig zeit- sowie materialintensiv sein sollte, war von den Referenzmethoden abzusehen. Das Durchführen der Studie mit Hilfe einer Goldstandard-Methode wie beispielsweise der indirekten Kalorimetrie war allein des komplexen Versuchsaufbaus wegen und der damit verbundenen problematischen Probandenakquisition nahezu unmöglich. Dessen ungeachtet, erschien die Anwendung bei Heranwachsenden angesichts der notwendigen Compliance ungeeignet (Beneke & Leithäuser, 2008). Auch Interviews oder Beobachtungen kamen aus den untersuchungsrelevanten Gründen nicht in Frage. Abgesehen davon bestand das Ziel darin, möglichst umfangreiche Aussagen zum Aktivitätsprofil- und Verhalten treffen zu können. Dabei konnte auf eine subjektive Erhebungsmethode wie in Form eines Fragebogens nicht verzichtet werden. Dieser lieferte unter natürlichen Bedingungen, ohne hohen finanziellen Aufwand und mit wenig Untersuchungsequipment vielseitige

Informationen. Als besonders vorteilhaft erwies sich die Möglichkeit, mehrere Probanden simultan (im Klassenverband) in einer für alle Beteiligten einheitlichen Situation zu befragen (Bortz & Döring, 2005). Zudem konnten für die Untersuchung bereits entwickelte und zum Teil geprüfte Fragebögen eingesetzt werden, was die Konstruktion eines eigenen Fragebogens überflüssig machte. Trotzdem sind die Resultate der vergangenen Fragebogenanwendungen nicht unkritisch zu übertragen (vgl. Kapitel 7.4.5), weshalb an dieser Stelle einige Stärken und Schwächen der eingesetzten Methoden diskutiert werden. Diese betreffen vorrangig die für Fragebogenuntersuchungen charakteristischen Probleme.

Der „MoMo-AFB“ ließ durch die geschlossene Frageformulierung zunächst eine objektive Auswertung der Fragen zu. Die sprachliche Gestaltung der Fragen war für die untersuchten Heranwachsenden ebenfalls angemessen. Fragen zum Tabak- und Alkoholkonsum sahen zwar weitgehend überschneidungsfreie Antwortkategorien vor, dennoch wirkte sich der Kontext der Frage vermutlich maßgeblich auf ihre Beantwortung aus: Obwohl allen Teilnehmern ausdrücklich die Anonymität der Daten und Verschwiegenheitspflicht zugesichert wurde, ist davon auszugehen, dass die Angabe zum Genussmittelkonsum aus Verlegenheit, Scham oder Furcht vor der Kenntnisnahme der Eltern nicht immer der Wahrheit entsprach. Die Zuverlässigkeit derartiger Eigenangaben ist angesichts der sozialen Erwünschtheit und bewussten Verfälschung kritisch zu hinterfragen (Caraballo et al., 2003). Diese Beeinträchtigungen lassen sich faktisch auf alle Fragen zur Aktivität übertragen, da das Wissen um die positiven Effekte körperlicher Aktivität im Sinne der Selbstdarstellung und Fremdtäuschung die Ergebnisse des Fragebogens verzerren könnte. Auch eine Überschätzung des Aktivitätsumfangs ist in Betracht zu ziehen, was womöglich als wichtigster Schwachpunkt für die eingeschränkte Aussagekraft subjektiver Erhebungsmethoden kennzeichnend ist (Kahlert & Brand, 2011; Bortz & Döring, 2006). Die Fragen zur allgemeinen körperlich-sportlichen Aktivität („An wie vielen der letzten sieben Tage warst du für mindestens 60 min am Tag körperlich aktiv?“ und „An wie vielen der letzten sieben Tage warst du für mindestens 60 min am Tag körperlich aktiv?“) setzten ein gutes Erinnerungsvermögen der Befragten voraus. Es ist anzunehmen, dass besonders die jüngeren Probanden Probleme mit der Beantwortung dieser beiden Fragen hatten. Die Angemessenheit den Fragebogen mit diesen zwei Einzelitems zu eröffnen, ist ebenfalls fragwürdig. Aus Sicht vieler

Probanden waren Einleitung und Fragen nicht eindeutig formuliert und schwer verständlich, sodass bereits zu Beginn eine Hilfestellung nötig war. Der MVPA-Index ging als Aggregatwert beider Items in die Analyse ein; seine Aussagekraft ist dennoch eingeschränkt, wenn z. B. wegen Krankheit in der besagten vergangenen Woche keine zuverlässige Angabe zur Aktivität möglich war. Die Reliabilität und Validität des MVPA-Index bleiben trotz der signifikanten Ergebnisse, die in vergangenen Studien erzielt wurden (Roberts et al., 2004; Prochaska et al., 2001; Kahlert & Brand, 2011), nicht völlig unangezweifelt. Allein aufgrund der Tatsache, dass es sich bei dieser und nahezu allen weiteren aktivitätsrelevanten Variablen um instabile bzw. zeitabhängige Merkmale handelt, stellt die Prüfung auf Reliabilität durch die Testwiederholungsmethode kein besonders geeignetes Verfahren dar (Bortz & Döring, 2006). Für die vorliegende Untersuchung erreicht der MVPA-Index mit der eigenen Berechnung der internen Konsistenz von Cronbachs $\alpha=0,87$ dagegen eine hohe Zuverlässigkeit (Cronbach, 1951).

Weitere Schwierigkeiten betrafen die Fragestellungen zur Teilnahme am Vereins- und Freizeitsport im „MoMo-AFB“. Während im Kontext der sportlichen Vereinsaktivität nach der ausgeübten Häufigkeit pro Woche und der Dauer einer Trainingseinheit gefragt wird, bezieht sich die Frage zur Freizeitaktivität auf die Häufigkeit und der gesamten Dauer pro Woche. Vielen Probanden fiel dieser Unterschied nicht auf, weshalb bei offensichtlich missverständlichen Antworten erneut nachgefragt werden musste. Für die statistische Analyse dieser Untersuchung wurde schließlich eine in Minuten angezeigte monatliche bzw. wöchentliche sportliche Aktivität im bzw. außerhalb des Vereins errechnet, die addiert mit der schulischen Aktivität die Gesamtaktivitätszeit bildete. Auf diese Weise ließen sich Zusammenhänge und Vergleiche mit weiteren Variablen durchführen. Es bleibt jedoch unklar, ob nach diesem Vorgehen ermittelte Bewegungszeiten ausreichend inhaltssvalide Aussagen zulassen, da auch Alltagsaktivitäten (z. B. der Weg zur Schule, Haus- und Gartenarbeiten, Bildschirmzeit) das Aktivitätsprofil wesentlich mitbestimmen (Caspersen et al., 1985).

Für eine genaue Einordnung der Ergebnisse zur Bildschirmzeit in den wissenschaftlichen Forschungsstand wäre eine Unterscheidung zwischen der Nutzung von Fernseher, Computer und Videospiele sinnvoller gewesen, obgleich der überwiegende Teil der Studien einen Zusammenhang zwischen der Fernsehzeit bzw.

Bildschirmzeit als Ganzes und dem Blutdruck untersuchte (vgl. Kapitel 5.2.3). Möglicherweise hätten sich zusätzliche Informationen ergeben, wenn zwischen der Dauer innerhalb einer Woche und am Wochenende differenziert würde. Nach Hardy et al. (2012) sind anhand der durch Fragebögen ermittelten Bildschirmzeiten nur wenig valide Aussagen verbunden. Insbesondere jüngeren Kindern würde es schwer fallen, sich an Aktivitäten zu erinnern, auf die nicht explizit die Aufmerksamkeit gelenkt wurde. Bei der Selbsteinschätzung der Probanden ist davon auszugehen, dass das tatsächliche Ausmaß hinsichtlich der Bildschirmzeit unterschätzt wird. Wie stark sich die Antwort letztendlich von der Wirklichkeit unterscheidet, bleibt spekulativ. Offensichtlich gehört der Einsatz eines Fragebogens auch hierfür nicht zu den Methoden der Wahl. Objektive Erhebungsmethoden wie etwa eine direkte Beobachtung erfassen die reale Medienzeit eher, sind aber weitaus aufwendiger. Effektivität und Validität sind diesbezüglich offenbar kaum miteinander zu vereinbaren.

Die schriftliche Befragung der Eltern ähnelte der einer postalischen Befragung und ging daher mit vergleichbaren Problemen einher. Zum einen war es nicht möglich, den Eltern klare Instruktionen vor Beantwortung der Fragen zu vermitteln, um möglichst reliable und valide Antworten zu erhalten. Zum anderen waren fehlende oder gar (absichtlich) verfälschte Antworten trotz der Zusicherung der Anonymität nicht zu vermeiden. Insbesondere wenn es darum ging, Angaben zum Körpergewicht, Berufsstatus oder zur Schulbildung zu machen, setzte das Problem der Informationskontrolle und bewussten Antwortverzerrung ein. Das Beantworten der Fragen implizierte zugleich eine Selbstkonfrontation mit dem eigenen Gesundheitszustand oder den Verhaltensweisen. Die Selbstauskunft zum Körpergewicht dürfte in vielen Fällen zudem ein Schätzwert sein und stellt daher sicherlich zumeist keine präzise Aussage dar. Offensichtliche Schätzungen traten gleichfalls auf, wenn Alleinerziehende Angaben zum anderen leiblichen Elternteil machten.

Der soziale Status der Probanden ist in dieser Untersuchung in Anlehnung an vergleichbare Studien (u. a. Danielzik et al., 2004) anhand des höchsten Schulabschlusses der Eltern in „niedrig“ und „hoch“ definiert worden. Auf die Einteilung der Variable in drei Statuskategorien (hoch/mittel/niedrig) wurde verzichtet, da sie so als dichotome Prädiktorvariable (Dummy-Variable) in die Regressionsanalyse aufgenommen werden konnte. Für ein reelles Abbild ist der Schulabschluss als

alleiniger Indikator unzureichend. Hierfür wären u. a. Informationen zur Einkommenssituation der Familie bedeutsam gewesen (Mielck, 2000). Auf diese Frage wurde dennoch verzichtet, da hierbei von einer hohen und unkontrollierbaren Tendenz zur Antwortverfälschung ausgegangen werden konnte. Für aussagekräftige Hinweise sollte der Bildungsgrad der Eltern dennoch ausreichend sein (Lampert et al., 2010).

Auf die Passivrauchbelastung der Heranwachsenden wurde in dieser Untersuchung indirekt durch die Selbstangaben der Eltern zum eigenen Rauchstatus geschlossen (Simonetti et al., 2011). Dies stellt eine wesentliche Limitation dar, weil die zugrunde liegenden Ergebnisse im Grunde keine genaue Abschätzung der tatsächlichen Passivrauchbelastung erlauben. Es bleibt unklar, wo sie rauchten bzw. ob die Kinder dem schädlichen Tabakrauch ihrer Eltern auch tatsächlich ausgesetzt waren, zumal durchaus auch andere Quellen für die Exposition durch Passivrauch in Frage kommen (Lampert & Thamm, 2007). Für valide Ergebnisse sollten die Probanden daher direkt danach gefragt werden, ob bzw. wie oft sie sich in Räumen aufhalten, in denen geraucht wird. Die Bestimmung des Nikotinabbauprodukts Cotinin würde als gebräuchlicher Marker für die Tabakrauchbelastung die Gültigkeit und Aussagekraft der Ergebnisse zusätzlich steigern (Caraballo et al., 2004). Der Einsatz des Verfahrens dürfte in einer Studie wie dieser jedoch problematisch sein. In Anbetracht der gezeigten Blutdruckdifferenzen zwischen passivrauchenden und nicht-passivrauchenden Versuchsteilnehmern können anscheinend auch bei indirekten Bestimmungsmethoden aussagekräftige Resultate erzielt werden. Die wahre Assoziation ist unter diesem Aspekt möglicherweise sogar noch höher einzuschätzen.

Den bisherigen Forschungserkenntnissen zufolge kann im Hinblick auf die Angaben zur familiären Anamnese mit einer Unterschätzung der tatsächlichen Krankheitsprävalenz gerechnet werden (Shear et al., 1985; Bao et al., 1995).

Hinsichtlich des Aktivitätsverhaltens der Eltern wurde explizit nach der Ausübung sportlicher Aktivität gefragt, welche für gewöhnlich in geplanter und strukturierter Form über eine gewisse Zeitdauer stattfindet und moderat-intensive Intensitäten erfordert. Zudem ließ sich anhand der genannten Sportarten ein ungefähres Bild über die tatsächliche Aktivität ableiten, während mit der Einschätzung zur allgemeinen körperlichen Aktivität keine derartige Kontrolle möglich war. Als relevant für die statistische Analyse wurden daher die Angaben zur sportlichen Aktivität erachtet.

Die Befragung erfolgte in einer unkontrollierten Erhebungssituation. Es kann daher nicht bedenkenlos angenommen werden, dass es sich bei den Antworten zu den leiblichen Eltern tatsächlich um deren Angaben handelte. Hierbei war grundsätzlich mit ungenauen Werten zu rechnen – unabhängig davon, ob die ausfüllende Person mit dem leiblichen Elternteil noch zusammenlebte oder nicht. Genauso ist grundsätzlich in Frage zu stellen, ob die befragte Person wirklich ein Elternteil bzw. Erziehungsberechtigter des Kindes war. Für genaue Beurteilungen sollten in entsprechenden Fragebögen detailliertere Angaben gemacht werden können.

Als charakteristisch für postalische Befragungsaktionen gilt die hohe Ausfallquote, die sich in hohem Maße auch in dieser Untersuchung zeigte (Bortz & Döring, 2006). Obwohl sich ein Ankündigungsschreiben günstig auf die Teilnahmebereitschaft der Eltern auswirken sollte (Wieken, 1974), lag die Rücklaufquote dennoch bei 74%, was allerdings nicht den tatsächlich vorliegenden Daten entspricht. Die Zahl der fehlenden Werte war bei bestimmten Fragen deutlich höher (z. B. „Welchen Schulabschluss haben Sie?“) und hing zugleich davon ab, ob Mutter oder Vater den Fragebogen ausfüllten bzw. ob Daten zum jeweils anderen Elternteil überhaupt bekannt waren. Bildungsstand und Interesse beeinflussten den Rücklauf wesentlich mit, was sich folglich negativ auf die Generalisierbarkeit der Ergebnisse auswirkt (vgl. Kapitel 9.1.1). Ebenfalls lässt sich mutmaßen, dass der Fragebogen in einzelnen Fällen gar nicht erst die Eltern des Kindes erreichte (Bortz & Döring, 2006). Trotz der erheblichen Probleme, die sich bezüglich der Elternbefragung ergaben, konnten wertvolle Informationen hinsichtlich der familiären Situation und Anamnese des untersuchten Kindes gewonnen werden. Deren Selektivität ist bei der Beurteilung der Ergebnisse allerdings zu berücksichtigen.

Grundsätzlich erfolgt die Wahl für eine Erhebungsmethode in einem Abwägungsprozess zwischen den jeweiligen Vor- und Nachteilen und richtet sich stets nach der Zielgruppe sowie den räumlichen und materiellen Gegebenheiten und Voraussetzungen. Der Einsatz eines Fragebogens war unter diesen Gesichtspunkten völlig gerechtfertigt (Müller et al., 2010). Dessen Genauigkeit und Aussagekraft bleibt zwar angesichts der Schwächen einer Fragebogenuntersuchung begrenzt. Dennoch zeigen sich in dieser Studie zum Teil deutliche blutdruckwirksame Effekte durch körperliche Aktivität bzw. Inaktivität (vgl. Kapitel 9.3.4), die Anlass zur Durchführung fortsetzender Untersuchungen geben.

9.1.3 *Untersuchungsdurchführung*

Die Erfassung des Ruheblutdrucks erfolgte entlang eines standardisierten Messvorgangs nach den nationalen und internationalen Leitlinien (Mancia et al., 2013; DHL, 2005; Hager et al., 2013). Trotz der Einhaltung ist die Blutdruckmessung nach auskultatorischem Messprinzip anfällig für Fehlerquellen, die durch den Messenden selbst verursacht werden (vgl. Kapitel 4.4). Damit bringt sie die Gefahr für systemisch verzerrte Ergebnisse mit sich. Um das Problem von Untersucherbias zu umgehen, wurden sämtliche Messungen des Blutdrucks einzig durch die geschulte Versuchsleiterin unter Berücksichtigung des empfohlenen Standards vorgenommen. Zumindest in dieser Sicht konnten Mängel in der Objektivität und Reliabilität vorgebeugt werden. Es lagen zudem die für die Blutdruckmessung bei Kindern erforderlichen Manschettengrößen vor, wodurch das Problem des „Undercuffings“ bzw. „Overcuffings“ des Blutdrucks (DHL, 2005) vermieden werden konnte.

Die Messung des Ruheblutdrucks erfolgte sitzend nach einer Ruhezeit von fünf Minuten dreimalig im Abstand von zwei Minuten. Entsprechend den Empfehlungen fand die Erhebung des Ruheblutdrucks zwar mehrfach (Hager et al., 2013), allerdings nicht an verschiedenen Tagen statt. Dies stellt, wie in vielen epidemiologischen Studien auch (z. B. KiGGS), eine Limitation der Untersuchung dar. Starke (situative) Schwankungen des Blutdrucks konnten durch die fehlenden Gelegenheitsmessungen an unterschiedlichen Tagen nicht ausgeglichen werden. Es ist genau genommen nicht möglich, eine klinische Diagnose zu stellen, da hierfür wiederholt erhöhte Messwerte vorliegen müssen (Lurbe et al., 2009; NHBPEP, 2004). Dieser Sachverhalt ist in dieser Untersuchung, aber vor allem auch bei der Interpretation und Verwendung der KiGGS-Referenzwerte zu berücksichtigen. Die Perzentilerstellung in dieser Studie basierte auf einer zweimaligen Messung des Ruheblutdrucks, von der schließlich der Mittelwert beider Messungen verwendet wurde. Im Grunde müsste für den Gebrauch dieser Referenzkurven somit nicht nur eine oszillometrische Erfassung des Blutdrucks, sondern auch dessen mittlerer Blutdruckwert herangezogen werden. Es bedeutet aber auch, dass der Anteil an falsch-positiv beurteilten Ruheblutdruckwerten anhand des hier verwendeten niedrigsten Blutdruckwertes als gering einzustufen ist – vielmehr hätte die Nutzung des Mittelwertes eine Zunahme der Hypertonieprävalenz in der Gesamtstichprobe zur Folge. Insgesamt stellt jede Blutdruckmessung immer eine Momentaufnahme dar, bei der auffällige Werte weiterer Untersuchungen bedürfen. Um

diesen Umständen genügend Rechnung zu tragen, ist den als hoch normal bzw. hypertensiv klassifizierten Probanden lediglich eine Empfehlung zur weiterführenden Beobachtung beim Hausarzt und keine Diagnose ausgesprochen worden. Der mitgeteilte Wert entsprach hierbei dem geringsten Blutdruckmesswert. Auch wenn das mittlere Blutdruckniveau über einen längeren Zeitraum für eine genaue Charakterisierung bedeutsamer erscheint (Lurbe et al., 2009; NHBPEP, 2004), kommt der hier angegebene Wert dem wahren basalen Ruheblutdruck am nächsten und kann somit im erhöhten Fall auch als beobachtungswürdig betrachtet werden.

Angesichts des zeitlichen Mangels musste auf die bei Erstuntersuchungen empfohlene Messung des Ruheblutdrucks an beiden Armen verzichtet werden. Für die Auskultation des Ruhe- und Belastungsblutdrucks diente stets der rechte Arm (Bachmann, 1985; NHBPEP 2004; Luma & Spiotta, 2006; Hager et al., 2013). Obwohl die beidseitige Messung ein Qualitätsmerkmal pädiatrischer Untersuchungen darstellt, entspricht dieses Vorgehen dennoch der gängigen Praxis und wird dem in den Leitlinien geforderten Standard vollends gerecht.

Der Ruheblutdruck ist unter Berücksichtigung zirkadianer Blutdruckschwankungen stets vormittags erfasst worden, sodass keine interindividuellen Unterschiede in den tageszeitlichen Bedingungen auftraten. Dennoch ließen sich vorangegangene exogene Einflussfaktoren wie Ernährung oder körperliche Belastungen sowie Einflüsse während der Messung wie klimatische Bedingungen nicht kontrollieren. Eine solche Ausschaltung blutdruckrelevanter Störgrößen war unter den Rahmenbedingungen der Untersuchung unmöglich und ist auch in der Praxis nicht durchführbar. Das Ziel bestand demnach darin, potentielle beeinflussbare Störfaktoren maximal möglich zu kontrollieren, um die Anzahl an Erklärungsalternativen für die Untersuchungsbefunde gering zu halten. Zu diesem Zweck erfolgte die Messung von Ruheblutdruck, Körpergewicht und Bauchumfang unter Ausschluss der übrigen Probanden einer Schulklasse in einem separaten Raum. Dieser Ruheraum diente zugleich dem Schutz der Privatsphäre und bot Platz für bis zu drei Versuchspersonen. Verlegenheit und Scham während der Bestimmung von Körpergewicht und Bauchumfang waren trotzdem nicht immer vermeidbar und störten zum Teil den flüssigen und ruhigen Ablauf der Untersuchungen. Für die Messpräzision des Blutdrucks wäre es optimal gewesen, wenn sich jeder Proband während des Vorgangs allein in einem Raum aufgehalten hätte. Aus organisatorischen Gesichtspunkten stellte

diese Verfahrensweise jedoch die bestmögliche Variante dar, um Zeit und Präzision miteinander zu vereinbaren. Ungeachtet dessen war es für viele Schulen nicht immer leicht, freie Räume zur Verfügung zu stellen.

Die Ermittlung des Bauchumfangs erfolgte durch ein geschultes Team aus Helfern, die im Vorwege der Untersuchung mit der Messung vertraut gemacht wurden. Dennoch lassen sich die durch verschiedene Untersucher typischen Abweichungen in den Messergebnissen auch in dieser Studie nicht ganz beheben.

Die Durchführbarkeit des Ausdauerleistungstests erwies sich aufgrund des Settings als größte Herausforderung der Untersuchung. Ort, Tag und Uhrzeit waren stets von Schule, Stundenplan sowie der Kooperationsbereitschaft der betroffenen Lehrkraft und nicht zuletzt vom Probanden selbst abhängig. Für die Untersuchungsplanung waren Klassenfahrten, Projekt- und Feiertage zu berücksichtigen, die sich damit maßgeblich auf die Dauer der Datenerhebung auswirkten. Überdies standen lediglich die Sportunterrichtsstunden zur Verfügung, für die im Lehrplan fast ausschließlich nur zwei Stunden pro Woche vorgesehen sind. Nicht selten mussten Untersuchungen ausfallen, weil der Unterricht aus diversen Gründen nicht stattfand. Ebenso führten Krankheit, Abwesenheit und auch fehlende Motivation seitens der Versuchspersonen zu einem unbefriedigenden Untersuchungstag. Nicht unerwähnt bleiben zudem der aufwendige Transport des Ergometers und die teilweise längeren Anfahrtswege zur Schule. Allein aus dieser Sicht ist die Datenmenge beachtlich. Die Untersuchung im sportwissenschaftlichen Labor hätte die Durchführung sicherlich einfacher, aber aus Sicht der Probanden(-akquisition) zweifelsfrei schwieriger werden lassen. Nicht zuletzt wäre eine derartige Umsetzung mit dem schulischen Alltag nicht zu vereinbaren. Dieser Aspekt stellt damit eine wesentliche Stärke der Untersuchung dar. Mit der Nutzung einer Pulsuhr waren ausreichend valide Ergebnisse zu erwarten (Hebestreit et al., 1997), weshalb der Einsatz eines EKG's nicht nötig war.

Die Probanden wurden stets unvorbelastet zur ergometrischen Untersuchung gebeten, um ihre volle Leistungsfähigkeit zu gewährleisten. Zu diesem Zweck sind sie bereits vor Beginn der Unterrichtsstunde ausgewählt und vom Sport ausgeschlossen worden. Fanden die Untersuchungen in einer Doppelstunde statt, war es allerdings nicht immer möglich, bis zu sechs Versuchspersonen vom Sportunterricht freizustellen, sodass sich jeweils drei Probanden pro Stunde im Untersuchungsraum aufhielten.

Das Beantworten der Fragebögen brachte keine wesentlichen Probleme mit sich. Falls Fragen aufkamen, stand stets ein Ansprechpartner zur Verfügung. Als durchaus schwieriger erwies es sich, den durch die niedrige Rücklaufquote der Elternfragebögen bedingten Datenausfällen entgegenzuwirken. Um die Motivation für die Rückgabe des Fragebogens zu erhöhen, setzte die Mitteilung der Untersuchungsergebnisse des Kindes die Auskunft über den gewünschten Informationsweg (per Email oder codiert im passwortgeschützten Bereich der Website) auf dem Elternfragebogen voraus. Dennoch war nicht immer ein geringes Engagement der Eltern ursächlich; oftmals ist der Fragebogen schlicht vergessen oder verloren worden. Selbst wiederholte Erinnerungen blieben erfolglos. Neben der schriftlichen Form war es den Eltern zusätzlich möglich, per digitalen Zugang zur Website den Fragebogen aufzurufen. Allerdings hatten sich nur wenige Elternteile für diesen Weg entschieden. Da mit den fehlenden Fragebögen ein erheblicher Datenverlust einherging, ist zu überlegen wie das elterliche Interesse erhöht und deren Erreichbarkeit verbessert werden kann. Der Weg über neue Medien unterschiedlicher Art dürfte eine vielversprechende Option sein, bei der wiederum angesichts des ungleichen Zugangs mit systemisch verzerrten Stichproben zu rechnen wäre. Um der Untersuchung maximale Bedeutung zukommen zu lassen und die Eltern in ihrem Gesundheitsbewusstsein zu erreichen, ist die Schule bzw. die betroffene Lehrkraft selbst vermutlich der wichtigste Ansprechpartner, was ein ausgeprägtes Engagement für die entsprechende Untersuchung voraussetzt. Ist dieses vorhanden, können Schüler und Eltern besser erreicht und deren empfundene Verbindlichkeit gegenüber den untersuchungsrelevanten Aufgaben gesteigert werden.

9.2 Ergebnisdiskussion – Blutdruckverteilung und Grenzwertbildung

Es werden die empirischen Untersuchungsergebnisse aufgegriffen, in einen theoretischen Rahmen gebettet und kritisch diskutiert. Wie schon erwähnt, ist es nur eingeschränkt möglich, repräsentative Aussagen für die Grundgesamtheit zu tätigen. Alle Ergebnisse sind daher unter einem gewissen Vorbehalt zu betrachten und kritisch zu hinterfragen. Dennoch ist jedes Resultat als Tendenz ernst zu nehmen und vor dem Hintergrund bislang fehlender Daten entsprechend zu würdigen. Im Zuge dessen werden Ansatzmöglichkeiten für weitere Forschungsarbeiten aufgezeigt.

9.2.1 Ruhe- und Belastungsblutdruck

In dieser Studie sollte der Ruhe- und Belastungsblutdruck bei 12- bis 17-jährigen Heranwachsenden untersucht sowie Grenzwerte für den Belastungsblutdruck abgeleitet werden. Hierzu wurde der Blutdruck bei $n=492$ Probanden während einer ergometrischen Untersuchung bei einer Belastung von 1,5 Watt/kg Körpergewicht gemessen.

Erwartungsgemäß war der mittlere systolische Ruheblutdruck während der ersten Messung am höchsten und sank zum Zeitpunkt der zweiten Messung um weitere 3,7 mmHg. Die anschließend dritte und letzte Messung brachte einen um 7,8 mmHg niedrigeren Ruheblutdruck gegenüber der ersten Messung hervor. Diese Beobachtung konnte angesichts der starken Variabilität des Parameters erwartet und mit dem eintretenden Gewöhnungseffekt an die Untersuchungssituation sowie der Regressionseffekte erklärt werden (NHBPEP, 2004). Überdies kommen die während der dritten Blutdruckmessung untersuchungsrelevanten Bedingungen den Anforderungen und Empfehlungen für eine korrekte Blutdruckmessung am nächsten. Dem dritten Messwert ging schließlich die längste Ruhezeit voraus. Dieser Aspekt erklärt einmal mehr, warum der niedrigste und nicht etwa der mittlere Blutdruckwert für die Analyse der Ruheblutdruckwerte bedeutsam war.

Auch in der KiGGS-Studie war der systolische Ruheblutdruck der ersten Messung höher (Δ 1,9 mmHg) als die Werte der zweiten Messung (Neuhauser & Thamm, 2007). Hier war bei 59% der Probanden der erste systolische Messwert der höchste, während es in dieser Untersuchung bereits auf 70,8% der Versuchspersonen zutraf. 6% der Messwerte bei KiGGS waren zu beiden Messzeitpunkten identisch, während der Anteil

hier bei 13,6% lag. Zum Messzeitpunkt T3 in dieser Untersuchung fielen die Unterschiede noch deutlicher aus. Da beiden Untersuchungen jedoch unterschiedliche Altersbereiche zugrunde liegen, ist ein direkter Vergleich schwierig. Es kommt jedoch zum Ausdruck, dass der Ruheblutdruck selbst bei untersuchungsidentischen Bedingungen stark variiert, was seine Reproduzierbarkeit gemeinhin erheblich beeinträchtigt und ihn angesichts dessen nur schwer einschätzbar macht.

Die alters- und geschlechtsdifferenzierte Betrachtung der Ruhewerte bestätigt die Abhängigkeit des Parameters von genetisch determinierten Faktoren (u. a. de Man et al., 1991; NHBPEP, 2004; Neuhauser et al., 2011). Die jüngsten untersuchten Teilnehmer wiesen die geringsten systolischen und diastolischen Ruhewerte auf, was aufgrund des entwicklungsbedingten Vorsprungs der übrigen Probanden zu erwarten war. Vom 12. bis zum 17. Lebensjahr zeigte sich eine 11%-ige Zunahme des systolischen Ruheblutdrucks (13,6 mmHg). Der diastolische Blutdruck nahm relativ gesehen dagegen um 13% zu. Auch können an dieser Stelle die alters- und geschlechtsabhängigen BMI-Perzentilwerte und Bauchumfänge eine Erklärung für die im Altersgang beobachtete Zunahme des systolischen Ruheblutdrucks liefern. Die für den untersuchten Altersbereich von 12 bis 17 Jahren typische Reifeentwicklung geht mit einer Veränderung vieler Parameter einher, wobei besonders mit dem Alter von 14 Jahren eine ausgeprägte körperliche Wachstumsphase eintritt. Während die frühe Phase der Pubertät (11 bis 13 Jahre) noch durch moderate hormonelle, anatomische und physiologische Veränderungen gekennzeichnet ist, können ältere Kinder in ihren Körpermaßen schon deutlich von Jüngeren abweichen (Robert Koch-Institut, 2008). Größere und schwerere Kinder haben damit nicht nur einen höheren Blutdruck als jüngere Kinder, sondern weisen mitunter auch höhere Messwerte auf als ihre Altersgenossen, deren körperliche Entwicklung später einsetzt. Die in dieser Untersuchung altersabhängigen Body-Mass-Indizes und Bauchumfänge unterstützen diese Hypothese. Beide Parameter nahmen im Altersgang tendenziell zu, wobei sich im Alter von 14 Jahren ein deutlich sichtbarer Anstieg zeigt.

Ein nachweislicher Effekt des Geschlechts ($p < 0,001$, $d = 0,39$) auf den systolischen Ruheblutdruck ließ sich auch in dieser Untersuchung beobachten, wobei sich der Blutdruckwert der Jungen einzig im Alter von 16 Jahren statistisch bedeutsam von Mädchen unterschied ($p < 0,001$, $d = 1,16$).

Die in der Literatur beschriebene stärkere Zunahme des systolischen Ruheblutdrucks bei Jungen ab dem 14. Lebensjahr (Neuhauser et al., 2011) kann hier nur teilweise bestätigt werden. So ließ sich zumindest vom 14. Lebensjahr bis zu einem Alter von 16 Jahren ein deutlicher Anstieg des männlichen systolischen Ruheblutdrucks beobachten (8%), der bei Mädchen faktisch gar nicht vorhanden war. Der Median des systolischen Ruheblutdrucks bei den Jungen lag bis auf den Blutdruck im 16. Lebensjahr etwa 4 mmHg über dem der gleichaltrigen Mädchen. In der KiGGS-Studie war der Median der 17-jährigen Jungen sogar 8 mmHg höher als bei den Mädchen (Neuhauser & Thamm, 2007). Ein Blutdruckanstieg von 5% bei den 14- bis 17-jährigen Jungen stand jedoch einer Zunahme von 7% bei den gleichaltrigen Mädchen gegenüber. Die Streuung des systolischen Ruheblutdrucks fiel seitens der Mädchen in dieser Altersspanne allerdings geringer aus. Als Erklärung für den stärkeren prozentualen Anstieg könnten die altersabhängigen BMI-Perzentilwerte und Bauchumfänge dienen. Im Gegensatz zum männlichen Geschlecht nahm die BMI-Perzentile der Mädchen vom 14. bis zum 17. Lebensalter zu; auch der Bauchumfang zeigte einen stärkeren prozentualen Anstieg. Beide Beobachtungen unterstreichen damit gleichzeitig die geschlechtsspezifische Entwicklung der Körperproportionen und Fettverteilung in der Pubertät (Robert Koch-Institut, 2008). Insgesamt kann damit jedoch nicht der hohe mittlere systolische Ruheblutdruck der Jungen, aber niedrige Messwert bei den Mädchen im Alter von 16 Jahren erklärt werden. Zumindest für die männlichen Probanden kommt hierfür möglicherweise die starke Abhängigkeit des Blutdrucks von der Körpergröße als Erklärung in Frage. Mit zunehmendem Alter nahm die Körpergröße stetig zu, bis im Alter von 16 Jahren der für das männliche Geschlecht höchste Wert von $180,2 \pm 5,7$ cm gemessen werden konnte. Die 17-jährigen Jungen waren schließlich wieder kleiner als ihre 16-jährigen Geschlechtsgenossen. Dies dürfte auch den deutlichen systolischen Blutdruckanstieg bei Jungen vom 14. bis zum 16. Lebensjahr erklären. Der vergleichsweise niedrige systolische Ruheblutdruck der 16-jährigen Mädchen ist wohl auf eine Zufallsverteilung zurückzuführen.

Auf Altersebene unterschied sich der diastolische Blutdruck mit Ausnahme des 14. Lebensjahres nicht zwischen beiden Geschlechtern, was den bisherigen Beobachtungen anderer Studien ähnelt (Paradis et al., 2004; Neuhauser et al., 2011). Hier war es jedoch der Blutdruck der Mädchen, der über dem diastolischen

Messniveau der Jungen lag ($p=0,011$, $d=0,51$). Eine physiologische Begründung, beispielsweise durch höhere Messwerte in der Körpergröße, dem BMI oder Bauchumfang bei den Mädchen dieses Alters, lässt sich hierfür nicht finden.

Der systolische Blutdruck während Ergometrie nahm von der ersten Belastungsstufe von 1,0 Watt/kg Körpergewicht bis zur maximal erreichten Stufe von 3,5 Watt/kg Körpergewicht um rund 28% zu, während der diastolische Belastungsblutdruck kontinuierlich abnahm (11%). Die vorliegenden Resultate lassen sich nur schwer auf die bisherigen Studienergebnisse übertragen, da sich diese u. a. bei Møller und Kollegen (2010) sowie bei Wanne und Hapooja (1988) auf den Blutdruck während maximaler Belastung bei Heranwachsenden jeweils zweier Altersbereiche (prepubertär/pubertär) beziehen. Aussagen zum Blutdruckniveau prepubertärer Heranwachsender können für diese Untersuchung nicht vorgenommen werden. Es ließe sich allenfalls den jüngsten Jungen und Mädchen des Kollektivs ein abweichendes Pubertätsstadium im Vergleich zu ihren älteren Geschlechtsgenossen unterstellen, wobei dafür keine eindeutigen Anhaltspunkte vorliegen.

Insgesamt ist den genannten Studien die geschlechts- und altersspezifische Abhängigkeit des systolischen Belastungsblutdrucks gemeinsam, die sich auch in dieser Stichprobe nachweisen ließ. Die bei Wanne und Hapooja (1988) durchgängig höheren Werte bei männlichen Probanden auf jeder Altersstufe ließen sich hier ebenfalls bestätigen, wobei Unterschiede einzig im Alter von 15 und 16 Jahren bedeutsam waren. Überdies war der Blutdruckanstieg bei Mädchen nur geringfügig schwächer als der der Jungen. Im Vergleich zur European Youth Heart Study, in der für 14- bis 16-jährige Jungen einen Blutdruck von $154,4 \pm 23,0$ mmHg nach sechs Minuten (100 Watt) gemessen wurde, lag der Belastungsblutdruck für gleichaltrige Jungen in der eigenen Untersuchung ($n=139$) bei $156,6 \pm 21,3$ mmHg. Bei den weiblichen Probanden ($n=135$) waren die Blutdruckwerte dagegen nicht unbedingt vergleichbar ($136,5 \pm 16,0$ mmHg vs. $147,5 \pm 18,4$ mmHg), obwohl die zugrunde liegende Belastung (86,7 Watt) in etwa der Wattzahl in der skandinavischen Studie entsprach (80 Watt). Dennoch ließ sich auch hier ein geschlechtsabhängiger Unterschied finden ($p<0,001$, $d=0,46$). Bei genauer Analyse der einzelnen Blutdruckwerte in dieser Altersgruppe zeigt sich weiterhin, dass bereits $n=9$ Probanden einen Messwert von 200 mmHg und höher während einer vergleichsweise geringen Belastung von 1,5 Watt/kg Körpergewicht erreichten. Die Anzahl der entsprechenden

Teilnehmer in den skandinavischen Studien sind ähnlich bzw. sogar deutlich höher – allerdings korrespondierte die Zahl der Betroffenen mit dem Belastungsblutdruck während maximaler Belastung. Zudem weichen die bezugnehmenden Altersbereiche voneinander ab. Trotzdem dürfte damit klar werden, dass bereits während submaximaler Belastung deutlich erhöhte Blutdruckreaktionen erwartet werden können. Es wäre ferner zu diskutieren, ob es sich bei den betroffenen Teilnehmern um besonders athletische Personen handelt, deren höhere Blutdruckwerte mit den physiologischen Anpassungen an das Training erklärt werden könnten (Dlin et al., 1985). Tatsächlich aber handelt es sich hier bei acht der neun Probanden um Jungen, von denen jedoch nur zwei eine relative Leistungsfähigkeit im Normbereich erreichten. Vier der neun Probanden konnten bereits anhand ihres Ruhewertes als hypertensiv eingestuft werden; auch Übergewicht lag bei zwei Probanden vor. Daher kann vermutet werden, dass es sich bei den betroffenen Teilnehmern mit erhöhten Blutdruckwerten um eine bereits kritische Blutdruckreaktion auf körperliche Belastung handelt, die sich nicht zwingend anhand der Ruhewerte vorhersagen lässt (Wanne & Hapooja, 1988). Im Hinblick auf das Herzfrequenzverhalten stimmen die Ergebnisse sehr gut mit denen von Møller und Kollegen (2010) überein. Die Herzfrequenzen nahmen mit ansteigender Belastung zu und im Altersgang tendenziell ab, während Mädchen bei 1,5 Watt/kg Körpergewicht höhere Werte als Jungen aufwiesen.

Im Ganzen dürfte einmal mehr deutlich werden, dass eine Beurteilung von Untersuchungsergebnissen zum Belastungsblutdruck aufgrund unterschiedlicher Belastungsschemata und herangezogener Werte nur schwierig vorzunehmen ist.

Die altersgruppendifferenzierte Analyse unterstreicht abschließend die Relevanz des Alters und Geschlechts sowie die damit verbundenen wachstumsbedingten Veränderungen in der Höhe des Blutdrucks von Heranwachsenden. Während in der frühen Phase der Pubertät (12-13 Jahre) keine nennenswerten Blutdruckunterschiede zwischen Jungen und Mädchen zu beobachten waren, so trat dies ab einem Alter von 14 Jahren wesentlich deutlicher in Erscheinung. Der altersabhängige Effekt wirkte sich hierbei etwas stärker auf den systolischen Belastungsblutdruck aus. So ließen sich durch die drei Altersgruppen 6% der Varianz des systolischen Belastungsblutdrucks, aber nur 4% des systolischen Ruheblutdrucks aufklären. Der Faktor „Altersgruppe“ machte dagegen nur 2% der Varianz des diastolischen Belastungsblutdrucks, aber 8% in der Unterschiedlichkeit des diastolischen Ruheblutdrucks aus.

Der Boxplot verdeutlicht weiterhin, dass der Gruppenunterschied im systolischen Belastungsblutdruck zwischen den 14- bis 15-Jährigen und 16- bis 17-Jährigen ($p < 0,05$) durch die verhältnismäßig großen Varianzen zu relativieren ist. Die Interquartilbereiche beider Gruppen überschneiden sich erheblich; die Streubreite ist in beiden Gruppen nahezu identisch. Dieser Sachverhalt erhärtet sich, wenn der über der „oberen Ausreißergrenze“ gelegene Wert von 240 mmHg bei den 16- bis 17-Jährigen entfernt wird. Ein signifikanter Blutdruckunterschied im post-hoc-Test einer erneuten Varianzanalyse blieb hierbei aus.

9.2.2 Vergleich der Blutdruckwerte mit der KiGGS-Studie

Die Einordnung der Ruheblutdruckwerte in das aktuelle Referenzsystem macht minimale Unterschiede zur Referenzpopulation deutlich. Angesichts der unterschiedlichen Stichprobencharakteristika (u. a. Umfang, Repräsentativität etc.) und nicht zuletzt aufgrund verschiedener Messtechniken konnte damit jedoch gerechnet werden. Das Vorliegen hoch normaler bzw. hypertensiver Blutdruckwerte ist per Definition mit einer Prävalenz von 10% bzw. 5% festgelegt. Die eingeordneten Blutdruckwerte des untersuchten Kollektivs weichen minimal von diesen Prävalenzdaten ab. Es zeigt sich, dass der Anteil an Heranwachsenden mit hoch normalen und hypertensiven Blutdruckwerten mit 12,4% über dem festgesetzten 10%-Niveau liegt. Damit befinden sich in der untersuchten Stichprobe im Vergleich zu KiGGS weniger Probanden mit normalen Blutdruckwerten (87,6%); das Blutdruckniveau des Kollektivs ist damit etwas höher als das der untersuchten Kinder und Jugendlichen in der KiGGS-Studie. Es wird weiterhin deutlich, dass der Anteil an hypertensiven Heranwachsenden mit 4,5% dem festgelegten 5%-Niveau nahezu gleichkommt, während Blutdruckwerte zwischen der 90. und 95. Perzentile mit 7,9% dagegen häufiger vorlagen als per definitionem vorgegeben. Der geringere prozentuale Unterschied in der Prävalenz an normalen Blutdruckwerten resultiert demnach aus der höheren Rate an Probanden, deren Ruheblutdruck als hoch normal klassifiziert werden kann.

Im geschlechtsspezifischen Vergleich wurden absolut gesehen keine Unterschiede deutlich, während relativ mehr Mädchen als Jungen hoch normale bzw. erhöhte Blutdruckwerte aufwiesen. Sollen die Diskrepanzen in den Prävalenzdaten

altersdifferenziert beurteilt werden, so zeigen die hier untersuchten Probanden mit Ausnahme der 12- und 16-Jährigen deutlich höhere Blutdruckwerte (≥ 90 . Perzentile) als in der KiGGS-Studie. Nur bei Probanden des 12. und 16. Lebensalters lag die Häufigkeit an Messwerten oberhalb der 90. Referenzperzentile unterhalb des 10%-Niveaus. In diesem Alter machten Blutdruckwerte oberhalb der 95. Perzentile den höchsten Anteil an auffälligen Blutdruckwerten aus (6-10%). Unter den 14-Jährigen befanden sich die meisten als hypertensiv eingestuft Probanden der Gesamtstichprobe, während der Anteil an erhöhten Messwerten in Relation zur Gruppengröße bei den 14- und 17-Jährigen am höchsten war. Nach Bildung der drei Altersgruppen waren es 14- bis 15-jährige Probanden, die absolut und relativ betrachtet die höchsten Prävalenzen an hoch normalen und hypertensiven Blutdruckwerten aufwiesen. Hierfür lassen sich physiologisch-relevante Vermutungen anstellen, die bereits im Kontext unterschiedlicher wachstumsbedingter Blutdruckprofile in Kapitel 7.3.1 angesprochen wurden. Allerdings können hierdurch nicht hinreichend die höheren Prävalenzen hoch normaler und erhöhter Blutdruckwerte erklärt werden, da der Anteil übergewichtiger und adipöser Probanden beispielsweise in der jüngsten Altersgruppe (12 bis 13 Jahre) relativ gesehen am höchsten war. Neben den reifungsbedingten Veränderungen des Blutdrucks lassen sich auch alterstypische Unterschiede in bestimmten Verhaltensmustern in Erwägung ziehen, welche sich wiederum auf die Höhe des kindlichen Blutdrucks ausgewirkt haben könnten. Im Hinblick auf die Resultate der vorliegenden Untersuchung wären in diesem Zusammenhang die geringeren körperlich-sportlichen Aktivitäts- und höheren Bildschirmzeiten oder der größere Anteil an Rauchern unter den Älteren gegenüber den Jüngeren der Stichprobe zu nennen. Ob jene Risikofaktoren allerdings für den bei 14- bis 15-Jährigen ermittelten höheren Anteil an Blutdruckwerten oberhalb der 90. Perzentile verantwortlich sind, bleibt an dieser Stelle reine Spekulation.

Wie in der KiGGS-Studie konnte auch in dieser Untersuchung eine große Anzahl an Blutdruckwerten gemessen werden, die schon nicht mehr im optimalen Blutdruckbereich für Erwachsene lagen ($\geq 120/80$ mmHg). Die betroffenen Heranwachsenden kamen auch hier überwiegend aus der Altersgruppe der 14- bis 17-Jährigen. Unabhängig von den genannten Prävalenzen, die auf den KiGGS-Referenzperzentilen beruhen, dürfte allein dieses Ergebnis zeigen, dass bereits im Übergang vom Jugend- ins Erwachsenenalter hohe Blutdruckwerte auftreten. Hiermit

wird einmal mehr deutlich, dass rein statistische Normen nur wenig über einen medizinisch wünschenswerten Bereich aussagen und mit deren Nutzung offensichtlich die Gefahr einhergeht, dass auffällige Blutdruckwerte unerkannt bleiben (Neuhauser et al., 2009). Natürlich muss der hier dargestellte Sachverhalt vor dem Hintergrund betrachtet werden, dass eine einmalig durchgeführte Blutdruckmessung für aussagekräftige Messwerte unzureichend ist. Dennoch lassen sich hierdurch zumindest Trends beobachten, die angesichts der auch in dieser Untersuchung festgestellten Befunde auf die Bedeutsamkeit einer jeden einzelnen Blutdruckmessung hinweisen. Auch wenn bei dem betroffenen Kollektiv auf die zusätzliche Angabe weiterer Risikofaktoren verzichtet wird, so kann zumindest den Ergebnissen von Neuhauser et al. (2009) folgend von weiteren kardiovaskulären Risikofaktoren ausgegangen werden. Die Ergebnisse des Kapitels 7.8.7 unterstreichen diese Annahme. Nicht nur frühzeitige routinemäßige Blutdruckmessungen sondern auch eine anhaltende gesundheitsbewusste Lebensweise in jüngeren Jahren wären der Prävention einer späteren arteriellen Hypertonie dienlich.

Abschließend lässt sich festhalten, dass das Blutdruckniveau bei gegebenem Alter in dieser Stichprobe über dem der Referenzpopulation in der KiGGS-Studie zu liegen scheint – und das obwohl nicht der mittlere sondern der niedrigste Blutdruckmesswert betrachtet wurde. Die entsprechenden Prävalenzen wären unter diesem Aspekt wesentlich höher ausgefallen. Es ist nicht auszuschließen, dass die unterschiedlich herangezogenen Messmethoden (auskultatorisch vs. oszillometrisch) an den hier ermittelten Blutdruckdifferenzen beteiligt sind (Park et al., 2001). Insgesamt aber weisen beide Studien trotz aller Unterschiedlichkeit in Design und Methodik starke Ähnlichkeiten im Blutdruckniveau auf. Deshalb sind die genannten Abweichungen praktisch unerheblich. Die gute Vergleichbarkeit mit Daten aus der Literatur stellt eine wesentliche Stärke dieser Untersuchung dar.

9.2.3 Perzentilen und Grenzwertbildung

Für die statistische Konzipierung von Norm- und Referenzwerten kommen mehrere Verfahren in Frage – unabhängig von der gewählten Methode entziehen sich jedoch alle auf statistischen Verteilungen basierende Grenzwerte der Möglichkeit prognostische Aussagen zu treffen. Auch mit Hilfe der aktuellen Referenzperzentilen der KiGGS-Studie bleiben Angaben zum gesundheitsgefährdenden Ausmaß von Blutdruckmesswerten bei Heranwachsenden verborgen. Dennoch scheint die Beschreibung von Blutdruckwerten über derartig statistische Maße angesichts der alters- und wachstumsbedingten Änderung des Blutdrucks im Kindes- und Jugendalter unumgänglich zu sein (u. a. Bachmann, 1985; Waiten & Hesse, 2005; Weisser, 2009; Thompson et al., 2013). Perzentilkurven allein erlauben zwar keine prognostischen Aussagen über den Blutdruck von Kindern und Jugendlichen, bieten für die Praxis jedoch bislang die einzige Möglichkeit, einen individuellen Blutdruckwert einzuordnen. Überdies ist zu beachten, dass derartige Referenzperzentilen allenfalls für den Ruheblutdruck von Kindern und Jugendlichen verfügbar sind, während sie für den Belastungsblutdruck gänzlich fehlen.

Es wurden daher Perzentilen-basierte Blutdruckgrenzwerte bei Belastung entwickelt, die nach wie vor zwar statistischer Natur sind, aber gegenüber anderen Verfahren weniger willkürlich erstellt wurden: Da die hierbei ermittelten Perzentilen für hoch normale und erhöhte Ruhe- und Belastungsblutdruckwerte mit den alters-, geschlechts- und größenabhängigen Referenzperzentilen der KiGGS-Studie korrespondieren, orientieren sich die vorgeschlagenen Grenzwerte zumindest an allgemein akzeptierten Empfehlungen. Gegenüber dem Gebrauch vom arithmetischen Mittel und Streuungsmaß sind die auf diese Weise gebildeten Grenzwerte nicht völlig zusammenhangslos entwickelt worden. Auch wenn die nach üblichen statistischen Verfahren ermittelten Normwerte für den Belastungsblutdruck wie beispielsweise von Franz (1982) in der Literatur ihre Berechtigung haben, sollten sich die in der vorliegenden Forschungsarbeit konzipierten Grenzwerte methodisch davon distanzieren.

Eine Definition von Normwerten zielt darauf ab, Blutdruckwerte zu bestimmen, die mit einer erhöhten Morbidität und Mortalität einhergehen. Der prädiktive Wert des Belastungsblutdrucks scheint dem in Ruhe gemessenen Blutdruck zumindest im Erwachsenenalter überlegen zu sein (u. a. Filipovski et al., 1992; Mundal et al., 1994;

Mundal et al., 1996; Kjeldsen et al., 2001). Anders als in dieser Zielgruppe ist es jedoch bislang selbst für den Ruheblutdruck von Kindern und Jugendlichen nicht gelungen, Normwerte zu ermitteln, deren Überschreiten mit einem erhöhten kardiovaskulären Risiko einhergeht. Für den Belastungsblutdruck wird es damit schwierig sein, dessen Bedeutsamkeit für die gesundheitliche Prognose in großen Studien mit gesunden Heranwachsenden zu bestimmen. Jedes in Frage kommende Verfahren zur Bildung von Grenzwerten kann methodisch kritisiert werden. Neben der Verwendung von Blutdruckmittelwerten und Standardabweichungen hat sich die Bestimmung derjenigen Perzentilen als akzeptabel herausgestellt, die mit allgemein gültigen (prognostischen) Normwerten korrespondieren (Weisser et al., 2000). In der Untersuchung von Weisser und Kollegen (2000) kamen die ermittelten Blutdruckwerte in etwa den Referenzdaten der zu der Zeit einzig verfügbaren Prognosestudie gleich. Wird nun diese Methode auf die hier herangezogenen KiGGS-Referenzdaten übertragen, dürfte das entsprechende Blutdruckniveau bei der 90. KiGGS-Perzentile an derselben Perzentile der Verteilung der Belastungsblutdruckwerte als oberer Grenzwert für einen normalen Blutdruck bei Belastung dienen. Ein wesentlicher Unterschied und gleichzeitiger Kritikpunkt gegenüber der Studie von Weisser et al. (2000) ist die Tatsache, dass mit den KiGGS-Daten keine prognostisch bedeutsamen Werte herangezogen wurden. Die für den kindlichen Blutdruck allgemein gewählten Cut-off Punkte an der 90. und 95. Perzentile lassen die in dieser Untersuchung ermittelten Grenzwerte für den Belastungsblutdruck tatsächlich weiterhin willkürlich erscheinen. Dennoch aber folgen diese im Gegensatz zu anderen willkürlichen Methoden zumindest einer gültigen Norm, die aktuell offenbar keine gesundheitlich relevanten Referenzwerte für den Blutdruck von Heranwachsenden vorsieht. Die vorgeschlagenen Grenzwerte dieser Untersuchung sind daher vor dem Hintergrund ausbleibender Empfehlungen als erste Orientierung für Blutdruckzielwerte unter Belastung für diesen Altersbereich zu würdigen. Auch wenn sie keine Vorhersage zulassen, könnten sie einer weiterführenden Normwerterstellung zweifelsohne dienlich sein. Grundsätzlich wäre es hierfür erstrebenswert auch den diastolischen Belastungsblutdruck in die Analyse aufzunehmen. Die hier gemessenen diastolischen Blutdruckwerte erschienen unter den gegebenen Messbedingungen zu ungenau, um sie einer aussagekräftigen Grenzwertbildung zu unterziehen.

Eine wichtige Schlussfolgerung, die sich aus den ermittelten Perzentilen und Grenzwerten ziehen lässt, betrifft das leicht unterschiedliche Blutdruckniveau der untersuchten Stichprobe im Vergleich zur KiGGS-Studie. Wie erwähnt, weist die Untersuchungsgruppe offensichtlich ein etwas höheres Blutdruckniveau auf als die Referenzpopulation, weshalb der Anteil an normotensiven und hypertensiven Probanden in dieser Untersuchung größer ausfällt. Als Resultat sind die korrespondierenden Perzentilen für den Ruheblutdruck durchaus strenger angelegt als in der KiGGS-Studie. Die 95. Perzentile in der KiGGS-Studie entspricht hierbei einer niedrigeren Perzentile und hat damit einen vergleichsweise strengeren Blutdruckgrenzwert zur Folge. Diese Diskrepanz dürfte sich im Hinblick auf das höhere Blutdruckniveau der Untersuchungsgruppe allerdings wieder relativieren.

Die formulierten Grenzwerte für den Ruhe- und Belastungsblutdruck stehen im Einklang mit den bei Heranwachsenden charakteristischen entwicklungsbedingten Besonderheiten des Blutdrucks. Die bestimmten Perzentilen haben zunächst den Anschein, bei den 14- bis 15-Jährigen zu einem strengeren Grenzwert zu führen. Aufgrund der mit dem Alter einhergehenden physiologischen Zunahme des Blutdrucks bestätigt sich dies allerdings nicht, weshalb die Grenzwerte mit höherem Alter und bei Jungen strenger ansetzen als bei Jüngeren bzw. Mädchen. Die bei 16- bis 17-jährigen Jungen vergleichsweise hohen Grenzwerte für den Belastungsblutdruck (193,0 bzw. 201,3 mmHg) resultieren aus dem höheren Blutdruckniveau unter Belastung in dieser Altersgruppe. Sechs der insgesamt elf Probanden mit Messwerten ≥ 200 mmHg waren männlich und 16 bzw. 17 Jahre alt. Erklärungsansätze für die hohe Anzahl dieser Messwerte wurden bereits in Kapitel 9.2.1 gegeben. In dieser Gruppe befand sich auch der in der Altersgruppe der 16- bis 17-Jährigen gemessene Ausreißerwert von 240 mmHg (vgl. Boxplot in Abbildung 5). Als Resultat kommt der abgeleitete obere Grenzwert für eine Belastungshypertonie (201,3 mmHg) stark dem bereits für Erwachsene vorgeschlagenen Cut-off von 200 mmHg gleich. Diese Beobachtung lässt sich auch für den Ruheblutdruck machen, der bei Jungen derselben Altersgruppe gleichfalls dem Normwert für Erwachsene ähnelt (141,8 mmHg). Analog zur optischen Verteilungsprüfung in Abbildung 5 zeigt sich in einer Subgruppenanalyse für die 16- bis 17-jährigen Jungen, dass sich ausreißerverdächtige Werte im Gegensatz zum Belastungsblutdruck außerhalb der unteren Ausreißergrenze befanden. Darüber hinaus ist der Median in der Box leicht links gelegen, weshalb auf eine Rechtsschiefe

der zugrundeliegenden Verteilung geschlossen werden kann. Aus dieser Sicht lässt die vergleichsweise „hohe“ Blutdruckgrenze des Ruheblutdrucks demnach nicht erklären. Es fällt jedoch auf, dass jene 25% der Werte oberhalb des Medians deutlich stärker streuen, als jene Messwerte unterhalb des Medians. Wird die obere Blutdruckgrenze somit bei der 92,9. Perzentile gezogen, dürfte die große Streuung der oberen Messwerte für den Blutdruckgrenzwert verantwortlich sein, der dem Grenzwert für Hypertonie bei Erwachsenen entspricht. Die Ergebnisse zum Ruhe- und Belastungsblutdruck weisen generell darauf hin, dass für Jungen im Alter von 16 bis 17 Jahren bereits die für Erwachsene geltenden Kriterien geltend gemacht werden können, um deren Blutdruck zu beurteilen. Ein Vergleich mit den Daten der KiGGS-Studie stützt diese These für Jungen umso stärker, je größer sie sind: Im Alter von 16,5 Jahren wird für die 95. Perzentile ab einer Körpergröße von 182 cm ein Referenzwert von 140,4 mmHg formuliert, der damit dem Erwachsenengrenzwert entspricht. Für Jungen im Alter von 17,5 Jahren trifft dies ab einer Körpergröße von 174 cm zu. Der für Erwachsene hoch normale systolische Blutdrucknormbereich (130 mmHg) kommt den zwischen der 90. und 95. Perzentile gelegenen Grenzwerten für 16- bis 17-jährige Jungen ebenfalls gleich. Alter und Körpergröße bestimmen den Blutdruck von Heranwachsenden wesentlich mit (Panico et al., 1987; Rascher, 2005; Fujita et al., 2010; Burgos et al., 2010; Neuhauser et al., 2011; Durrani & Fatima, 2011; Ma et al., 2012; NHBPEP, 2004). Gegenüber den Mädchen nehmen Jungen noch bis zu einem Alter von 18 Jahren an Körpergröße zu (Simons-Morton, Parcel, O'Hara, Blair & Pale, 1988; Neuhauser et al., 2011). Zeigen reifungsbedingte Blutdruckanstiege weniger eine Alters- sondern vielmehr eine Körpergrößenabhängigkeit (Rascher, 2005), kann vermutet werden, dass die Reifung insbesondere bei größeren Jungen bereits früher als bei ihren kleineren Geschlechtsgenossen abgeschlossen ist. Für diese Jungen könnten damit bereits die für Erwachsene vorgeschlagenen Normwerte zutreffen. Zumindest die o. g. Daten der KiGGS-Studie sprechen für diese Überlegung. Tatsächlich ließe sich hierdurch auch für die diskutierten Resultate bei den 16- bis 17-jährigen Jungen eine plausible Erklärung finden. Es ist anzunehmen, dass die Reifung bei einem erheblichen Teil der untersuchten Probanden bereits abgeschlossen bzw. weiter vorangeschritten ist. Reifungsbedingte Blutdruckunterschiede gegenüber Erwachsenen treten in dieser Gruppe rein physiologisch deutlich seltener auf als bei jüngeren Altersgruppen. Der mittlere systolische Ruheblutdruckwert von $120,9 \pm 12,3$ mmHg erhärtet diese

Annahme. Obwohl die Jungen das 18. Lebensalter noch nicht erreicht haben (und damit vermutlich noch an Größe zunehmen), erscheinen die hohen Grenzwerte auch unter Berücksichtigung der mittleren Körpergrößendaten von $180,2 \pm 5,7$ cm bei den 16-jährigen Jungen bzw. $177,8 \pm 7,2$ cm bei den 17-jährigen Jungen gerechtfertigt. Hier finden sich Parallelen zu den o. g. Befunden der KiGGS-Studie. Für eindeutige Rückschlüsse fehlen jedoch detaillierte Angaben zum Reifestatus der Probanden.

Im Vergleich zu den international empfohlenen Normwerten für das Erwachsenenalter entspricht der Grenzwert für einen erhöhten systolischen Ruheblutdruck bei 12- bis 13-Jährigen (128,0 mmHg) dem vorgeschlagenen Blutdrucknormbereich (120-129 mmHg), während er bei den 14- bis 15-Jährigen sowie 16- bis 17-Jährigen (132,0 mmHg bzw. 134,1 mmHg) schon einem hoch normalen Blutdruck gleich kommt. Im Geschlechtervergleich lagen die Cut-offs der Mädchen durchgehend in einem für Erwachsene geltenden Normalbereich. Bei 12- bis 13-jährigen Jungen entspricht der Grenzwert für Hypertonie (128,0 mmHg) dem Normbereich für Erwachsene, bei 14- bis 15-jährigen Jungen (134,0 mmHg) dem Messwert für einen hoch normalen Blutdruck und bei Jungen im Alter von 16 bis 17 Jahren (141,8 mmHg) einem als hypertensiv klassifizierten Blutdruckwert. Die gebildeten Cut-offs für den Belastungsblutdruck lassen sich angesichts der wenig verfügbaren Studienergebnisse schwer einordnen; einzig die Grenzwerte von Wiewel et al. (1985) für 12- bis 15-jährige Jungen kommen den Befunden in dieser Untersuchung nahe. Der von den Autoren formulierte obere Grenzwert für den systolischen Belastungsblutdruck von 167 mmHg bei 100 Watt Belastung liegt im Bereich der hier ermittelten Grenzwerte für hoch normale Blutdruckwerte bei 12- bis 13-Jährigen (166,3 mmHg) bzw. 14- bis 15-Jährigen (172,0 mmHg). Die oberen Grenzen für erhöhte Blutdruckwerte bei Belastung liegen in diesen Altersgruppen dagegen über den Werten von Wiewel und Kollegen (1985).

9.2.4 Beurteilung der Blutdruckkollektive

Sowohl für Erwachsene (u. a. Franz, 1982; Rost et al. 1984; Chaney & Eyman, 1988; Singh et al., 1999; Miyai et al., 2007) als auch für Kinder (Lauer, 1991; Briedigkeit, 1981; Franz, 1993; Grøntved et al., 2011) konnte unabhängig von der Höhe des Ruheblutdrucks ein erhöhtes Hypertonierisiko bei überschießender Blutdruckreaktion während Belastung gezeigt werden. Unter Anwendung der in Tabelle 14 vorgeschlagenen altersgruppenspezifischen Grenzwerte wiesen insgesamt 87,0% der 12- bis 13-Jährigen ($n=134$), 84,4% der 14- bis 15-Jährigen ($n=152$) und 88,0% der 16- bis 17-Jährigen ($n=139$) einen normalen Belastungsblutdruck auf. Demzufolge sind die übrigen Probanden ($n=67$, 13,6%) durchaus als gefährdet zu betrachten, im Laufe ihres weiteren Lebens eine arterielle Hypertonie zu entwickeln. Allein aus Sicht ihrer Blutdruckwerte bei Belastung sind diesen Heranwachsenden weitere Kontrolluntersuchungen zu empfehlen. Konkret betraf dies 12,7% der Jungen ($n=32$) und 14,6% der Mädchen ($n=35$), wenn die spezifischen für die Altersgruppe und das Geschlecht abhängigen Grenzwerte aus Tabelle 15 herangezogen werden.

Die Einteilung der Untersuchungsgruppe in normotensive und hypertensive Kollektive liefert auch bei Kindern und Jugendlichen wertvolle Informationen. Obwohl sich bei dem überwiegenden Teil der Probanden ein normaler Ruheblutdruck auch unter Belastung bestätigte ($n=389$; 79,1%), traf dies in 7,8% der Fälle ($n=38$) nicht zu. Trotz eines normalen Ruheblutdruckniveaus kam es bei diesen Probanden unter Belastung zu erheblichen Blutdruckanstiegen. Dagegen ließen sich bei 7,4% ($n=39$) hoch normale bzw. erhöhte Blutdruckwerte in Ruhe, aber normale Blutdruckwerte unter Belastung feststellen. In 5,9% ($n=29$) der Fälle bestätigten sich hoch normale bzw. hypertensive Ruheblutdruckwerte auch während der ergometrischen Belastungsuntersuchung (Tabelle 18). Im Einzelnen trug die ergometrische Untersuchung des Blutdrucks dazu bei, Probanden mit hoch normalem Ruheblutdruck ($n=23$, 4,7%) einem genauen Kollektiv zuzuordnen. In diesen Fällen erwies sich der Belastungsblutdruck mehrheitlich als unauffällig ($n=16$; 3,3%). Bei $n=7$ Probanden (1,4%) erhärtete sich jedoch der Verdacht auf eine gesundheitliche Gefährdung angesichts hoch normaler bzw. erhöhter Blutdruckmesswerte bei Belastung.

Diesen Befunden sind zunächst zwei wichtige Schlussfolgerungen zu entnehmen: Zum einen können „gesunde“, besonders aber auch risikogefährdete Heranwachsende mit Hilfe der ergometrischen Überprüfung des Blutdrucks deutlich

besser identifiziert werden. Eine standardisierte Belastungsuntersuchung scheint unter Berücksichtigung altersentsprechender Normwerte zur Risikostratifizierung gesundheitlich gefährdeter Kinder und Jugendliche gleichwohl geeignet zu sein. Zum anderen lässt sich von den hier dargestellten Daten zweifelsohne auf die Schwächen des Ruheblutdrucks schließen, an dessen Aussagewert sowohl bei normalem als auch bei erhöhtem Niveau gezweifelt werden darf. Zudem verdeutlichen die Daten, dass verdächtige Ruheblutdruckwerte einer weiterführenden Diagnostik unterzogen werden sollten, denn fast ein Drittel dieser Probanden zeigten unter Belastung hoch normale bzw. erhöhte Blutdruckwerte.

Die Resultate dieser Untersuchung zeigen eindrucksvoll, wie unterschiedlich Blutdruckreaktionen in Ruhe und während körperlicher Belastung zu bewerten sind sind. Auch wenn die vorliegende Untersuchung keine eindeutigen prognostischen Aussagen zulässt und zudem unklar erscheint, welche Blutdruckwerte tatsächlich als gefährlich einzustufen sind, dürfte die Messung des Belastungsblutdrucks in jedem Fall dazu geeignet sein, um Aussagen und Vermutungen zur Gesundheitsgefährdung von Heranwachsenden zu erhärten oder sogar neu zu treffen. Unter der Voraussetzung weiterführender Blutdruckkontrollen hat die Blutdruckmessung bei Belastung das Potenzial, klare Tendenzen aufzuzeigen, die mit der alleinigen Messung des Ruhe- bzw. Gelegenheitsblutdrucks nicht zu erbringen sind. Die Berücksichtigung weiterer Risikofaktoren dürfte die Bedeutsamkeit solcher Tendenzen erheblich steigern (u. a. Briedigkeit et al., 1979; Molineux & Steptoe, 1988). Sollten übertriebene Blutdruckreaktionen unter Belastung einer späteren Hypertonie tatsächlich oft um Jahre vorausgehen (Molineux & Steptoe, 1988; Briedigkeit, 1981; Grøntved et al., 2011), ist praktisch all jenen Probanden eine umfassende medizinische Kontrolle des kardiovaskulären Risikos zu empfehlen, die unter Belastung zumindest hypertensive, wenn nicht sogar hoch normale Messwerte zeigten. Sicherlich eignet sich die Messung des Belastungsblutdrucks nicht zur Routinediagnostik, jedoch könnte der Parameter ähnlich wie bei Erwachsenen einige wichtige Zusatzinformationen liefern, die einer genaueren Einschätzung des kardiovaskulären Risikos von Heranwachsenden dienlich wären.

9.3 Ergebnisdiskussion – Zusammenhänge mit kardiovaskulären Risikofaktoren

Im Zuge dieses Kapitels werden die Resultate der Zusammenhangsanalysen und kovarianzanalytischen Mittelwertvergleiche (vgl. Kapitel 8.8) aufgegriffen und im Kontext des bestehenden Forschungsstands diskutiert. Hierbei ist es von Interesse die Ergebnisse zum Belastungsblutdruck zu erörtern und sie in die bisherige Studienlage einzuordnen. Die Assoziationen des Ruhe- und Belastungsblutdrucks zu den übrigen Parametern werden unter Berücksichtigung der deskriptiven Befunddarstellung (vgl. Kapitel 8.3 bis Kapitel 8.7) aufgezeigt.

9.3.1 Ruhe- und Belastungsblutdruck

Zwischen dem systolischen Ruhe- und Belastungsblutdruck fand sich erwartungsgemäß ein hoher positiver Zusammenhang ($r=0,629$; $p<0,001$), während die diastolischen Blutdruckwerte nur moderat miteinander korrelierten ($r=0,374$; $p<0,001$). Dass die systolischen Blutdruckwerte nicht in einer engeren Beziehung zueinander stehen, verdeutlicht erneut die Unterschiedlichkeit beider Parameter. Endogene und exogene Einflussfaktoren (z. B. Angst, Aufregung, Lärm) sind während der Ruhemessung unter natürlichen Bedingungen kaum zu kontrollieren, sodass sich hoch normale oder erhöhte Ruhewerte während einer Belastungsuntersuchung häufig nicht bestätigen (v. a. Weißkittelhypertonie). Belastungshypertoniker weisen hingegen normale Ruheblutdruckwerte, aber erhöhte Messwerte während körperlicher Belastung auf. Derart krankhafte Blutdruckreaktionen werden erst während körperlicher Belastung sichtbar; für diese Personen ist die reine Ruheblutdruckmessung oft nicht aussagekräftig genug (Franz, 1982). Auch in dieser Untersuchung ließen sich die beschriebenen Reaktionsmuster beobachten (vgl. Kapitel 8.2.4), welche bereits in Kapitel 9.2.4 diskutiert wurden. Auch wenn sich der überwiegende Teil der normalen und erhöhten Ruheblutdruckwerte ebenso unter Belastung nachweisen ließ, so traf dies nicht auf alle Probanden zu. Infolgedessen war zu erwarten, dass Ruhe- und Belastungsblutdruck zwar stark aber nicht perfekt linear miteinander korrelieren. Demgegenüber kann die schwache bis moderate Korrelation zwischen den diastolischen Messwerten an dieser Stelle nur mit den bereits angesprochenen messtechnischen Problemen begründet werden.

Weiterhin zeigt sich, dass Alter, Geschlecht und Größe sowohl Ruhe- als auch Belastungsblutdruck wesentlich mitbestimmen, da die ermittelten Korrelationen durch Herauspartialisieren jener Drittvariablen leicht abgeschwächt werden ($r=0,564$; $p<0,001$). Der zunächst erklärte Varianzanteil von knapp 40% ($R^2=0,395$) sinkt danach auf 32% ($R^2=0,318$). Ein Anteil von zwei Drittel der Gesamtvarianz im Belastungsblutdruck geht damit auf andere Einflüsse als den Ruheblutdruck zurück.

Der Gruppenvergleich verdeutlicht abschließend, dass schon bei Heranwachsenden mit mindestens hoch normalen Ruheblutdruckwerten signifikant höhere Blutdruckwerte bei Belastung auch unabhängig von Alter, Geschlecht und Größe gemessen werden können. Der Anteil an erklärter Varianz des Belastungsblutdrucks liegt bei 11,0% ($\eta^2=0,110$). Nach Cohen (1988) ist dieser Effekt als annähernd groß einzuschätzen. Der Aufklärungsanteil sinkt auf 8,2%, nachdem der Übergewichtsparameter (BMI-Perzentile) berücksichtigt wurde. Unter dieser Bedingung näherte sich der mittlere Belastungsblutdruck der hypertensiven Probanden dem Messwert der normotensiven Probanden an, da offensichtlich ein Teil dieser Stichprobe vergleichsweise höhere Body-Mass-Indizes aufwies. Die Adjustierung dieser Werte führte erwartungsgemäß zur beobachteten Minimierung der Effektgröße. Selbst nach zusätzlicher Korrektur für die individuelle Fitnessleistung übt der Ruheblutdruck noch immer einen moderaten Effekt auf die Höhe des Belastungsblutdrucks aus ($\eta^2=0,068$). Ob ein in Ruhe ermittelter Blutdruckmesswert als hypertensiv oder normotensiv eingeordnet werden kann, hat offenbar einen wesentlichen Einfluss darauf, wie hoch der Blutdruck unter Belastung ausfallen wird. Dieser Effekt wird durch Alter, Geschlecht, Größe, BMI und Fitness zusätzlich modifiziert.

9.3.2 Blutdruck, BMI und Taillenumfang

Die Befunde stützen die Annahme eines Zusammenhangs zwischen dem Ruhe- bzw. Belastungsblutdruck und klassischen Übergewichts-Indizes. Ein hoher BMI bzw. Bauchumfang ist mit einem hohen Blutdruck in Ruhe sowie unter Belastung assoziiert. Die moderate Korrelation zwischen BMI und Ruheblutdruck dürfte angesichts der bereits gut dokumentierten Zusammenhänge in anderen Untersuchungen erwartet werden (Clarke et al., 1986; Muntner et al., 2004; Weiss et al., 2004). Die Ergebnisse

zum Belastungsblutdruck bringen gegenüber dem Ruheblutdruck durchaus weiterführende Erkenntnisse hervor. Die bestehende Forschungslage richtet sich hierbei stark auf männliche Probanden und ist zudem äußerst heterogen bezüglich der gewählten Belastungsintensität. Die vorliegenden Ergebnisse stimmen insofern mit den bisherigen Befunden überein, als dass auch dem Belastungsblutdruck eine enge Beziehung mit dem BMI nachgewiesen werden konnte (Carletti et al., 2008; Dipla et al., 2008; Tulio et al., 1995). Im Grunde aber lassen sich die Resultate allein mit den Ergebnissen der European Youth Heart Study (Møller et al., 2010) und denen von Ketelhut et al. (2011) vergleichen. Zwar wurde in der skandinavischen Studie der Blutdruck während Ausbelastung herangezogen, aber es ließen sich Zusammenhänge auf allen Belastungsstufen für eine vergleichbar große Stichprobe ähnlichen Alters ($n=429$, 14 bis 16 Jahre) finden – allerdings nur für die Jungen ($n=206$). Bei Ketelhut und Kollegen (2011) lag den Ergebnissen eine submaximale Belastung zugrunde – wenn auch einem anderen Belastungsprogramm folgend. Darüber hinaus wurden hier deutlich weniger ($n=108$) und zudem jüngere Probanden (6 Jahre) untersucht; es lassen sich außerdem keine Angaben zum Geschlecht ausfindig machen.

Auch die arterielle Blutdruckreaktion auf körperliche Anstrengung wird bei Heranwachsenden durch den BMI insofern beeinflusst (Tulio et al., 1995), als dass höhere Blutdruckwerte bei höheren Body-Mass-Indizes zu erwarten sind. Es dürfte hierbei von weiterem Interesse sein, ob sich bei den betroffenen Probanden bereits Zusammenhänge mit der linksventrikulären Masse finden lassen. So erwies sich der Belastungsblutdruck schon bei Kindern als signifikantes Korrelat der linksventrikulären Masse (Ketelhut et al., 2007), welche bei fettleibigen und hypertensiven Kindern in Form einer linksventrikulären Hypertrophie als charakteristischer Endorganschaden in Erscheinung treten kann (u. a. Rode et al., 2003; Eisenmann et al., 2007; Ayer et al., 2008).

Die Analyse zeigt weiterhin, dass der systolische Ruheblutdruck signifikant mit dem Taillenumfang korreliert. Auch dieses Ergebnis stimmt mit den Untersuchungen anderer Autoren (u. a. Maffeis et al., 2001; Freedman et al., 2001; Lu et al., 2013) überein. Erstmals können zudem bedeutsame Zusammenhänge zwischen dem Bauchumfang und dem Belastungsblutdruck gezeigt werden. Dem Taillenumfang ist als Parameter der viszeralen Adipositas und somit pathologischem Nenner des Metabolischen Syndroms besondere Beachtung zu schenken.

In der Literatur gehören BMI und Bauchumfang zu den am häufigsten eingesetzten Indizes für Übergewicht und Adipositas. Bislang konnte kein Konsens gefunden werden, welcher dieser Parameter am besten zur Identifikation eines Bluthochdrucks geeignet ist. Es dürfte jedoch klar geworden sein, dass sich allein anhand von BMI und Bauchumfang wertvolle Informationen für das kardiovaskuläre Risiko von Heranwachsenden ableiten lassen. Im Vergleich konnten für die Zusammenhänge zwischen dem Bauchumfang und dem Ruhe- sowie Belastungsblutdruck höhere Korrelationskoeffizienten ermittelt werden als es für den BMI der Fall war. Dies entspricht der Theorie von Goran und Gower (1999), die ebenfalls stärkere Korrelationen sowohl für das Erwachsenen- als auch für das Kindesalter feststellten. Die vorliegenden Resultate zeigen, dass auch für den Belastungsblutdruck eine derartig enge Beziehung angenommen werden kann. Diese Schlussfolgerung ist allerdings vor dem Hintergrund zu betrachten, dass BMI und Bauchumfang per se in hohem Maße korrelieren (Tabelle 70) und damit ähnliche Merkmalsanteile erfassen. Insgesamt stellen beide Parameter in annähernd gleichem Maße einen zuverlässigen Indikator für Bluthochdruck dar (Genovesi et al., 2008; Choy et al., 2011; Serrano et al., 2013; Beck et al., 2011; Bekkers et al., 2012), weshalb in Untersuchungen auch beide Parameter betrachtet werden sollten. Nicht zuletzt deshalb, weil dem BMI keine Informationen zum individuellen Risikoprofil hinsichtlich der Fettverteilung im Körper zu entnehmen sind. Ob der Bauchumfang tatsächlich der bessere Parameter für das kardiovaskuläre Risiko ist (Kahn et al., 2005; Savva et al., 2000), kann durch die Zusammenhangsanalysen und aufgrund nur minimaler Abweichungen zum BMI nicht bestätigt werden.

Die Korrelationskoeffizienten weisen sowohl für den Ruhe- als auch für den Belastungsblutdruck auf einen moderaten Zusammenhang mit dem BMI und dem Bauchumfang hin. Die nur minimalen Unterschiede zwischen beiden Blutdruckparametern lassen sich inhaltlich nicht interpretieren. Es kann demnach nicht etwa angenommen werden, dass der Belastungsblutdruck stärker mit dem BMI bzw. Bauchumfang assoziiert ist als der Ruheblutdruck. Vielmehr stehen beide Parameter gleichermaßen stark mit (abdominalem) Übergewicht in Verbindung. Die ermittelten Korrelationen werden durch Herauspartialisieren der Drittvariablen leicht abgeschwächt. Die durch Alter, Geschlecht und Größe hervorgerufene Wirkung kommt hierbei dem Effekt einer partiellen Mediation der Zusammenhänge gleich

(Konfundierung). Ähnliche Resultate erzielten auch Maffeis und Kollegen (2001) für den Bauchumfang sowie Lu und Kollegen (2013) für den BMI. Im Gegensatz zu Maffeis et al. (2001) wurden die Korrelationen zwischen Blutdruck und Taillenumfang jedoch nicht für den BMI korrigiert. Da BMI und Taillenumfang eine hohe Inter-Item-Korrelation aufweisen ($r=0,85$), dürften die partiellen Korrelationskoeffizienten jedoch deutlich kleiner ausfallen. In der Diskussion um den „besseren“ Parameter für Hypertonie verliert der Taillenumfang bei Betrachtung der partiellen Korrelationskoeffizienten gegenüber dem BMI an Dominanz. Da Ruhe- und Belastungsblutdruck in nahezu identischem Maße mit den Drittvariablen korrelieren (Tabelle 70), wird der Bauchumfang durch die Drittvariablen scheinbar stärker konfundiert als der BMI. Überdies ergeben sich sowohl für den BMI als auch für den Bauchumfang alters-, geschlechts- und wachstumsbereinigte Korrelationskoeffizienten, die denen zwischen Blutdruck und BMI-Perzentile ähneln. Da Letztere bereits eine auf Alter, Geschlecht und Größe angepasste Variable ist, konnte dies erwartet werden. Die Korrelation von $r=0,29$ ($p<0,001$) zwischen der BMI-Perzentile und dem Ruheblutdruck ist hierbei mit dem bei Ullrich-French et al. (2011) ermittelten Zusammenhang von $r=0,39$ ($p<0,01$) vergleichbar.

Drittvariableneffekte ließen sich auch im Rahmen der kovarianzanalytischen Auswertungen beobachten. Die nachgewiesenen Blutdruckdifferenzen im Ruheblutdruck zwischen Übergewichtigen und Normalgewichtigen entsprechen der allgemeinen Forschungslage (u. a. Aristimuno et al., 1984; Friedemann et al., 2012; Sorof et al., 2004; Rosner et al., 2009; Falkner et al., 2006; Lauer & Clarke, 1989). Ähnlich wie in der Bogalusa Heart Study wäre der Informationsstand der vorliegenden Forschungsarbeit durch spätere Nachuntersuchungen ausbaufähig. Auf diesem Weg könnten weitere Blutdruckanstiege aufgedeckt und in Beziehung zum Ausgangs-BMI gebracht werden (Aristimuno et al., 1984). Zugleich könnten wie bei Field und Kollegen (2005) Aussagen zum Risiko für eine adulte Hypertonie anhand des BMI im Kindesalter getroffen werden. Für den Belastungsblutdruck lassen sich dagegen keine vergleichbaren Studien finden. Der bei Übergewichtigen signifikant höhere systolische Belastungsblutdruck entspricht jedoch den Beobachtungen, die u. a. Carletti und Kollegen (2008) bei übergewichtigen Jungen machen konnten.

Übergewicht bei Heranwachsenden wirkt sich schließlich ähnlich auf den Ruhe- und Belastungsblutdruck aus (10,3 mmHg vs. 9,1 mmHg, $p<0,001$). In beiden Fällen liegt

ein nur kleiner Effekt vor, wobei sich durch den BMI 3,1% der Varianz der Blutdruckwerte unter Belastung und 9,1% der Gesamtvarianz des Ruheblutdrucks aufklären lassen ($\eta^2=0,031$ vs. $\eta^2=0,091$). Im weiteren Verlauf wird deutlich, dass ein erheblicher Teil der Varianz des Belastungsblutdrucks bei Übergewichtigen auf die körperliche Leistungsfähigkeit zurückgeht (Ferrara et al., 1991). Wird sie als zusätzliche Kovariate in die Varianzanalyse aufgenommen, reduzierte sich der Blutdruckunterschied und ist zudem nicht mehr statistisch signifikant. Eine gute körperliche Fitness senkt offenbar das mit einem hohen BMI einhergehende Risiko für einen erhöhten Belastungsblutdruck. Bislang konnte dies allenfalls für den Ruheblutdruck gezeigt werden (Marcelino et al., 2012). Im Gegensatz dazu ändert sich die mittlere Differenz im Ruheblutdruck nach Adjustierung für die Fitness jedoch nur minimal, sodass weiterhin ein nennenswerter Gruppenunterschied festzustellen ist. Die beobachtete Änderung geht auf die Abnahme des Blutdruckniveaus bei Übergewichtigen zurück (1,8 mmHg), welche offensichtlich ebenfalls aufgrund ihrer geringeren Fitness einen höheren Ruheblutdruck aufweisen (Ekelund et al., 2007, Bergman et al., 2013; Marcelino et al., 2012), der infolge der statistischen Korrektur abnahm. Im Gegensatz zum Belastungsblutdruck wird der Effekt auf den Ruheblutdruck dagegen weniger stark durch die Fitness modifiziert. Der Anteil der erklärten Varianz an der Gesamtvarianz des Ruheblutdrucks sinkt nach zusätzlicher Korrektur für die Fitness von 9,1% auf 5,4%. Der Blutdruck der Normalgewichtigen zeigte nach Adjustierung für die Fitness hingegen keine Veränderung. Vermutlich wirkt sich eine geringe Fitness insbesondere bei Übergewichtigen zusätzlich blutdrucksteigernd aus, während der Fitness bei normalgewichtigen Heranwachsenden in diesem Fall kein Effekt nachzuweisen ist. Dasselbe ließ sich auch für den Belastungsblutdruck beobachten mit dem Unterschied, dass die Blutdrucksenkung gegenüber dem Ruheblutdruck etwas größer ausfiel (4,5 mmHg). Bei Übergewichtigen wird der Belastungsblutdruck offenbar wesentlich stärker durch die körperliche Fitness mitbestimmt, als es beim Ruheblutdruck der Fall ist. Auch unabhängig vom Alter, dem Geschlecht und der Größe weisen übergewichtige Heranwachsende höhere Blutdruckwerte in Ruhe und unter Belastung auf, die bei letzterem maßgeblich durch das Fitnessniveau des Jugendlichen modifiziert werden. Der blutdrucksteigernde Effekt eines erhöhten Bauchumfangs (≥ 90 . Perzentile) wird in ähnlicher Weise durch die Fitness beeinflusst. Zunächst lassen sich keine

nennenswerten Unterschiede in den mittleren Blutdruckdifferenzen von Ruhe- und Belastungsblutdruck beobachten (8,4 mmHg, $p < 0,001$ vs. 8,7 mmHg, $p = 0,001$). Dennoch können 5,5% ($\eta^2 = 0,055$) der Unterschiedlichkeit in den Ruheblutdruckwerten durch den Bauchumfang aufgeklärt werden, während es bei den Blutdruckwerten unter Belastung nur zu 2,1% möglich ist ($\eta^2 = 0,021$). Gegenüber dem BMI erklärt der Bauchumfang damit einen geringeren Varianzanteil im systolischen Ruhe- und Belastungsblutdruck. Wie auch bei Übergewichtigen relativierten sich die Unterschiede nach der Korrektur für die individuelle Fitnessleistung, indem der Blutdruck der Probanden mit erhöhtem Bauchumfang abnahm. Der Belastungsblutdruck scheint auch bei Probanden mit erhöhtem Bauchumfang besonders infolge niedrigerer Fitnesswerte höher zu sein. Deshalb lassen sich auch ähnliche Schlussfolgerungen ziehen. Wie bei Übergewichtigen sinkt der Anteil der erklärten Varianz von 5,5% auf 2,4%, wenn die Ruheblutdruckwerte um den Einfluss der relativen Fitness bereinigt werden.

Insgesamt stellen BMI und Bauchumfang zunächst geeignete Parameter dar, um das Risiko für das Vorliegen erhöhter Blutdruckwerte in Ruhe und unter Belastung einzuschätzen. Wie bereits anhand der Korrelationskoeffizienten ersichtlich, sind beide Parameter auch im Gruppenvergleich gleichermaßen mit dem Ruhe- und Belastungsblutdruck assoziiert. Von der körperlichen Fitness wird der Belastungsblutdruck bei Übergewichtigen und Probanden mit abdominaler Adipositas hingegen deutlich stärker beeinflusst als der Ruheblutdruck. Dem von McAuley und Blair (2001) beschriebenen „Fett-aber-Fit“ Paradoxon wurde in der Auswertung nicht explizit nachgegangen. An dieser Stelle müsste der körperlichen Fitness der Effekt eines Moderators zukommen, der dazu führt, dass der Zusammenhang zwischen dem BMI und dem Blutdruck je nach Abhängigkeit vom Fitnesslevel unterschiedlich ausgeprägt ist. Da die für die Fitness adjustierten Blutdruckwerte bei Übergewichtigen jedoch stets niedriger statt höher als die unbereinigten Werte ausfielen, machten übergewichtige, aber fitte Probanden offenbar nur einen geringen, wenn nicht sogar keinen Anteil an dieser Stichprobe aus. Genau genommen erreichte nur ein Versuchsteilnehmer (25,0 kg/m², 92. BMI-Perzentile) eine als „gut“ bewertete relative Leistungsfähigkeit von 2,5 Watt/kg Körpergewicht.

Der kindlichen Adipositas kommt eine Sonderrolle zu: Übergewicht ist der wichtigste Risikofaktor für einen erhöhten systolischen Blutdruck bei Kindern und Jugendlichen

und für die hohe Prävalenz der Hypertonie in diesem Altersbereich verantwortlich (Lurbe et al., 2009; Lloyd, Langley-Evans & McMullen, 2010; Sorof et al., 2004; Paradis et al., 2004). Im Zusammenhang mit hohen Blutdruckwerten bei Heranwachsenden scheint ein hoher BMI als einer der wichtigsten Risikofaktoren (Chobanian et al., 2003). Die Bedeutung eines bereits im Kindesalter bestehenden Übergewichts besteht nicht zuletzt darin, dass betroffene Kinder auch im Erwachsenenalter adipös bleiben und folglich ein deutlich erhöhtes Risiko für Morbidität und Mortalität haben (u. a. Freedman et al., 2001; Field et al., 2005). Der wissenschaftlichen Datenlage folgend, können zumindest bei Probanden mit einem BMI (13,4%, $n=71$) und/oder Taillenumfang (12,3%, $n=65$) und/oder Ruheblutdruck oberhalb der 90. KiGGS-Perzentile (12,4%, $n=66$) erste Prädispositionen für die Entwicklung und Manifestation kurz- und langfristiger Erkrankungen vermutet werden (Maffeis et al., 2001; Freedman et al., 1999). Gerade für diese Subgruppen besteht ein erhöhtes Risiko, bereits vor dem Erwachsenenalter ein Metabolisches Syndrom zu entwickeln (Lobstein et al., 2004). Gegenüber den für BMI (Kromeyer-Hauschild et al., 2001) und Taillenumfang (Kromeyer-Hauschild et al., 2011) herangezogenen Referenzpopulationen weist die untersuchte Stichprobe im Übrigen einen etwas höheren Anteil an Übergewichtigen und Adipösen bzw. Probanden mit erhöhtem Bauchumfang auf.

Da erhöhte BMI- und Blutdruckwerte bis ins Erwachsenenalter bestehen bleiben, ist aus gesundheitlicher Perspektive beiden Parametern besondere Aufmerksamkeit zu schenken (Torrance et al., 2007). Übergewicht und Bluthochdruck führen als Einzelfaktoren sowie im Rahmen des Metabolischen Syndroms zu einer signifikanten Zunahme des kardiovaskulären Risikos (Sorof & Daniels, 2002; Torrance et al., 2007). Die Forschungserkenntnisse weisen darauf hin, dass der Belastungsblutdruck bereits bei Heranwachsenden mit Übergewichts-Indizes assoziiert ist. Aus den Daten lassen sich zunächst keine bedeutsamen Unterschiede zwischen dem Ruhe- und Belastungsblutdruck ableiten; beide Parameter scheinen daher in ähnlicher Weise mit Übergewicht assoziiert zu sein. Deutlich wurde dennoch, dass der Fitnesszustand auch bei Heranwachsenden den Zusammenhang mit dem Belastungsblutdruck maßgeblich beeinflusst (Franz, 1978; Kokkinos et al., 2002; Le et al., 2008), während der Ruheblutdruck nur wenig durch die Fitness bestimmt wird.

9.3.3 *Blutdruck und Fitness*

Untersuchungen belegen, dass sich das Fitnessniveau im Kindes- und Jugendalter als Risikofaktor auf den Blutdruck auswirkt (Shea et al., 1994; Carnethon et al., 2005; Ekelund et al., 2007). Die vorliegenden Daten weisen darauf hin, dass diese Beziehung nicht nur zum Ruheblutdruck, sondern auch zum Blutdruck während Belastung besteht. Die hier mittels PWC170 gemessene submaximale Ausdauerleistung erwies sich als schwaches, aber dennoch signifikantes Korrelat der Blutdruckparameter. Die Drittvariablen bewirkten hierbei einen Suppressionseffekt, da erst die Partialkorrelation zu einem signifikanten Ergebnis führte. Gleiches ließ sich für die ordinalskalierten Fitnesskategorien beobachten. Die in der Literatur häufig diskutierte Abhängigkeit der relativen Ausdauerleistungsfähigkeit vom Alter (Mocellin & Gildein, 1997; Klemm, 1988; Rost, 1998; Mocellin & Rutenfranz, 1970; Bös et al., 2009) kann durch diese Studie bestätigt werden. Jungen erzielten auf jeder Altersstufe höhere absolute und mit Ausnahme des 12. Lebensjahres auch bessere relative Leistungsergebnisse als Mädchen. Da jüngere Probanden gegenüber Älteren nicht nur kleiner sind, sondern auch einen geringeren Blutdruck haben und zudem eine geringere Fitness aufweisen, erreichte der bivariate Korrelationskoeffizient zunächst einen Wert nahe Null. Das dennoch invers ausgeprägte Assoziationsmaß dürfte nicht zuletzt durch den Geschlechtseffekt zustande kommen. Die Drittvariablen verzerren den Zusammenhang nicht nur geradezu, sondern scheinen diesen auch tendenziell zu unterdrücken.

Die ermittelte Korrelation zwischen der körperlichen Fitness und dem Ruheblutdruck kommt den in der Literatur beschriebenen Erkenntnissen gleich (u. a. Carnethon et al., 2005). Auch in der vorliegenden Studie kann dieser Korrelation nur eine geringe Stärke zugewiesen werden (Ruiz et al., 2007; Dwyer & Gibbons, 1993). Erhebliche Blutdruckanstiege unter Belastung ließen sich bei unfitten Erwachsenen deutlich eher feststellen als bei Fitten (Franz, 1978; Kokkinos et al., 2002; Le et al., 2008). Im Hinblick auf den Belastungsblutdruck von Heranwachsenden können einzig die Resultate von Møller und Kollegen (2010) gegenüber gestellt werden. Für die Erklärung des unerwartet einzigen positiven Zusammenhangs, der sich in dieser Studie bei 14- bis 16-jährigen Mädchen zeigte, dürften die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung dienlich sein. Da ein signifikantes Ergebnis bei Møller et al. (2010) ausschließlich für die ältere Untersuchungsgruppe vorlag, kann angenommen werden, dass einwirkende

Drittvariablen zu ähnlichen Verzerrungen führten. Es kann daher erstmals ein signifikant negativer Zusammenhang zwischen der relativen Ausdauerleistungsfähigkeit und dem systolischen Belastungsblutdruck nachgewiesen werden. Je unfitter demnach Heranwachsende sind, desto höher steigt ihr Blutdruck während körperlicher Belastung an. Dieser Zusammenhang kann durch die kovarianzanalytischen Betrachtungen untermauert werden.

Mit zunehmendem Fitnesslevel ließen sich niedrigere Blutdruckwerte in Ruhe und bei Belastung messen. Unter Belastung fielen die mittleren Blutdruckunterschiede tendenziell höher aus; insgesamt ließen sich durch die vier Fitnesskategorien jedoch nur 3,4% der Ruheblutdruckvarianz und 4,9% der Varianz des Belastungsblutdrucks aufklären. Ähnliche Resultate erbrachte die Unterscheidung in „geringe“ und „gute“ körperliche Fitness ($\eta^2=0,021$ vs. $\eta^2=0,038$). Der Effekt des Fitnessniveaus kann demnach als gering eingeschätzt werden, was mit dem von Guerra et al. (2002) gezogenem Fazit übereinstimmt, in der körperlichen Fitness kein besonders starkes Korrelat für die Blutdruckvarianz zu sehen. Die moderate Korrelation zwischen BMI und Blutdruck relativiert die Interpretation der Haupteffekte, denn unabhängig von der BMI-Perzentile bestanden zwischen den einzelnen Fitnesskategorien keine statistisch relevanten Ruheblutdruckunterschiede mehr. Offenbar beruhten die Unterschiede auf der Tatsache, dass sich Probanden mit vergleichsweise höherem BMI und damit höherem Ruheblutdruckniveau eher unter den unfitteren Versuchspersonen befanden. Die Adjustierung des durch Übergewicht hervorgerufenen blutdrucksteigernden Effekts führte schließlich zu keinen nennenswerten Mittelwertunterschieden mehr. Für den Belastungsblutdruck traf dies in ähnlicher Weise zu; der individuelle Fitnesszustand wirkte sich allerdings weiterhin und somit auch unabhängig vom BMI signifikant auf den systolischen Blutdruck unter Belastung aus. Obwohl sich das Blutdruckniveau mit der Korrektur des BMI zwischen Probanden unterschiedlicher Leistungsfähigkeit annäherte, reagieren die Unfittesten offenbar noch immer mit einem rascheren Blutdruckanstieg auf körperliche Belastung als die Fittesten der Untersuchungsgruppe. Der erklärte BMI-adjustierte Varianzanteil sank von 4,9% auf 2,1%. Es kann daher festgehalten werden, dass der Faktor „Fitness“ auch unabhängig vom BMI einen nur geringen, aber dennoch nachweislichen Einfluss auf den Belastungsblutdruck hat. Da der Faktor „Übergewicht“ dagegen keinen wesentlichen Effekt mehr auf den Belastungsblutdruck ausübte, nachdem für die Fitness adjustiert

wurde, dürfte die Fitness zumindest im Rahmen eines Gruppenvergleichs für den Belastungsblutdruck von höherer Bedeutung sein. Der Belastungsblutdruck wird bei Übergewichtigen und Normalgewichtigen offenbar stärker durch die Fitness beeinflusst, als der Belastungsblutdruck bei Unfiten und Fitnen durch den BMI. Für den Ruheblutdruck deuten die Ergebnisse auf ein umgekehrtes Bedingungsgefüge hin.

Zumindest für den Ruheblutdruck lassen sich für die vorliegenden Befunde Gemeinsamkeiten mit den Ergebnissen anderer Untersuchungen finden. So konnten auch in der European Youth Heart Study keine von einer Adipositas unabhängigen Zusammenhänge zwischen der Fitness und dem systolischen Ruheblutdruck nachgewiesen werden (Ekelund et al., 2007). Ähnliche Befunde liegen von Hunt et al. (2011) und Bergmann et al. (2013) vor. Für den Belastungsblutdruck hingegen ließen sich Zusammenhänge mit der Fitness auch unabhängig vom BMI, wenn auch in abgeschwächter Form finden.

Ausgehend von den Ergebnissen der Danish Youth and Sports Study können damit erhöhte Ruhe- aber auch Belastungsblutdruckwerte als weitere Risikofaktoren bei unfiten Probandengruppen bestätigt werden (Andersen, 2004). Übergewicht kommt als zusätzlich vorliegender Risikofaktor ebenfalls in Betracht. Die Inter-Item-Korrelationen lassen weitere Risikofaktoren vermuten, welche in diesem Zusammenhang mittels logistischer Regression zu prüfen wären. Ob diese Beziehungen ähnlich wie bei Andersen und Kollegen (2004) langfristig Bestand haben, bleibt offen.

Insgesamt erhöht eine geringe körperliche Leistungsfähigkeit das Risiko für erhöhte Blutdruckwerte (Carnethon et al., 2005); diese Beziehung besteht dagegen zumindest für den Ruheblutdruck nicht völlig unabhängig vom BMI. Da Mediator- und Moderatorwirkungen im Kontext von Fitness und Übergewicht nur schwierig zu belegen sind (Rauner et al., 2013), ist eine Verbesserung der Fitness stets auch mit einer zusätzlichen Gewichtsreduktion anzustreben. Der schwache Fitnesszustand bei rund einem Drittel der untersuchten Probanden ($n=334$; 68,3%) geht vermutlich mit einem ungünstigen metabolischen und kardiovaskulären Risikoprofil einher (u. a. Brage et al., 2004; Andersen et al., 2003; Ekelund et al., 2007; Ruiz et al., 2007; Ortega et al., 2007; Anderssen et al., 2007) und ist damit ein zusätzlicher Risikofaktor, der mit der Ausprägung adulter Risikofaktoren assoziiert ist (Ruiz et al., 2009; Twisk et al., 2002; Hasselstrøm et al., 2002).

9.3.4 Blutdruck und Aktivität

MVPA-Index

Der intensitätsabhängige Aktivitäts-Index war signifikant, jedoch sehr schwach mit dem Belastungsblutdruck, nicht aber mit dem Ruheblutdruck korreliert. Wie auch bei der körperlichen Leistungsfähigkeit war der Blutdruck der Probanden nicht umso höher, je geringer die Aktivität war, solange nicht für Alter, Geschlecht und Größe adjustiert wurde. Die Interkorrelationen weisen auf Zusammenhänge mit dem Geschlecht und der Körpergröße, nicht aber mit dem Lebensalter hin. Da Jungen zum einen größer und tatsächlich deutlich öfter pro Woche für 60 Minuten am Tag aktiv waren, aber zum anderen auch einen höheren Ruhe- und Belastungsblutdruck zeigten als Mädchen, blieben lineare Abhängigkeiten zwischen beiden Parametern nahezu vollständig aus. Die Tatsache, dass größere Probanden auch älter waren, welche wiederum gemeinsam mit den Jüngsten der Stichprobe ein wesentlich besseres Aktivitätsprofil zeigten, ließ eindeutige (negative) Zusammenhänge nur schwer aufkommen.

Nach der Adjustierung verhielten sich beide Blutdruckparameter schließlich invers zum MVPA-Index. Der Zusammenhang zwischen dem systolischen Belastungsblutdruck und der körperlich-sportlichen Aktivität ist zwar sehr schwach, aber trotz der problematischen Messbarkeit von körperlicher Aktivität als relevant zu bewerten (Müller et al., 2010; Beneke & Leithäuser, 2008). Erwähnenswert ist zudem, dass Zusammenhänge bislang allenfalls für den Ruheblutdruck nachgewiesen werden konnten (u. a. Andersen et al., 2006; Pescatello et al., 2004; Rocchini et al., 1988), während es der Datenlage für den Belastungsblutdruck an Studien mangelt. Dass diese Assoziation anscheinend auch mit dem Blutdruck unter Belastung besteht, geht über die Erkenntnisse bisheriger Forschungsarbeiten hinaus. Einzig Untersuchungen von Ketelhut et al. (2005) weisen auf blutdrucksenkende Effekte unter Belastung durch Bewegung hin, welche sich allerdings nur diastolisch zeigten.

Es konnte zudem erstmals für den MVPA-Index ein Zusammenhang mit dem Blutdruck bei Heranwachsenden gezeigt werden. In einer Analyse von Krug et al. (2011) waren Jungen und Mädchen, die das Mindestmaß an körperlich-sportlicher Aktivität erreichten, keine statistisch relevanten Korrelationen mit ihrem Gesundheitszustand nachzuweisen. Ein eindeutiger und hoher Zusammenhang blieb dennoch aus

(Sygusch, 2005; Strong et al., 2005), obgleich kardiovaskuläre Adaptationen auf körperliche Aktivität über alle Altersklassen hinweg hinreichend bekannt sind (u. a. Kindermann, 2003; Graf & Rost, 2001; Predel, 2007).

In der wissenschaftlichen Literatur werden antihypertensive Effekte häufig bei adipösen Heranwachsenden im Rahmen einer Bewegungstherapie zitiert, welche nicht selten ohne eine Gewichtsreduktion einherging (u. a. Torrance et al., 2007; Hagberg et al., 1984). Die Befunde lassen sich unter diesem Gesichtspunkt nur schwer interpretieren. Dass körperliche Inaktivität, Blutdruck und Übergewicht offensichtlich interagieren, zeigt sich auch in dieser Untersuchung. Ein Erreichen der aktuellen Aktivitätsempfehlung hatte nach der Adjustierung für Alter, Geschlecht und Größe signifikant niedrigere Ruhe- und Belastungsblutdruckwerte zur Folge. Im Gegensatz zur Partialkorrelation wiesen Probanden im oberen Aktivitätsdrittel offensichtlich noch signifikant niedrigere Ruheblutdruckwerte auf als Probanden des restlichen Kollektivs. Allerdings bringt der MVPA-Index einen verschwindend geringen Anteil an aufgeklärter Varianz mit ($\eta^2=0,008$), weshalb sich auch hier bereits ein genereller Zweifel an der Bedeutsamkeit dieses Ergebnisses andeutet. Die Gesamtvarianz des Belastungsblutdrucks wird zwar nur unwesentlich besser durch den MVPA-Index aufgeklärt ($\eta^2=0,015$); gegenüber dem Ruheblutdruck kann dieser Effekt dennoch als gering interpretiert werden. Unter Berücksichtigung von BMI und Fitness verliert der Effekt auf den Belastungsblutdruck minimal an Größe ($\eta^2=0,010$), während sich die Blutdruckwerte in Ruhe erwartungsgemäß nicht mehr voneinander unterscheiden. Dass sich ein Erreichen der Aktivitätsempfehlung günstig auf den Ruhe- und Belastungsblutdruck von Heranwachsenden auswirkt, ließ sich hiermit erstmals nachweisen. Dieser Einfluss zeichnet sich jedoch durch vielfältige Interaktionen zwischen Aktivität, Fitness, Blutdruck und BMI aus. Der Effekt auf den Belastungsblutdruck zeigt sich hingegen auch unabhängig vom BMI und der Fitness.

Das bei Jungen höhere Aktivitätsausmaß stimmt vollständig mit den Ergebnissen anderer Studien, wie z. B. der KiGGS-Studie, überein. Anders als in der KiGGS-Studie waren jedoch die 14- bis 15-Jährigen am wenigsten körperlich-sportlich aktiv, bevor sich mit zunehmendem Alter ein erneuter Anstieg verzeichnen ließ. Offen bleibt, ob sich der in dieser Untersuchung größere Anteil inaktiver Mädchen wie auch in der KiGGS-Studie mit dem sozialen Kontext in Verbindung bringen lässt (Lampert et al., 2007). Hier betrafen Defizite in der körperlich-sportlichen Aktivität in der Altersgruppe

der 11- bis 17-Jährigen überwiegend Mädchen mit niedrigem Sozialstatus und Migrationshintergrund. Insgesamt war der Anteil regelmäßig aktiver Heranwachsender (mindestens einmal pro Woche) in dieser Studie im Mittel größer als in der alters- und geschlechtsanalogen Referenzpopulation der KiGGS-Studie. Jungen und Mädchen kamen den Aktivitätsempfehlungen zudem häufiger nach als die 11- bis 17-jährigen Jungen und Mädchen der KiGGS-Studie (Lampert et al., 2007). Auch gegenüber den aktuellen MoMo-Aktivitätsdaten ist der Anteil ausreichend aktiver Heranwachsender in dieser Untersuchung deutlich höher (Bös et al., 2009). Auch wenn die vorliegende Studie eine eingeschränkte Repräsentativität besitzt, ergeben sich anhand dieser Daten Hinweise auf eine leichte Verbesserung in der aktuellen Aktivitätssituation. Diese Tendenz könnte sich möglicherweise schon durch die Ergebnisse der Folgestudie des Kinder- und Jugendgesundheits surveys („KiGGS Welle 1“) bestätigen. Bedarf es den Aktivitätsrichtlinien unter präventiven Gesichtspunkten tatsächlich einer Anpassung (Andersen et al., 2006; Graf et al., 2013), stellen Basisempfehlungen zur körperlichen Aktivität und Maßnahmen zur Bewegungsförderung einmal mehr eine zentrale Herausforderung dar.

Schulweggestaltung

Die Untersuchungsergebnisse geben erste Hinweise darauf, dass sich eine aktive Schulweggestaltung positiv auf den Blutdruck bei Belastung von Heranwachsenden auswirken könnte. Dem Faktor „Schulweggestaltung“ war ein nur sehr schwacher Effekt auf den systolischen Belastungsblutdruck nachzuweisen ($\eta^2=0,012$), der sich allerdings nach der Korrektur für die BMI-Perzentile und Fitness verlor. Unter dem Einfluss von Alter, Geschlecht und Größe erwies sich schließlich die individuelle Fitnessleistung als eigentlicher „Mediator“ dieses Effekts. Probanden, die zu Fuß oder mit dem Fahrrad zur Schule kamen, zeigten offenbar niedrigere Blutdruckwerte bei Belastung, weil diese gegenüber den Inaktiven auch deutlich fitter waren. Hierbei wird erneut deutlich, dass der Belastungsblutdruck eng mit der Fitness vergesellschaftet ist, während ein bedeutsamer Effekt auch unabhängig vom BMI vorlag ($p=0,019$, $\eta^2=0,011$). Insofern entspricht dies wiederholt den Beobachtungen der European Youth Heart Study, in der die körperliche Aktivität unabhängig von einer Adipositas invers zu kardiovaskulären Risikofaktoren korreliert war (Ekelund et al., 2007). Dass die Schulweggestaltung tatsächlich mit der Fitness assoziiert ist, erkannten auch

Chillón et al. (2013) in einer Langzeitstudie sowie Lubans und Kollegen (2010). Die ermittelte negative Korrelation zwischen beiden Parametern unterstreicht diese Beziehung ($r=-0,175$; $p<0,001$). Unklar ist, ob der durch den aktiven Schulweg höhere Bewegungsumfang oder die bessere Fitness als Ursache oder Wirkung in diesem Beziehungsgefüge agieren. Untersuchungsergebnissen zufolge (Narring et al., 1999, Klaes et al., 2003) könnte eine kausale Beziehung darin bestehen, dass der aktive Lebensstil mit einer verbesserten Fitness einhergeht und folglich mit niedrigeren Blutdruckwerten unter Belastung verbunden ist.

Zusammenfassend weisen die Ergebnisse darauf hin, dass einer aktiven Gestaltung des Schulwegs ein gewisses Potenzial für die Aktivität im Alltag zukommt (Andersen et al., 2000). Mehr als die Hälfte der untersuchten Probanden konnten davon offenbar profitieren ($n=328$; 61,8%).

Schul-, Freizeit-, Vereins- und Gesamtaktivität

Die Ergebnisse zur körperlichen Aktivität weisen zunächst auf die in der Literatur beschriebene Geschlechtsabhängigkeit und altersspezifische Abnahme in der Aktivität sowie Veränderung in der Art ihrer Ausübung hin (Malina, 1991). So nahm der Anteil sportlich Inaktiver (Freizeit/Verein) mit dem Alter deutlich zu; Mädchen betraf dies tendenziell häufiger als Jungen. Dieses Missverhältnis lässt sich durch die KiGGS-Daten untermauern (Lampert et al., 2007). Wie im Motorik-Modul waren Mädchen zudem seltener Mitglied in einem Sportverein (Bös et al., 2009). Die Mitgliedschaft im Verein nahm auch in dieser Untersuchung tendenziell mit zunehmendem Alter ab; die wöchentliche Trainingshäufigkeit der untersuchten Probanden liegt zudem deutlich höher als im Motorik-Modul. Tatsächlich bewegten sich Ältere jedoch länger in Sportvereinen als Jüngere; diese waren wiederum länger mit Freizeitaktivitäten beschäftigt. Die wöchentliche Bewegungszeit steigt daher im Altersgang an, während gleichzeitig der Anteil inaktiver Probanden mit dem Alter zunahm. Geht es also um die reine Bewegungszeit, lässt sich eine altersabhängige Aktivitätsabnahme zumindest anhand der Daten dieser Studie nicht bestätigen. Insgesamt aber können Aktivitätsdefizite in der Häufigkeit mit steigendem Alter und zu Ungunsten der Mädchen auch in dieser Untersuchung belegt werden. Dennoch ist das Aktivitätsniveau höher als in vergleichbaren Studien.

Entgegen der wissenschaftlichen Datenlage lassen diese Besonderheiten zunächst positive Zusammenhänge zwischen den Aktivitäts-Indizes und dem Blutdruck erwarten, welche erst nach der Adjustierung von Alter, Geschlecht und Größe negativ werden sollten. Die Prüfung auf signifikante Zusammenhänge zwischen den Blutdruckparametern und den Sub-Indizes kam jedoch zu keinerlei statistisch relevanten Korrelationen. Die Resultate sind dennoch weniger überraschend, wenn sie im Kontext der Erhebungsmethode diskutiert werden. Bereits in früheren Untersuchungen von Kahlert und Brand (2011) erwies sich lediglich der MVPA-Index des „MoMo-AFB“ als valide. Für alle übrigen Subskalen ließen sich keine hinreichenden Zusammenhänge mit der objektiv gemessenen Aktivität feststellen. Die Ergebnisse können insofern sehr gut auf die vorliegenden Resultate übertragen werden, da sich hier einzig der MVPA-Index als signifikant mit dem Blutdruck assoziierte Variable erwies. Die Tendenz zur Selbstüberschätzung kann auch in dieser Studie angenommen werden. Typische Schwächen der Fragebogenmethode werden in Kapitel 9.1.3 diskutiert. Es war zu erwarten, dass auch in den Gruppenvergleichen keine nennenswerten Blutdruckunterschiede zu finden sind. Wie in den vorherigen Analysen hatte der Aktivitätsstatus keinen Einfluss auf den Ruheblutdruck. Die bei freizeitaktiven Probanden niedrigeren Belastungsblutdruckwerte konnten nach der gemeinsamen Korrektur für BMI-Perzentile und Fitness nicht bestätigt werden, während unter einzelner Berücksichtigung weiterhin signifikante Unterschiede vorlagen. Der bei freizeitinaktiven Probanden zunächst höhere Blutdruck unter Belastung wird offenbar wesentlich über den Effekt der Kovariaten respektive der blutdrucksteigenden Wirkung eines hohen BMI sowie einer geringen Fitness erklärt. Die Vereinssportaktivität allein reichte dagegen nicht aus, um niedrigere Blutdruckwerte herbeizuführen. Dies ist überraschend, da Vereinssportaktivitäten mit einer höheren Intensität einhergehen, welche sich gegenüber nur wenig bis leicht intensiven Aktivitäten als stärkeres Korrelat einer guten kardiorespiratorischen Fitness (Denton et al., 2013; Aires et al., 2010) und günstigen Körperzusammensetzung (Ruiz et al., 2006; Parikh & Stratton, 2011) erwiesen haben. Ein indirekter Effekt über bessere Fitnesswerte hätte unter diesem Aspekt erwartet werden können.

Anders verhält es sich beim Vergleich zwischen Inaktiven, Freizeit- oder Vereinsaktiven und denjenigen, die in der Freizeit und im Verein aktiv waren. Inaktive wiesen gegenüber den übrigen Subgruppen niedrigere Blutdruckwerte bei Belastung

auf ($\eta^2=0,016$), welche BMI-adjustiert sogar noch zwischen den Inaktiven und Freizeit- und Vereinsaktiven bestehen blieben ($\eta^2=0,014$). Der Effekt ist gering. Anschließend zeigte sich jedoch auch für diesen Vergleich ein deutlicher Einfluss der Fitnessleistung auf den Belastungsblutdruck, welcher sich bereits auch ohne den bereinigten Einfluss des BMI nicht mehr zwischen den Gruppen unterschied. Der Aktivitätsstatus wirkt sich demnach zwar unabhängig vom BMI, aber in Abhängigkeit von der Fitness auf den Belastungsblutdruck aus. Die aktivsten Probanden haben offensichtlich aufgrund ihrer besseren Fitness gegenüber den Inaktiven niedrigere Blutdruckwerte bei Belastung. Anders ausgedrückt haben Inaktive wegen ihrer geringeren Fitness höhere Blutdruckwerte bei Belastung.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass der körperlichen Aktivität für die Höhe des Blutdrucks eine nicht unwesentliche Rolle zukommt. Es wird jedoch auch klar, dass körperliche Aktivität, BMI, Fitness und Blutdruck stark interagieren (Rauner et al., 2013). Die Komplexität der Ergebnisse wird nicht zuletzt daran deutlich, dass sich unterschiedliche Resultate in Abhängigkeit des untersuchten Aktivitätsparameters finden ließen. Auch wenn die Befunde tendenziell darauf hinweisen, dass der körperlichen Aktivität eine blutdrucksenkende Wirkung zugeschrieben werden kann, lassen sie sich nicht eindeutig erklären (Sygusch et al., 2006). In diesem Zusammenhang ist ebenfalls zu erkennen, dass dem BMI und insbesondere der körperlichen Leistungsfähigkeit eine entscheidende Rolle in der Beziehung zwischen Blutdruck und Aktivität zukommt (u. a. Ribeiro et al., 2005; Rauner et al., 2013).

Es kann geschlussfolgert werden, dass günstige Effekte körperlicher Aktivität primär den Belastungsblutdruck betreffen und diese zum Teil auch unabhängig von BMI und Fitness nachweisbar sind. Anders als bei Ketelhut und Kollegen (2005) zeigte sich hier ein Effekt auf den systolischen Belastungsblutdruck.

Der Stellenwert körperlicher Aktivität für den arteriellen Blutdruck sollte angesichts dieser und der in der Literatur vorhandenen Studienergebnisse nicht hinterfragt werden (Department of Health, 2004; Hallal, Victora, Azevedo & Wells, 2006; Malina, 1991; Strong et al., 2005). Der Entwicklung eines kardiovaskulären Risikoprofils kann durch frühzeitige Prävention mittels ausreichender Bewegung vorgebeugt werden (Ketelhut et al., 2005; Andersen et al., 2006). Ob dies auf direktem Wege oder eher indirekt durch Verbesserung bekannter Risikofaktoren erreicht wird (u. a. Grad & Rost, 2001; Hambrecht et al., 2000; Ballor & Keeseey, 1991), ist in diesem Zusammenhang

nebensächlich. Sollte sich das Aktivitätsprofil tatsächlich auch auf die Gesundheit im Erwachsenenalter auswirken (Malina, 1991; 2001; Blair et al., 1989; Ianotti et al., 2009; Thompson et al., 2003), ist Bewegung auch weiterhin insbesondere als wesentliche Komponente vieler Gesundheitskampagnen explizit zu erwähnen.

Bildschirmzeit

Aus den Untersuchungsergebnissen geht erstmals hervor, dass neben dem systolischen Ruheblutdruck auch der Belastungsblutdruck mit der täglich vor dem Bildschirm verbrachten Zeit korreliert. Der beobachtete Zusammenhang zwischen dem Belastungsblutdruck und der Bildschirmzeit geht damit über die Erkenntnisse der bisherigen Untersuchungen hinaus, welche ausschließlich eine Korrelation mit dem Ruheblutdruck feststellten (u. a. Ullrich-French et al., 2011). Eine Scheinkorrelation etwa durch Alter, Geschlecht oder Größe ergab sich nicht. Die Zusammenhänge werden durch die Partialkorrelation zwar schwächer, allerdings kann der auch in dieser Untersuchung gezeigte Alters- und Geschlechtseffekt (Lampert et al., 2007; Fakhouri et al., 2013; Currie et al., 2012) in der täglichen Bildschirmzeit den Zusammenhang mit dem Blutdruck nicht ausschließlich erklären. Im Hinblick auf die wissenschaftliche Datenlage liegt die Vermutung nahe, dass der BMI in der Beziehung beider Parameter die Rolle eines Mediators einnimmt (u. a. Ekelund et al., 2006; Goldfield et al., 2011; Altenburg et al., 2012). In den Mittelwertvergleichen zwischen Probanden, die den Empfehlungen zur täglichen Bildschirmzeit nachkamen bzw. nicht nachkamen, sollte schließlich eine Antwort darauf gefunden werden. Wird die BMI-Perzentile als weitere Kovariate in die Analyse aufgenommen, blieben die signifikanten Blutdruckunterschiede in Ruhe und unter Belastung zwischen beiden Gruppen bestehen. Die durch die Bildschirmzeit aufgeklärte Varianz sinkt dadurch nur marginal, wobei der Effekt auf den Ruheblutdruck inzwischen als sehr schwach interpretiert werden kann ($\eta^2=0,010$ vs. $\eta^2=0,019$). Die Bildschirmzeit scheint somit in einem BMI-unabhängigen Zusammenhang zum Blutdruck in Ruhe und auch unter Belastung zu stehen. Diese Ergebnisse gehen u. a. mit denen von Pardee und Kollegen (2007), Martinez und Kollegen (2009) sowie Stamatakis und Kollegen (2013) einher, während nicht weniger viele Studien dagegen sprechen (u. a. Ekelund et al., 2006; Goldfield et al., 2011; Altenburg et al., 2012). Belastungsinduzierte Blutdruckunterschiede wurden jedoch bislang in keiner dieser Studien gezeigt.

Offensichtlich aber wird zumindest die Assoziation zum Ruheblutdruck wesentlich durch die körperliche Fitness erklärt, die bei Probanden mit hohen Medienzeiten (51,6%) scheinbar deutlich geringer war. Die Blutdruckunterschiede unter Belastung blieben dagegen auch unabhängig von einem geringen Fitnesszustand bestehen. Der aufgeklärte Varianzanteil des Belastungsblutdrucks ist mit 1,2% jedoch als gering einzuschätzen. Der auf den Empfehlungen zur Bildschirmzeit beruhende Gruppenvergleich zeigte damit, dass auch unabhängig von diesen Kovariaten ein bedeutsamer Unterschied im Belastungsblutdruck gegeben ist. Als Parameter für ein überwiegend sitzend geprägtes Verhalten wirkt sich die Bildschirmzeit damit anscheinend ebenso unabhängig von BMI und Fitness auf den Blutdruck unter Belastung, nicht aber unabhängig auf den Ruheblutdruck aus.

Ein hoher Medienkonsum weist tendenziell, wenn auch nicht zwangsläufig auf geringe Aktivitätszeiten. Es stellt sich daher die Frage nach Blutdruckunterschieden, wenn die körperliche Aktivität der Probanden in der Analyse berücksichtigt wird (Lampert et al., 2007; Fakhouri et al., 2013; Burmann, 2003; Opper et al., 2007). Der Kombination aus sitzendem Verhalten und Aktivität (MVPA-Index) wurde bislang einzig für die Fitness nachgegangen (Santos et al., 2013). Ähnlich wie in diesen Studien geht aus den ermittelten Resultaten hervor, dass sich ein Erreichen der Bildschirmzeitempfehlungen auch unabhängig von der körperlichen Aktivität (MVPA-Index, Gesamtaktivität) günstig auf den systolischen Belastungsblutdruck auszuwirken scheint. Die Korrektur für die körperliche Aktivität führte zu keiner Veränderung des Blutdruckunterschieds oder der Effektgröße. Der bei Probanden mit geringer Medienzeit niedrigere Belastungsblutdruck geht damit nicht nur auf den Effekt geringerer BMI- oder höherer Fitness- bzw. Aktivitätswerte zurück. Körperliche Inaktivität, hier gemessen als die täglich vor dem Bildschirm verbrachte Zeit, wäre damit als unabhängiger Risikofaktor anzusehen (Rideout et al., 2010; Santos et al., 2013; Epstein et al., 2008; Robinson, 1999) – in dieser Untersuchung für höhere Blutdruckwerte unter Belastung.

Familiäre Faktoren wurden im Rahmen der Analyse nicht berücksichtigt, obgleich sich angesichts einzelner wissenschaftlicher Untersuchungen ein Zusammenhang etwa mit dem sozialen Hintergrund oder dem Fernsehverhalten der Eltern andeutet (Schlicht & Brand, 2007; Bleakley et al., 2013). Die Nutzung elektronischer Medien stellt ein komplexes Verhalten dar, welches durch vielfältige Faktoren mitbestimmt wird.

In der Interaktion zwischen körperlicher Aktivität, Fitness, BMI und Blutdruck scheint auch die Bildschirmzeit als Indikator eines überwiegend sitzend geprägten Verhaltens mitzuwirken. Unabhängig vom BMI, der Fitness und der körperlichen Aktivität wirkt sich der Bildschirmkonsum offenbar ungünstig auf den Belastungsblutdruck aus, während ein Anstieg im Ruheblutdruck nicht völlig unabhängig dieser Einflussfaktoren zustande kommt. Ähnlich wie in anderen Studien lassen sich eindeutige Mediator- und Moderatoreffekte jedoch nur schwer nachweisen (Rauner et al., 2013; Ortega et al., 2010; Fogelholm et al., 2008). Die Eignung dieser Variablen als Prädiktoren für den Ruhe- und Belastungsblutdruck spiegelt sich schließlich in den Ergebnissen der durchgeführten Regressionsanalyse wider (vgl. Kapitel 8.9).

9.3.5 *Blutdruck, Rauchen und Alkohol*

Wie in den KiGGS-Daten (Lampert & Thamm, 2007) und der HBSC-Studie (Currie et al., 2012) zu beobachten, nahm auch der Anteil an Rauchern mit dem Alter zu. Die Gesamtprävalenz ist dagegen geringer als in den genannten Studien. Wenn auch nicht repräsentativ, kommt die Häufigkeit an tabakkonsumierenden Heranwachsenden (7%) in diesem Altersbereich den aktuellen Untersuchungsergebnissen der Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (2013) am nächsten (12%). Die Daten unterstreichen damit den in Deutschland registrierten Rückgang des Rauchens im Jugendalter. Anders als in bisherigen Untersuchungen ließ sich ein tendenzieller geschlechtsspezifischer Unterschied zu Ungunsten der Mädchen beobachten. Es bleibt zunächst offen, welche Rolle diesbezüglich dem Schultyp, sozialen Einflussfaktoren oder etwa dem Rauchverhalten der Eltern und Freunde zukommt (BZgA, 2013; Lampert & Thamm, 2007). Allerdings lassen sich der Inter-Item-Korrelationen (Tabelle 70) Hinweise auf einen bestehenden Zusammenhang zum elterlichen Rauchverhalten entnehmen, während der soziale Status keine Assoziation zum Rauchstatus der Heranwachsenden aufwies.

Zwischen dem Blutdruck der Heranwachsenden und ihrem Tabakkonsum zeigten sich keine signifikanten Ergebnisse. Obwohl nicht interpretierbar, weist der Korrelationskoeffizient zwischen Rauchen und Ruheblutdruck überraschenderweise eine negative Richtung auf. Der Einfluss des Geschlechts mag diese Ausprägung mitbestimmen. In den adjustierten Mittelwertvergleichen setzt sich dieser Widerspruch

jedoch fort, sodass bei Rauchern tendenziell niedrigere Blutdruckwerte in Ruhe und unter Belastung gemessen werden konnten. Auch wenn sich diese Ergebnisse dem theoretischen und praktischen Verständnis entsprechend als nicht bedeutsam erwiesen, werfen sie Fragen auf. Weil physiologische Erklärungen hierbei auszuschließen sind, kommen einzig statistische Gründe in Betracht. Sicherlich spielen auch in dieser Untersuchung messbedingte Probleme eine Rolle, die sich in einer eingeschränkten Validität der Aussagen widerspiegeln (Caraballo et al., 2003).

Die Ergebnisse sind überraschend, da Zigarettenrauchen zumindest bei Erwachsenen nicht nur zu den wichtigsten Risikofaktoren für Bluthochdruck und Arteriosklerose gehört (u. a. Law & Wald, 2003), sondern auch weil unmittelbare Folgeschäden des Rauchens bereits bei tabakkonsumierenden Heranwachsenden in Erscheinung treten (Deutsches Krebsforschungszentrum, 2008). Auch wenn diese offensichtlich nicht vorrangig den Blutdruck betreffen, so dürfte zumindest die bei jungen Rauchern typische geringere Leistungsfähigkeit (U.S. Department of Health and Human Services, 1994) indirekt in den Ergebnissen wieder zu finden sein. Die Rolle der Fitness käme in der Beziehung zwischen Rauchen und Blutdruck möglicherweise einer Mediatorvariable gleich. Die Inter-Item-Korrelation zwischen Rauchen und Fitness offenbart tatsächlich einen schwachen negativen Zusammenhang, was möglicherweise daran liegen mag, dass eben Mädchen eher Raucher und gleichzeitig weniger fit waren als Jungen. Der Alterseffekt scheint den negativen Zusammenhang dagegen abzuschwächen. Nach Herausparsialisieren der Drittvariablen bleibt jedoch ein signifikanter inverser Zusammenhang bestehen. Da Raucher offenbar weniger fit waren und sich bei Unfiten wiederum höhere Blutdruckwerte in Ruhe und unter Belastung messen ließen, hätten unter diesem Gesichtspunkt signifikante Korrelationen erwartet werden können. In ähnlicher Weise hätte dies auch für die ermittelten Zusammenhänge mit BMI und Bauchumfang zutreffen können. Dies war allerdings nicht der Fall.

Eine physiologische Erklärung kommt für den fehlenden Zusammenhang nicht in Betracht, weil die negativen Wirkungen des Tabakrauchs für das Herz-Kreislauf-System zumindest für Erwachsene hinreichend bekannt sind (u. a. Ahijevych & Wewers, 2003; Celemajer et al., 1996; Makris et al., 2004). Es lässt sich allenfalls annehmen, dass sich akute tabakbedingte gesundheitliche Beschwerden in unmittelbarer Weise primär in Form von Atemwegserkrankungen in diesem Alter

zeigen und chronische Blutdruckerhöhungen infolge des Rauchens tatsächlich erst später bzw. bei langfristigem Konsum erkennbar werden. Dies würde mit der aktuellen Studienlage übereinstimmen (Deutsches Krebsforschungszentrum, 2008; Woolf & Bisognano, 2011). Trotz der fehlenden Zusammenhänge dürfte das kardiovaskuläre Risikoprofil der bereits rauchenden Jugendlichen in dieser Untersuchung zweifelsfrei ungünstiger ausfallen als bei den rauchfreien Probanden. Dies macht eine umfassende Aufklärungsarbeit und frühzeitige Rauchentwöhnung dringend erforderlich. Aufgrund der ermittelten Korrelation zum elterlichen Tabakkonsum gehören rauchende Eltern ebenso zur Zielgruppe entsprechender Programme.

Der Anteil der Probanden, die bislang noch nie mit Alkohol in Kontakt gekommen waren (52,8%), ist in dieser Untersuchung fast doppelt so hoch wie der von der BZgA (2012) angegebene Anteil für das Jahr 2011 (27,4%). In beiden Studien wird jedoch eine deutliche altersabhängige Abnahme in der Alkoholabstinenz ersichtlich. Auch der regelmäßige Alkoholkonsum wird in dieser Stichprobe weniger praktiziert, wobei sich Jungen und Mädchen anders als in den Daten aus dem Jahr 2011 dahingehend nicht wesentlich unterscheiden. Die Untersuchungsergebnisse weisen insgesamt auf weiterhin rückläufige Entwicklungen hin, die bereits in der Forschungsarbeit der BZgA gegenüber dem Jahr 2001 zu erkennen waren. Deutlicher zeigt sich dieser Trend gegenüber den noch älteren Daten der KiGGS-Studie (Lampert & Thamm, 2007). Während der Anteil an abstinenten und mehrmals monatlich konsumierenden Probanden etwas höher als in der Studie der BZgA ausfiel, war der Anteil an regelmäßig bzw. wöchentlich sowie täglich trinkenden Jugendlichen in dieser Altersgruppe geringer.

Neben Rauchen wird auch der Konsum von Alkohol als Lebensstilfaktor genannt, den es im Hinblick auf ein normales Blutdruckniveau zu berücksichtigen gilt (Rodrigues et al., 2013; Lurbe et al., 2009; Hager et al., 2013). Der in dieser Untersuchung zunächst statistisch relevante Zusammenhang zwischen Alkoholkonsum und Blutdruck ($r=0,155$ vs. $r=0,224$; $p<0,001$) kann nach Adjustierung der Drittvariablen jedoch nicht bestätigt werden. Die eingangs positive Korrelation dürfte daher die Folge des beobachteten Alterseffekts sein, sodass auch signifikante Blutdruckunterschiede zwischen einzelnen Konsumgruppen ausblieben. Auch wenn die hypertensive Wirkung eines zumindest riskanten Alkoholkonsums allgemein bekannt ist, konnten Zusammenhänge bei Kindern und Jugendlichen bislang nicht gefunden werden. Dies mag zum einen daran

liegen, dass der Anteil an wöchentlich oder gar täglich trinkenden unter 18-Jährigen gegenüber Erwachsenen deutlich geringer ist, sodass Untersuchungen relativ große Stichproben erfordern, um überhaupt gesundheitliche Auswirkungen feststellen zu können. Zum anderen mögen die negativen Effekte auf den Blutdruck geringer ausfallen, da das Trinken im Jugendalter weniger regelmäßig und chronisch als vielmehr in kurzen Phasen stattfindet. Vermutlich zeigt sich ein deutlich negativer blutdruckwirksamer Effekt durch den Konsum von Alkohol ähnlich wie beim Rauchen erst bei längerfristigem Gebrauch bestimmter Mengen. Nicht umsonst werden beide Verhaltensweisen als allgemeine Risikofaktoren für die Entwicklung einer arteriellen Hypertonie genannt (Hager et al., 2013; Rodrigues et al., 2013; Lurbe et al., 2009).

Die Ergebnisse lassen eine dennoch wichtige Schlussfolgerung zu: Auch wenn sich in den Resultaten kein blutdrucksteigernder Effekt durch den Konsum von Tabak und Alkohol in dieser Altersgruppe andeutet, sollte gerade das Wissen um ihre Folgen für das Erwachsenenalter dafür sorgen, einen bewussten Umgang mit Genussmitteln dieser Art zu entwickeln. Aus gesundheitlicher und prognostischer Sicht könnten die ausbleibenden Assoziationen sogar als positiv bewertet werden, da sie darauf hindeuten, dass die in diesem Altersbereich typische Experimentierphase möglicherweise nicht sofort mit einer arteriellen Blutdruckerhöhung einhergeht. Dies ist jedoch rein spekulativ. Trotzdem bedeutet das für Heranwachsende nicht, sich exzessiv dem Genuss von Zigaretten und Alkohol hinzugeben, sondern kurz- und langfristig verantwortungsvoll damit umzugehen und sich der Konsequenzen bewusst zu werden. Wie auch beim Rauchen zeigen sich die Gesundheitsrisiken durch den Konsum von Alkohol bei Jugendlichen in einer Beeinträchtigung von Wachstums- und Entwicklungsprozessen. Neurologische Störungen und Krebs sowie Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems und Magen-Darm-Trakts werden durch den langfristigen Konsum von Alkohol im Kindes- und Jugendalter begünstigt. Neben gesundheitlichen Beschwerden äußern sich häufig auch psychosoziale Probleme (Babor et al., 2003).

Rauchen und übermäßiger Alkoholkonsum sind oftmals Ausdruck einer ohnehin ungünstigen Lebensweise (Currie et al., 2012; Saydah et al., 2013). Hinweise hierfür finden sich auch in dieser Studie (Tabelle 70). So rauchten Heranwachsende nicht nur häufiger, je höher ihr Alkoholkonsum war. Raucher zeigten zudem (auch unabhängig von Alter, Geschlecht und Größe) erhöhte Werte in BMI und Bauchumfang sowie geringere Fitnesswerte. Erhöhte Blutdruckwerte treten in Jugendjahren insbesondere

infolge lebensstilassoziierter Risikofaktoren auf. Das Risiko für Bluthochdruck im Kindes-, Jugend- und Erwachsenenalter hängt damit ganz entscheidend vom kardiovaskulären Risikoprofil ab, welches sich durch Allgemeinmaßnahmen besonders gut beeinflussen lässt. Zusammengefasst heißt das für die betroffenen Probanden in dieser Untersuchung, sich ihrer ungünstigen Lebensweise bewusst zu werden und zusätzliche kardiovaskuläre Risikofaktoren bestmöglich zu reduzieren. Das soziale Umfeld bzw. Vorbilder spielen in diesem Zusammenhang eine nicht unwesentliche Rolle, weshalb Interventionen in gleicher Weise auch Familienmitglieder und Freunde betreffen sollten (Simons-Morton et al., 2009; Moffit, 2006; Burk et al., 2013).

9.3.6 Blutdruck und familiäre Faktoren

Elterliches Übergewicht

Übergewicht bei mindestens einem Elternteil hatte einzig höhere Blutdruckwerte unter Belastung zur Folge und erklärte 2,1% der Blutdruckvarianz ($\eta^2=0,021$). Es zeigte sich jedoch, dass dieser Unterschied primär über den BMI des Kindes vermittelt wird, welcher in der Beziehung zwischen elterlichem Übergewicht und Belastungsblutdruck vermutlich eine Mediatorwirkung hat. Durch die Fitness allein verschwand der blutdrucksteigernde Effekt nicht. Anders als bei Simonetti und Kollegen (2011) ergaben sich für den Ruheblutdruck auch unter Vernachlässigung des Drittvariableneffekts keine signifikanten Ergebnisse. In ihrer Analyse erwies sich elterliches Übergewicht jedoch angesichts der hohen Korrelation mit weiteren elterlichen Risikofaktoren (z. B. Rauchen, Hypertonie) als kein unabhängiger Risikofaktor für erhöhten Blutdruck. Diese Schlussfolgerung dürfte auch auf die vorliegenden Resultate zutreffen.

Übergewicht bei den Eltern wirkte sich zumindest über den BMI des Kindes auf den Belastungsblutdruck aus. Die Inter-Item-Korrelation zwischen BMI und elterlichem Übergewicht weist tatsächlich auf einen signifikanten Zusammenhang hin. Dies steht im Einklang mit der in der Literatur vielfach bewiesenen Assoziation zwischen elterlichem und kindlichem Übergewicht (Birbilis et al., 2013; Yang et al., 2007). Unter diesem Aspekt ist es umso überraschender, dass zumindest indirekte Effekte auf den Ruheblutdruck nicht zu belegen waren. Die Untersuchungsergebnisse zeigen jedoch,

dass sich die enge Beziehung zwischen kindlichem und elterlichem Übergewicht indirekt auf den Belastungsblutdruck auszuwirken scheint. Erste Hinweise dafür ergaben sich bereits bei Carletti et al. (2008) sowie Dipla et al. (2010). Auch hier stellt sich die Frage nach bereits bestehenden Hinweisen auf Endorganschäden (Ketelhut et al., 2007). Offensichtlich befand sich in der Gruppe der übergewichtigen Eltern ein höherer Anteil an Kindern, deren Belastungsblutdruck aufgrund ihres höheren BMI (und ihrer geringeren Fitness) gegenüber den Kindern normalgewichtiger Eltern höher war. Dieser Effekt zeigte sich hingegen nicht mehr, wenn normalgewichtige Eltern lediglich mit Eltern verglichen wurden, die beide unter Übergewicht litten. Der blutdrucksteigernde Effekt unter Belastung kam auch hier zwar unabhängig von BMI und Fitness zustande, aber scheint aufgrund der Abhängigkeit vom sozialen Status durch andere Faktoren wesentlich mitbestimmt zu werden.

Die hier ermittelten BMI-Werte bei Mutter und Vater kommen den Daten der Untersuchung von Simonetti und Kollegen (2011) gleich. Der Anteil adipöser Mütter ist dagegen etwas geringer als in der Vergleichsstudie, während sich bei den Vätern nahezu gleiche prozentuale Häufigkeiten an BMI-Werten ≥ 30 kg/m² ergaben. Gegenüber den Daten der DGES-Studie von 2008 bis 2011 (Mensink et al., 2013) ergeben sich allerdings deutlich geringere Übergewichtsprävalenzen, welche insbesondere bei den Müttern vom Vergleichswert abweichen (26,9% vs. 53,0%). Nicht ganz unbeteiligt an diesem extremen Unterschied dürften die bereits in Kapitel 9.1.2 angesprochen absichtlichen Antwortverzerrungen sein, welche üblicherweise im Rahmen gewichtsbezogener Angaben auftreten.

Mütterliches Übergewicht scheint zumindest für den BMI des Kindes eine große Bedeutung zu haben (Birbilis et al., 2013). In der Analyse erweist sich Übergewicht der Mutter ebenfalls als blutdruckwirksamer Risikofaktor. Der Effekt war jedoch gering. Zumindest der unter Belastung beobachtete blutdrucksteigernde Effekt des Übergewichts der Mutter blieb unabhängig vom BMI des Kindes bestehen und verlor sich erst, wenn die Fitness als weitere Kovariate hinzugezogen wurde. Die eingangs ermittelten höheren Ruheblutdruckwerte gingen dagegen offensichtlich stärker auf den BMI des Kindes zurück. Es kann festgehalten werden, dass sich auch mütterliches Übergewicht als Risikofaktor für erhöhte Blutdruckwerte in Ruhe und unter Belastung herausstellte. Ein ähnliches Ergebnis ist schließlich bei Vorliegen väterlichen Übergewichts zu beobachten. Hiervon betroffen war ausschließlich der

Belastungsblutdruck, welcher sich anders als bei mütterlichem Übergewicht offenbar wieder aufgrund höherer Body-Mass-Indizes von Kindern unterschied, deren Väter normalgewichtig waren.

Wie etwa in der Studie von Simonetti und Kollegen (2011) dürfte zu klären sein, inwieweit genetische und umweltbedingte Faktoren auf die Beziehung zwischen elterlichem Übergewicht und dem BMI des Kindes einwirken. Es kann jedoch angenommen werden, dass beide Seiten ähnliche lebensstilassoziierte Risikofaktoren teilen (Whitaker, 2004; Danielzik & Müller, 2006; Van de Mheen et al., 1998). Der Einfluss ähnlicher Umweltbedingungen sowie Lebensstile sollte bei der Beurteilung des kardiovaskulären Risikos von Kindern berücksichtigt werden. Die Erhebung des elterlichen Übergewichts ist neben der Anamnese für Hypertonie daher ebenso wichtig, um vorliegende Blutdruckwerte besser einordnen bzw. eine spätere Erkrankung besser vorhersagen zu können. Auch für die Einschätzung des Belastungsblutdrucks erweist sich die Erhebung elterlichen Übergewichts als durchaus sinnvoll (Briedigkeit, 1993). Überdies ergeben sich dadurch vermutlich wichtige Hinweise für erfolgreiche Interventionsmaßnahmen (Lurbe et al., 2009; Mahoney et al., 1991).

Sozialstatus

Die in der Literatur beobachtete ungünstige Wirkung eines niedrigen sozialen Status auf den Ruheblutdruck (u. a. Leino et al., 1996; Howe et al., 2010; van den Berg et al., 2013) kann durch diese Studie bestätigt werden. Die Untersuchung zeigt erstmalig, dass auch der systolische Belastungsblutdruck davon betroffen zu sein scheint. Ein niedriger sozialer Status klärte 1,3% der Varianz des Ruheblutdrucks aber 4,4% der Belastungsblutdruckvarianz auf. Bezugnehmend auf die Studie von Simonetti et al. (2011) mit 5- bis 6-Jährigen weisen die vorliegenden Ergebnisse darauf hin, dass die durch soziale Ungleichheit respektive einen niedrigeren Bildungsstand hervorgerufenen Blutdruckunterschiede in Ruhe mit zunehmendem Alter größer werden.

Angesichts der engen Beziehung zwischen elterlichem sozioökonomischen Status und dem BMI des Kindes (u. a. Lampert et al., 2010; Stamatakis et al., 2007; Müller et al., 2005) liegt die Vermutung nahe, dass die Blutdruckunterschiede vordergründig über

den BMI der Kinder vermittelt werden (Khanolkar et al., 2011). Diese Annahme trifft jedoch nur für den Ruheblutdruck, jedoch nicht für den Belastungsblutdruck zu. Letzterer unterschied sich zudem unabhängig von der körperlichen Leistungsfähigkeit noch zwischen sozial schwächer und besser gestellten Heranwachsenden. Die Daten lassen daher darauf schließen, dass Probanden von niedrigem sozialen Status gegenüber Probanden von hohem Sozialstatus weitere ungünstige Lebensstilfaktoren mitbrachten (u. a. Danielzik & Müller, 2006; Kunt & Lampert, 2011; Kurth & Lampert, 2007) – im vorliegenden Fall betraf dies höhere BMI- und geringere Fitnesswerte. Diese Lebensstilfaktoren scheinen für die Blutdruckerhöhung in Ruhe verantwortlich zu sein, während sich unter Belastung auch unabhängig dieser Faktoren höhere Blutdruckwerte bei schwächer gestellten Probanden messen ließen. Vermutlich spielen weitere in der Analyse (z. B. Bildschirmzeit) bzw. in der Untersuchung (z. B. Ernährung) unberücksichtigte Einflussfaktoren eine Rolle. Hinweise hierfür ergeben sich aus den in Tabelle 70 dargestellten Inter-Item-Korrelationen. Dass sich diese Lebensstilfaktoren letztendlich auch in der Lebensweise ihrer Eltern wiederfinden, deren Qualität häufig – wenn auch nicht zwangsläufig (Khanolkar et al., 2011) – mit ihrer sozialen Stellung in Verbindung steht, kann angesichts der wissenschaftlichen Hinweise hierfür vermutet werden (Danielzik & Müller, 2006; Hempel, 2006; Lampert, 2011; Cleland et al., 2009; Hansen & Chen, 2007). Neben der Vorbildfunktion der Eltern, die sich beispielsweise in der Verweildauer vor dem Fernseher (Bleakley et al., 2013) oder der sportlichen Aktivität (Graf et al., 2003) widerspiegelt, äußert sich der soziale Kontext auch in der Möglichkeit, sich an diversen kostenpflichtigen Angeboten zu beteiligen (Bös et al., 2009), welche mit positiven Auswirkungen auf die Gesundheit von Eltern und Kind verbunden wären. Es verwundert daher nur wenig, dass der soziale Status in dieser Untersuchung auch mit dem elterlichen Übergewicht und ihrer sportlichen Aktivität assoziiert war (Tabelle 70).

Von einer Verbesserung im sozialen Status profitieren Eltern und Kind gleichermaßen (Freedman et al., 1992). Schlussfolgernd kann gesagt werden, dass sich soziale Ungleichheiten – wenn auch teilweise nur indirekt – in Form erhöhter Ruhe- und Belastungsblutdruckwerte zeigen, welche ihrerseits wichtige kardiovaskuläre Risikofaktoren darstellen. Wenn sozial benachteiligte Kinder tatsächlich ein erhöhtes kardiovaskuläres Risiko im Erwachsenenalter aufweisen (Giskes et al., 2012; Khanolkar et al., 2011; Byckling et al., 1985), sind für die gesundheitliche Perspektive

der in dieser Arbeit identifizierten Kinder (32,8%) Bemühungen notwendig, um den mit einem niedrigen Bildungsgrad der Eltern einhergehenden negativen gesundheitlichen Konsequenzen entgegenzuwirken.

Elterliches Rauchen (Passivrauchen der Kinder)

Bislang konnte in der Literatur ein Effekt durch Passivrauchen einzig auf den Ruheblutdruck von Vor- und Grundschulkindern nachgewiesen werden (Simonetti et al., 2009; 2011; Geerts et al., 2007). In der vorliegenden Untersuchung ließ sich ein blutdruckwirksamer Effekt bei Exposition durch Passivrauch auch erstmals unter Belastung zeigen, während der Ruheblutdruck der 12- bis 17-Jährigen hiervon unbeeinflusst blieb. Der Unterschied ließ sich unabhängig von BMI und Fitness des Kindes nachweisen, verschwand aber unter Berücksichtigung des sozialen Status. Die Abhängigkeit des Passivrauchens vom sozialen Hintergrund stimmt u. a. mit den Ergebnissen der KiGGS-Studie überein (Lampert & Thamm, 2007; Lampert, 2008). Der Anteil an passivrauchenden Heranwachsenden (35,0%) ähnelt dem Anteil in der Studie von Simonetti und Kollegen aus dem Jahr 2011 (33,4%), aber scheint im Vergleich zur KiGGS-Studie (85%) deutlich geringer zu sein. Diese Einschätzung hat jedoch eine wesentliche Einschränkung. Die ermittelten Ergebnisse erlauben im Grunde keine genaue Abschätzung der tatsächlichen Passivrauchbelastung, da die Jugendlichen nicht wie in der KiGGS-Studie direkt danach gefragt wurden (vgl. Kapitel 9.1.2). Auf die Exposition durch Passivrauch wird wie bei Simonetti et al. (2011) nur indirekt geschlossen. Dessen ungeachtet beziehen sich die Prävalenzangaben der KiGGS-Studie auf die Passivrauchbelastung bei nicht aktiv rauchenden Jugendlichen, während der Rauchstatus in der Häufigkeit passivrauchender Probanden dieser Studie unberücksichtigt blieb. Da der Anteil an jugendlichen Rauchern jedoch gering ist (7%), ist nachzuvollziehen, dass der Anteil an nichtrauchenden Heranwachsenden mit tabakkonsumierenden Eltern (33,3%) nahezu dem genannten Anteil an elterlichem Rauchen entspricht. Unter den Müttern (21,9%) und Vätern (24,0%) waren in etwa genauso viele Raucher wie in der aus dem Jahr 2011 stammenden Studie zum Passivrauchen von Simonetti und Kollegen. Annähernd identisch ist auch der Anteil an Familien, in denen beide Elternteile Raucher waren (9%).

In der kovarianzanalytischen Betrachtung zeigt sich ein Blutdruckunterschied unter Belastung, nicht aber in Ruhe, zwischen exponierten und nicht-exponierten Probanden durch Passivrauch. Waren beide Elternteile Raucher, verstärkte sich der Blutdruckunterschied. Im Grunde kommen für die Blutdruckerhöhung in dieser Gruppe zwei Gründe in Betracht. Sollten tatsächlich pathophysiologische Veränderungen am Gefäßsystem infolge des Tabakrauchs für die Steigerung des Blutdrucks verantwortlich sein (u. a. Ahijevych & Wewers, 2003; Celemajer et al., 1996), so würden die Ergebnisse erstmals auf einen blutdruckwirksamen Effekt unter Belastung schon bei Probanden im Jugendalter hinweisen. Diese Vermutung wäre für den Belastungsblutdruck aufgrund der stark hämodynamischen Komponente (Franz, 1993; Fagard et al., 1996) sogar plausibel und könnte durch die Beobachtung von Endothelschäden bei gesunden Kindern unter Passivrauchbelastung untermauert werden (Celemajer et al., 1996; Kallio et al., 2007; 2010). Der fehlende Ruheblutdruckunterschied lässt sich hierdurch jedoch nicht herleiten.

Als weitere Erklärung kommen weniger direkte hämodynamische Mechanismen als vielmehr lebensstilabhängige und demnach soziale Einflussfaktoren in Frage, die sich nur indirekt negativ auf das kardiovaskuläre System auswirken. Soziale Ungleichheiten äußern sich durch ein erhöhtes kardiovaskuläres Risiko von Eltern und Kind (Elovainio et al., 2011) und werden wesentlich über sozialdeterminierte Verhaltensmuster im Lebensstil mitbestimmt (Danielzik & Müller, 2006). Mit Ausnahme des Rauchverhaltens der Heranwachsenden und der familiären bzw. elterlichen Anamnese für Hypertonie korreliert der soziale Status mit allen hier erhobenen lebensstilassozierten und familiären Faktoren (Tabelle 70), welche mehr oder weniger stark mit dem Blutdruck der Probanden assoziiert sind. Der soziale Faktor nimmt daher eine Sonderrolle ein und ist nicht zuletzt Ausdruck einer erhöhten Passivrauchbelastung bzw. eines höheren Anteils an Rauchern unter den Eltern. Dies konnten auch Simonetti und Kollegen (2011) in ihrer Studie nachweisen mit dem Unterschied, dass sich das Passivrauchen tatsächlich als unabhängiger Risikofaktor für den Ruheblutdruck herausstellte. Dass dieser Effekt hierbei ausblieb, dürfte die Folge einer weniger ausgeprägten Abhängigkeit des Ruheblutdrucks vom sozialen Hintergrund sein, was sich schließlich auch in den Ergebnissen widerspiegelt.

Elterlicher Alkoholkonsum

Assoziationen zwischen dem elterlichen Alkoholkonsum und dem Blutdruck der Heranwachsenden blieben auch in dieser Studie aus. Einzig tendenziell niedrigere Blutdruckwerte unter Belastung gingen mit einem regelmäßigen Konsum der Eltern einher; signifikant waren diese Unterschiede jedoch nicht. In der Uppsala-Family-Study korrelierte der elterliche Alkoholkonsum als Lebensstilparameter ebenfalls nicht mit dem Blutdruck der Kinder, wohl aber mit anderen Risikofaktoren wie BMI und Cholesterin (Khanolkar et al., 2011). Im Gegensatz zum exzessiven Trinken wird ein leichter bis moderater Alkoholkonsum mit protektiven Effekten auf die Gesundheit in Verbindung gebracht (Ronksley et al., 2010; Collins et al., 2009). Ein moderater Alkoholgenuss wird daher durchaus als günstige Verhaltensweise zu einer gesunden Lebensweise gezählt. Es kann hierbei nur spekuliert werden, dass regelmäßig alkoholkonsumierende Eltern einen insgesamt günstigen Lebensstil pflegen, was sich beispielsweise anhand der signifikant negativen Korrelation zwischen mütterlichem bzw. väterlichem Alkoholkonsum und ihrem BMI bestätigen ließe. Vor dem Hintergrund ähnlicher Lebensstile und Umweltbedingungen zwischen Eltern und Kind (u. a. Garn & LaVelle, 1985; Freedman et al., 1992), welche sich auch in dieser Untersuchung zeigen, wären die geringeren Blutdruckwerte unter Belastung zumindest im Ansatz erklärbar. Tendenziell zeigten Kinder regelmäßig alkoholkonsumierender Eltern ebenfalls günstige Werte in ihrer Körperzusammensetzung und ihren Verhaltensweisen (BMI, Bauchumfang, Fitness, Bildschirmzeit, Aktivität), welche schließlich zur Beobachtung dieser Analyse geführt haben könnten. Nicht zuletzt gehörten regelmäßig alkoholkonsumierende Mütter und Väter einem höheren sozialen Status an, was diese Annahme unter Berücksichtigung der vorherigen Ergebnisse und Interpretationen einmal mehr bestätigen würde.

Familiäre Anamnese

Unter den familiären Erkrankungen erwiesen sich einzig Übergewicht und Hypertonie als blutdruckbeeinflussende Risikofaktoren. Eine familiäre Anamnese für Hypertonie erklärte gegenüber dem Vorliegen familiären Übergewichts einen höheren Varianzanteil sowohl im Ruhe- ($\eta^2=0,057$ vs. $\eta^2=0,012$) als auch im Belastungsblutdruck ($\eta^2=0,028$ vs. $\eta^2=0,014$). Der Effekt einer familiären Hypertonie

scheint für die Aufklärung des Ruheblutdrucks zudem größer zu sein als für den Belastungsblutdruck. Auch unabhängig von BMI und Fitness setzt sich diese Beobachtung fort.

Die Hypertonieprävalenz in der Familie lag bei 33,5% und entspricht damit nahezu identisch den aktuellen Angaben der DAGES-Studie (32%) für 18- bis 79-Jährige der Jahre 2008 bis 2011 (Busch et al., 2013). Die Angaben zu Mutter, Vater und Großeltern lassen zudem eine deutliche altersabhängige Zunahme erkennen (Jahnsen et al., 2008). Die Prävalenzdaten zum Vorliegen der KHK (11,8%) stimmen ebenfalls annähernd mit den DAGES-Daten überein, während Herzinfarkt (11,7%) und Schlaganfall (9,0%) in der Familie deutlich häufiger vom befragten Elternteil angegeben wurden. Eine Erklärung hierfür könnte sein, dass sich die in der DAGES-Studie angegebenen Prävalenzen für Herzinfarkt und Schlaganfall auf den Altersbereich von 40 bis 79 Jahren beziehen, während die Angaben dieser Studie keiner Altersbegrenzung unterliegen. Die höheren Krankheitshäufigkeiten dürften daher primär auf den höheren Anteil der Erkrankungen bei den Großeltern zurückzuführen sein, die möglicherweise zum Teil älter als 79 Jahre waren.

Auch wenn für die weiteren kardiovaskulären Erkrankungen der Einfluss einer positiven Anamnese hinreichend belegt ist (u. a. Shear et al., 1985; Khaw & Barrett-Connor, 1982) und anhand derer eine spätere Hochdruckerkrankung gut vorgesagt werden kann (Mahoney et al., 1991; Bao et al., 2005), standen sie in keiner Beziehung mit den hier ermittelten Blutdruckdaten der Heranwachsenden. Wie bereits in der Analyse zum elterlichen Übergewicht deutlich wurde, erweist sich auch ein bestehendes Übergewicht in der Familie nicht als unabhängiger Risikofaktor für erhöhte Blutdruckwerte in Ruhe und unter Belastung. Im Gegensatz zum Übergewicht bei den Eltern, wirkte sich Übergewicht unter Berücksichtigung der Anamnese der Großeltern zwar signifikant auf den Ruheblutdruck aus, allerdings verschwand auch dieser Effekt unter dem Einfluss des eigenen Lebensstils. Ein erneuter Beweis für die indirekte Bedeutung familiären Übergewichts hinsichtlich des Blutdrucks in Ruhe sowie unter Belastung von Heranwachsenden liegt damit jedoch allemal vor.

Die Untersuchungsergebnisse bestätigen einmal mehr die Tatsache, dass die Neigung zur Entwicklung erhöhter Blutdruckwerte familiär gehäuft auftritt (Clarke et al., 1986; Zinner et al., 1971; Burke et al., 1991; Bao et al., 1995). Darüber hinaus unterstützen die Befunde die Annahme von Molineux und Steptoe (1988), dass diese Assoziation

auch zum Blutdruck unter Belastung besteht. Eine familiäre Anamnese für Hypertonie dürfte den Vorhersagewert belastungsinduzierter Blutdruckwerte zusätzlich erhöhen (Briedigkeit et al., 1993), denn auch unabhängig von weiteren Risikofaktoren wie etwa einem hohen BMI oder einer geringen Fitness wiesen vorbelastete Heranwachsende noch immer deutlich höhere Messwerte auf als Probanden mit negativer Anamnese. Die Familienanamnese scheint für die Ruheblutdruckvarianz dennoch von größerer Relevanz zu sein ($\eta^2=0,040$); in der Varianzaufklärung des Belastungsblutdrucks spielen andere Faktoren vermutlich eine zusätzliche oder größere Rolle ($\eta^2=0,020$). Sobald Erbfaktoren für ein erhöhtes Hypertonierisiko verantwortlich gemacht werden können – was auf fast zwei Drittel der untersuchten Heranwachsenden zutrifft – sollten mit der zusätzlichen Messung des Belastungsblutdrucks deutlich bessere prognostische Aussagen zu treffen sein; möglicherweise auch unabhängig vom Ruhewert (Molineux & Steptoe, 1988). Die Bestimmung des kardiovaskulären Risikoprofils dürfte hierzu vorgenommene Vermutungen erhärten.

Bei alleiniger Betrachtung einer elterlichen Hypertonie kam die Analyse zu sehr ähnlichen Resultaten (Simonetti et al., 2011; Bao et al., 1995). Für die Gesamtvarianz beider Blutdruckparameter scheint die familiäre Anamnese, die Bluthochdruck der Großeltern mit einschließt, dennoch wichtiger zu sein. Der Anteil an hypertensiven Müttern und Vätern war im Vergleich zur Studie von Simonetti und Kollegen (2011) um fast 10% höher; signifikante Blutdruckunterschiede fanden sich bei mütterlicher und väterlicher Hypertonie nach Adjustierung aller Kovariaten in Ruhe (Khanolkar et al., 2011) und unter Belastung. Auch hier gingen die Analysen mit einer höheren Varianzaufklärung im Ruheblutdruck einher. Zudem entsteht der Eindruck, dass der Blutdruck des Vaters für den Ruhe- und Belastungsblutdruck des Kindes wichtiger zu sein scheint als der mütterliche Blutdruck. Dieses Bild ändert sich jedoch, wenn der Effekt eines mütterlichen Bluthochdrucks um die Erkrankung bei Vater und Großeltern bereinigt wird – und das obwohl deutlich weniger Mütterangaben, unter Bluthochdruck zu leiden. Unter dieser Korrektur blieben zudem keine Unterschiede mehr im Belastungsblutdruck bestehen, welcher damit offenbar wesentlich besser von der allgemeinen familiären Hypertonieanamnese aufgeklärt wird.

Um Kinder mit erhöhten Blutdruckwerten bzw. ungünstigem Risikoprofil zu identifizieren, liefert die Erhebung der familiären Anamnese in jedem Fall wichtige Informationen. Angaben zu elterlichen Erkrankungen können demnach als weitere

Indikatoren für das kardiovaskuläre Risiko ihrer Nachkommen dienen (Bao et al., 1995).

Sportliche Aktivität der Eltern

Die Rolle der elterlichen Vorbildfunktion zeigt sich nicht zuletzt in ihrer sportlichen Aktivität. Hierfür weisen die Untersuchungsergebnisse erstmals darauf hin, dass die in der Literatur beobachteten günstigen Effekte eines aktiven elterlichen Freizeitverhaltens auf BMI und Aktivitätsverhalten ihrer Kinder (u. a. Baur et al., 1994; Graf et al., 2003; Ahonen et al., 2012; Khanolkar et al., 2011) auch für den Belastungsblutdruck eine Rolle spielen. In der Interkorrelationsmatrix zeigen sich Zusammenhänge zwischen den klassischen Lebensstilfaktoren der Probanden (BMI, Fitness, Aktivität) und dem Sportverhalten der Eltern, weshalb die Vermutung auf potentielle Mediatoren nahe liegt. Diese Annahme konnte jedoch nicht bestätigt werden. Auch wenn der Effekt nur gering war ($\eta^2=0,017$), zeigen die Daten, dass Kinder sportlich aktiver Eltern nicht nur selbst niedrigere Body-Mass-Indizes haben, zudem häufiger aktiv und fitter sind, sondern auch unabhängig davon gegenüber ihren Altersgenossen inaktiver Eltern einen niedrigeren Belastungsblutdruck aufweisen. Für diese Beobachtungen sollten sozioökonomische Faktoren der Eltern berücksichtigt werden, die aufgrund aller vorherigen Ergebnisse und der letztlich moderaten Korrelation zum Sportverhalten der Eltern bestimmend für die Befunde sein dürften (Khanolkar et al., 2011). Im Ruheblutdruck ließen sich dagegen keine wesentlichen Unterschiede feststellen.

Ein aktiver Lebensstil der Eltern wirkt sich deutlich auf die Lebensbedingungen ihrer Kinder aus. Das Elternhaus ist offensichtlich ein geeignetes Setting, um Kinder für ein gesundheitsbewusstes Verhalten zu sensibilisieren. Auch unter diesem Aspekt sollten lebensstilmodifizierende Maßnahmen aus Sicht der gesamten Familie erfolgen. Der Einfluss ähnlicher Umweltbedingungen sowie Lebensstile ist bei der Beurteilung des kardiovaskulären Risikos von Heranwachsenden zu berücksichtigen. Kinder und Jugendliche können von einer gesunden Lebensweise ihrer Eltern profitieren und setzen diese mit hoher Wahrscheinlichkeit auch im späteren Leben fort (Garn & LaVelle, 1985; Kemper et al., 1990; Freedman et al., 1992).

9.3.7 Risikofaktoren-Cluster

Aus den bisherigen Resultaten lassen sich wesentliche, wenn auch nicht vollständig unabhängige Risikofaktoren für den Blutdruck von Heranwachsenden ableiten. Insbesondere Übergewicht, Defizite in der körperlichen Leistungsfähigkeit und körperliche Inaktivität erwiesen sich als blutdruckwirksame Risikofaktoren des Lebensstils, welche jedoch in hohem Maße untereinander korreliert sind. Ähnliche Interaktionen lassen sich zwischen elterlichem Übergewicht, familiärer Hypertonie, elterlichem Rauchen und niedrigem Sozialstatus als blutdruckbeeinflussende Faktoren familiärer Herkunft beobachten.

Erhöhte Blutdruckwerte bei Heranwachsenden sind die Folge genetischer, sozioökonomischer sowie verhaltens- und umweltbedingter Faktoren, die in einem gestörten Zusammenspiel die Manifestation eines Bluthochdrucks begünstigen (Middeke, 2005). Als kardiovaskuläre Risikofaktoren beeinflussen sie die Endothelfunktion und sind in der Lage, krankhafte Gefäßveränderungen auszulösen. Das individuelle kardiovaskuläre Risiko wird nicht zuletzt durch eine Vielzahl häufig gleichzeitig vorliegender Risikofaktoren bestimmt, welche sich synergistisch verstärken und potenzieren (Schettler & Mörl, 1982).

Lebensstilassoziierte und familiäre Risikofaktoren scheinen sich hierbei ähnlich synergistisch auf den Blutdruck der Heranwachsenden auszuwirken. Kumulative Effekte konnten bislang allenfalls für familiäre Risikofaktoren auf den Ruheblutdruck von Vorschulkindern nachgewiesen werden (Simonetti et al., 2011). In dieser Studie summierte sich der blutdrucksteigernde Effekt auch bei Berücksichtigung lebensstilabhängiger Risikofaktoren und war zudem erstmalig im Belastungsblutdruck der Probanden nachzuweisen. Das Lebensstilfaktoren-Cluster wirkte sich hierbei auch schon bei einer geringeren Zahl an begleitenden Risikofaktoren ungünstig auf die Höhe des Belastungsblutdrucks aus, während der systolische Ruheblutdruck erst bei drei gegebenen Risikofaktoren signifikant unterschiedlich von risikofreien Probanden war. Insgesamt ließen sich durch das Risiko-Cluster aus typischen Lebensstilfaktoren jedoch 8,5% der Ruheblutdruckvarianz und 7,6% der Belastungsblutdruckvarianz aufklären. Die Abweichung könnte auf die höhere Bedeutung von BMI und Taillenumfang für die Varianzaufklärung im Ruheblutdruck zurückgehen. Das Risiko-Gefüge aus familiären Faktoren äußert sich wie in der Untersuchung von Simonetti und Kollegen (2011) durch einen kumulativen Effekt auf den systolischen

Ruheblutdruck, jedoch auch auf den Belastungsblutdruck. Blutdruckunterschiede unter Belastung zeigten sich im Gegensatz zum Ruheblutdruck hierbei ebenfalls bei deutlich „günstigerem“ Risikoprofil. Zudem ließ sich durch die familiären Faktoren 9,6% der Varianz des Belastungsblutdrucks, aber nur 6,1% der Ruheblutdruckvarianz aufklären. Die blutdrucksteigernden Effekte bei Summierung einzelner lebensstilabhängiger bzw. familiärer Risikofaktoren auf den Ruhe- und Belastungsblutdruck kann in beiden Fällen als moderat betrachtet werden.

Folglich bleibt festzuhalten, dass sich die in dieser Arbeit untersuchten lebensstilabhängigen und familiären Variablen nicht nur blutdrucksteigernd, sondern auch kumulativ mit der Anzahl an vorliegenden Risikofaktoren auf den Ruhe- und Belastungsblutdruck auswirkten. Zudem stehen die Befunde im Einklang mit denen der Bogalusa Heart Study (Freedman et al., 1999) oder der Danish Youth and Sports Study (Andersen et al., 2004), in denen sich Hinweise auf weitere Risikofaktoren bei bereits hohen Body-Mass-Indizes bzw. niedrigem Fitnesszustand ergaben. Da bereits in der Kindheit vorliegende Risikofaktoren überwiegend im Erwachsenenalter bestehen bleiben und sich entsprechende Unterschiede vermutlich im Laufe des Lebens verstärken (Law et al., 1993), stellt die Prävention und Bekämpfung derartiger, zum größten Teil modifizierbarer Risikofaktoren eine für die gesamte Familie anzustrebende Aufgabe dar.

9.4 Ergebnisdiskussion – Belastungsblutdruck: Einflussfaktoren und Modellbildung

In den multiplen Regressionsanalysen wurde abschließend deutlich, welche Prädiktorvariablen unter dem Einfluss der übrigen Parameter tatsächlich zu einer signifikanten Varianzaufklärung von Ruhe- und Belastungsblutdruck beitragen. Der Prädiktorensatz aus Lebensstilfaktoren kann hierbei zu annähernd einem Drittel die Varianz des Belastungsblutdrucks aufklären, während sich die Ruheblutdruckvarianz nur zu etwa einem Viertel durch die untersuchten Prädiktoren vorhersagen lässt. Im Vergleich zum Ruheblutdruck kann der Effekt auf den Belastungsblutdruck als moderat interpretiert werden. Die abweichende Varianzaufklärung dürfte vorrangig auf die Redundanz der Bildschirmzeit zurückzuführen sein, welche jedoch nicht aus einem Problem der Multikollinearität resultiert (Toleranz=0,911). Bereits in den Gruppenvergleichen deutete sich an, dass die Bildschirmzeit nur in einem indirekten Zusammenhang zum Ruheblutdruck steht. Im Gegensatz zum Belastungsblutdruck kam ein blutdrucksteigernder Effekt hierbei nicht unabhängig von der relativen Fitnessleistung zustande. In einer Mediatoranalyse bewirkt diese tatsächlich eine vollständige Mediation des Zusammenhangs ($\beta=0,071$, $t=1,591$, $p=0,112$). Die übrigen Ergebnisse können zu verschiedenen Erkenntnissen aus der Literatur in Bezug gesetzt werden. Einerseits belegen sie erneut die höhere Bedeutsamkeit der Körpergröße als stärkeren Einflussfaktor des Ruheblutdrucks gegenüber dem Alter (Rascher, 2005). Das Blutdruckniveau bei Belastung lässt sich hingegen besser bei älteren Heranwachsenden vorhersagen. Das Geschlecht spielt für den Ruhe- und Belastungsblutdruck gegenüber Alter und Größe nur eine untergeordnete Rolle. Andererseits wird deutlich, dass der BMI bzw. die BMI-Perzentile neben der Körpergröße bzw. dem Alter als bester Prädiktor die Varianz des Ruhe- und Belastungsblutdrucks aufklärt. Dieses Ergebnis war bislang nur für den Ruheblutdruck bekannt (Reich et al., 2003; Gaya et al., 2009; Simonetti et al., 2011). Auch bei Gaya und Kollegen (2009) ließen sich 20% der Varianz des Ruheblutdrucks mittels Kombination von Körpergröße, BMI, Alter, Geschlecht und körperlicher Aktivität bei 11- bis 17-Jährigen erklären. Der BMI erwies sich hierbei ebenfalls als der beste Prädiktor. Klassische Lebensstilfaktoren sind offensichtlich gut geeignet, um den individuellen Vorhersagewert ergometrisch ermittelter Blutdruckmesswerte zu erhöhen. Den Daten zufolge gelingt dies für den Blutdruck unter Belastung sogar tendenziell besser als für den Ruheblutdruck. Unter den familiären Faktoren sagt dagegen eine Vorbelastung für

Hypertonie ebenfalls beide Parameter am besten voraus. Anders als bei Simonetti und Kollegen (2011) leisten die übrigen Prädiktoren jedoch in diesem Modell keinen relevanten Erklärungsbeitrag für die Varianz des Ruheblutdrucks, was sich in einer nur schwachen Güte der Modellanpassung widerspiegelt ($R^2=0,182$). Demgegenüber erweisen sich ein niedriger Sozialstatus und Passivrauchen als weitere Prädiktoren des Belastungsblutdrucks, für den das Modell insgesamt eine moderate Anpassungsgüte erreicht ($R^2=0,257$). Trotz der Abhängigkeit vom sozialen Status stellt die Passivrauch-Exposition noch einen nützlichen Prädiktor dar, um das Vorhersagepotenzial des Belastungsblutdrucks zu erhöhen. Im Gegensatz dazu verliert sich die Bedeutsamkeit des elterlichen Übergewichts ($\beta=0,078$, $t=1,476$, $p=0,141$) und Aktivitätsverhaltens ($\beta=-0,070$, $t=-1,260$, $p=0,208$) unter dem Einfluss des sozialen Hintergrundes (Mediationseffekt), was sich bereits teilweise in den Varianzanalysen andeutete. Auch das Geschlecht wurde bei gleichzeitiger Betrachtung aller familiären Variablen redundant. Neben den lebensstilabhängigen Risikofaktoren leisten familiäre Faktoren in diesem Modell einen schwachen, aber dennoch relevanten Beitrag für die Varianzaufklärung des Ruhe- und Belastungsblutdrucks.

Das Gesamtmodell klärt schließlich 22,2% bzw. 33,9% der Ruhe- bzw. Belastungsblutdruckvarianz auf. Gegenüber dem Modell 1a bringt das vollständige Modell keine Verbesserung in der Aufklärung des Ruheblutdrucks mit, während der Anteil an erklärter Blutdruckvarianz unter Belastung durch das multiple Modell geringfügig zunimmt. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass den Modellen (1a, 1b, 2) aufgrund fehlender Werte in den einzelnen Variablen unterschiedliche Stichproben bzw. Fallzahlen zugrunde liegen. Die Modelle 1a (Lebensstilfaktoren) und 1b (familiäre Faktoren) sind daher kaum mit dem Modell 2 (Gesamtmodell) zu vergleichen; sie können jedoch eine Tendenz über die Vorhersagewerte und Varianzaufklärung aufzeigen.

Es wird deutlich, dass über die Hälfte der jeweiligen Blutdruckvarianzen im Gesamtmodell auf den Einfluss von Alter, Geschlecht und Größe zurückgeht, wobei sich das Geschlecht sowohl innerhalb dieses Blocks als auch im Gesamtmodell als nicht signifikanter Regressor erweist. Dies überrascht, da die geschlechtsspezifischen Besonderheiten des Blutdrucks hinreichend bekannt sind (u. a. Hofmann, 1984; Neuhauser et al., 2011) und sich durch diese Studie ebenfalls bestätigen lassen.

Dennoch erwies sich das Geschlecht bereits in den Modellen 1a als nur schwacher Prädiktor gegenüber den übrigen Faktoren und brachte im Gefüge der familiären Faktoren (Modelle 1b) letztlich keine zusätzlichen Informationen mit. Der bereinigte Einfluss des Geschlechts verliert sich damit auch im vollständigen Modell, sodass folglich allein alters- und wachstumsphysiologische Veränderungen für das Blutdruckniveau von Heranwachsenden von Bedeutung sind. Familiäre Faktoren üben relativ betrachtet nur einen geringen Einfluss gegenüber den Lebensstilfaktoren aus. Das Gesamtmodell bringt zum Ausdruck, dass sich Ruhe- und Belastungsblutdruck am besten durch Alter, Größe, BMI und Familienanamnese erklären bzw. vorhersagen lassen. Erneut hat das Alter für die Erklärung des Belastungsblutdrucks eine größere Bedeutung als für den Ruheblutdruck, welcher sich dagegen deutlich besser durch die Körpergröße vorhersagen lässt. Die aus den Gruppenvergleichen hervorgegangene Vermutung, dass eine familiäre Hypertonie für die Varianzaufklärung des Ruheblutdrucks wichtiger zu sein scheint als für den Belastungsblutdruck, kann durch die Beta-Gewichte tendenziell bestätigt werden. Entgegen aller bisherigen Hinweise leistet die BMI-Perzentile im Gesamtmodell jedoch einen noch höheren Erklärungsbeitrag für den Belastungsblutdruck als für den Blutdruck in Ruhe. Die Untersuchungsergebnisse weisen einmal mehr auf Bedeutsamkeit der Reife, Körperkomposition und familiären Disposition für den Blutdruck von Heranwachsenden hin. Aus den Modellen lassen sich somit die wichtigsten Prädiktoren ableiten, anhand derer sich eine Varianzaufklärung bei theoretischer Plausibilität herbeiführen lässt. Je älter und größer demnach das Kind ist und je höher der BMI und ungünstiger die familiäre Vorbelastung für Hypertonie, umso höher sind die Blutdruckwerte in Ruhe und unter Belastung. Die Resultate ähneln den Befunden von Simonetti und Kollegen (2011); anders als in der vorliegenden Untersuchung erwies sich bei den Autoren jedoch auch das Passivrauchen als bedeutsames Korrelat des systolischen Ruheblutdrucks. Die Varianzaufklärung war mit 14,6% jedoch geringer. In ihrer schrittweisen Regressionsanalyse stellten sich schließlich Geschlecht, BMI, Größe, niedriges Geburtsgewicht, Bluthochdruck während der Schwangerschaft, elterliche Hypertonie und Passivrauchen als unabhängige Determinanten des systolischen Ruheblutdrucks heraus. Zu ähnlichen Ergebnissen kam auch die schrittweise Berechnung in dieser Studie (Modell 3), wobei deren Einsatz lediglich dazu dienen sollte, ein sparsames Modell mit Hilfe möglichst wenigen und den statistisch wichtigsten Prädiktoren zu erstellen. Das identifizierte Modell folgt

hierbei vorrangig statistischen Kriterien statt einer inhaltlich-theoretischen Plausibilität. In den Modellen konnte durch den Einschluss von Alter, Geschlecht und Größe die höchste Varianzaufklärung beider Parameter erzielt werden; das Vorhersagepotenzial des Geschlechts war für beide Blutdruckparameter gegenüber Alter und Größe erneut irrelevant. Folglich bleibt festzuhalten, dass der Einfluss des Geschlechts im Vergleich zu Alter und Größe sowie unter gleichzeitiger Berücksichtigung der Risikofaktoren von Lebensstil und der Familie zu vernachlässigen ist. Wie in den bisherigen Ergebnissen wird der Ruheblutdruck am besten durch die Größe und der Blutdruck unter Belastung im Wesentlichen durch das Alter vorhergesagt. Weiterhin liefert die BMI-Perzentile den höchsten Zuwachs in der Erklärung des Ruhe- und Belastungsblutdrucks, was die Bedeutsamkeit des BMI als wichtigsten Prädiktor beider Parameter untermauert. Theoriekonform leistet auch eine familiäre Vorbelastung für Hypertonie einen substantiellen Beitrag für die Aufklärung des Blutdrucks, wobei sich der Sozialstatus im bestehenden Gefüge aufgrund der offenbar höheren bivariaten Partialkorrelation als stärkerer Prädiktor des Belastungsblutdrucks erweist als die Familienanamnese. Alle übrigen Prädiktoren führten im bestehenden Modell zu keiner wesentlichen Verbesserung in der Varianzaufklärung des Belastungsblutdrucks. Dagegen zeigt sich, dass die Familiengeschichte für den Ruheblutdruck eine höhere Erklärungskraft besitzt und nur noch die körperliche Fitness einen ausreichenden Nutzen für die Varianzaufklärung hat. Dies überrascht, da der körperlichen Fitness unter dem multiplen Einfluss keine wesentliche Relevanz für den Ruheblutdruck zugeschrieben werden konnte. Die Fitness dürfte im Modell 3 eher aus statistischen Gesichtspunkten einen nennenswerten Erklärungsbeitrag erlangen. Der Einsatz der schrittweisen Regressionstechnik wird ohnehin auch eher als hypothesengenerierendes statt -prüfendes Verfahren empfohlen (Bortz & Schuster, 2010). Hierbei werden nicht alle Prädiktoren gleichzeitig betrachtet, sondern der Größe ihrer Erklärungskraft entsprechend sukzessive in das Modell aufgenommen. Die in der Realität bestehenden kontextualen Abhängigkeiten mehrerer unterschiedlicher Faktoren bleiben hierbei unberücksichtigt. Offensichtlich spielt also die Fitness unter dem Einfluss von Alter, Geschlecht, Größe, BMI und der familiären Anamnese noch eine schwache, aber dennoch relevante Rolle, während die übrigen Prädiktoren als redundante Variablen nicht in das Modell aufgenommen werden. Im Kontext aller Variablen (Modell 2) bringt die Fitness für die Varianzaufklärung jedoch keine nützlichen Informationen mit. In diesem Zusammenhang wird ein weiterer Aspekt

bedeutsam: Wird die Aufnahme des Geschlechts nicht in die schrittweise Regression erzwungen, da es sich bereits im Gesamtmodell (Modell 2) als irrelevant erwies, geht auch das Vorhersagepotenzial der Fitness nicht mehr über das der verbliebenden Prädiktoren im Modell hinaus.

In der Anpassungsgüte des Modell 3 (schrittweise Technik) lassen sich statistisch gesehen keine Unterschiede zum Modell 2 (simultaner Einschluss) ausfindig machen. Zudem kann anhand der Prädiktoren erneut eine höhere Varianzaufklärung im Belastungsblutdruck erzielt werden. Dennoch kommen aus inhaltlich-theoretischer Sicht die Gesamtmodelle bei gleichzeitiger Berücksichtigung aller Variablen für die Vorhersage der Blutdruckparameter eher in Frage. Konkrete Aussagen zu Ursache-Wirkungs-Gefügen sind in der Realität weitaus komplexer, als es durch das Regressionsmodell der schrittweisen Technik suggeriert wird (Bort & Döring, 2006). Die Berechnung hat dennoch zeigen können, dass der BMI sowohl für den Ruhe- als auch für den Belastungsblutdruck den wohl wichtigsten Prädiktor darstellt. Die insgesamt nur schwache bis moderate Erklärung der Blutdruckvarianzen deutet darauf hin, dass andere Faktoren als zusätzliche Einflussparameter in Betracht zu ziehen sind. Das Ziel weiterer Forschungsbemühungen sollte es daher sein, die bereits für den Ruheblutdruck bekannten Risikofaktoren (z. B. Diabetes) hinsichtlich ihrer Relevanz für den Blutdruck bei Belastung zu prüfen und weitere potentielle Risikofaktoren zu identifizieren.

9.5 Fazit und Ausblick

Das Kollektiv der Kieler Kinder EX.PRESS. Studie umfasst 532 Heranwachsende im Alter von 12 bis 17 Jahren. Im Zentrum der Untersuchung stand die Messung des Belastungsblutdrucks, für den 492 verwertbare Daten gewonnen werden konnten. Damit gehört die Studie weltweit zu den größten ihrer Art; keiner anderen Untersuchung lag bisher ein Datensatz dieses Umfangs für den untersuchten Altersbereich vor. Die Forschungsarbeit liefert erste Hinweise auf das Blutdruckverhalten unter körperlicher Belastung bei 12- bis 17-Jährigen. Neben gesundheits- und sportwissenschaftlichen Ansätzen bietet die Arbeit eine wichtige Grundlage für die zukünftige Forschung auf dem Gebiet der Hypertensiologie im Kindes- und Jugendalter.

Die Ergebnisse der Kieler Kinder EX.PRESS. Studie zeigen, dass der Belastungsblutdruck bereits bei Heranwachsenden mit weiteren Risikofaktoren assoziiert ist. In der Studie konnten erstmals klassische lebensstilabhängige und familiäre Risikofaktoren mit dem Belastungsblutdruck in Zusammenhang gebracht werden. In der Arbeit blieb eine differenzierte Betrachtung nach Alter und Geschlecht aus. Welche Rolle die Parameter für den Belastungsblutdruck bei Jungen und Mädchen bzw. in unterschiedlichen Altersbereichen spielen, gilt es in weiteren Forschungsarbeiten zu klären. Die Überprüfung des Blutdrucks während körperlicher Aktivität ist allein aus präventivmedizinischer Sicht schon im jüngeren Lebensalter sinnvoll, da auch ein hoher Belastungsblutdruck sehr wahrscheinlich bis ins Erwachsenenalter persistiert und möglicherweise eine spätere arterielle Hypertonie mindestens ebenso zuverlässig voraussagt wie der Ruheblutdruck (u. a. Briedigkeit, 1981, 1993; Briedigkeit et al., 1979; Franz, 1993). Obwohl Prognosedaten erst Jahrzehnte später zur Verfügung stehen, können die in dieser Untersuchung korrelierenden Faktoren als zusätzliche Surrogatparameter behilflich sein, um die Bedeutsamkeit des Belastungsblutdrucks zu erhöhen. Daten der Young Finns Study weisen darauf hin, dass bestehende Risikofaktoren in der Jugend Endorganveränderungen und -schäden im Erwachsenenalter begünstigen. Entsprechend den Ergebnissen dieser Studie scheint der hier erhobene Altersbereich für die gesundheitliche Perspektive wichtiger zu sein als das frühe Kindesalter (Raitakari et al., 2003).

Die Resultate deuten an, dass die erhobenen Risikofaktoren den Belastungsblutdruck besser erklären und vorhersagen als den Ruheblutdruck. Zudem schaffen die gewonnenen Daten eine Grundlage für die Konzipierung von Blutdrucknormwerten unter Belastung. Auch wenn die vorgeschlagenen Grenzwerte dieser Untersuchung keine gesundheitsbezogenen Aussagen zulassen, sind sie vor dem Hintergrund ausbleibender Empfehlungen als erste Orientierung für Blutdruckzielwerte unter Belastung für diesen Altersbereich anzusehen. Der Blutdruck bei Belastung ist schon bei Heranwachsenden angesichts der vorliegenden und bereits bestehenden Forschungserkenntnisse als potentieller Risikofaktor zu betrachten, der spätestens bei verdächtigen Blutdruckwerten wichtige Zusatzinformationen liefert und für die Stratifizierung des kardiovaskulären Risikos geeignet ist. Es sollte daher deutlich geworden sein, dass die ergometrische Belastungsuntersuchung des Blutdrucks im jüngeren Lebensalter ein sinnvoll ergänzendes Verfahren in der Hypertoniediagnostik darstellen kann.

In der Arbeit kamen varianzanalytische und regressionsanalytische Techniken zur Anwendung. Im Rahmen der Ergebnisdiskussion wurden Mediationseffekte bereits angedeutet. Um die genauen Wirkmechanismen aufzudecken und zugrunde liegende Kausalmodelle zu erhärten, ist eine zusätzliche Identifizierung von moderierenden und mediierenden sowie suppressiven Variablen im Kontext der multiplen Vorhersage des Ruhe- und Belastungsblutdrucks sinnvoll. Als potentielle Moderatoren dieser Untersuchung kommen beispielsweise das Alter und Geschlecht in Frage.

Die kovarianzanalytischen Auswertungen der Untersuchung führten zu Ergebnissen, die die Wirkung der potentiellen Einflussfaktoren auf den Ruhe- und Belastungsblutdruck unabhängig von Alter, Geschlecht, Größe, BMI und Fitness der untersuchten Person widerspiegeln. Durch diese fehlervarianzreduzierende Technik konnte eine Erhöhung der internen Validität erzielt werden. Dennoch waren hierbei Korrelationen zwischen den Kovariaten und Faktoren nicht zu vermeiden, was sich in einer Reduktion oder gar einem Verschwinden der interessierenden Effekte ausgewirkt haben könnte. Als Alternative zu den (einfaktoriellen) Zwei- und Mehrgruppenplänen bieten sich mehrfaktorielle Untersuchungspläne an, die die gleichzeitige Wirkung mehrerer Variablen auf den Blutdruck untersuchen. Hierbei lassen sich Interaktionen und Wechselwirkungen, welche in den Regressionsanalysen bereits implizit berücksichtigt werden, zwischen den einzelnen Faktoren (z. B. BMI und Fitness)

besser überprüfen. Für die Zukunft wäre auch der Einsatz multivariater Mittelwertevergleiche denkbar, um die wechselseitigen Beziehungen zwischen Ruhe- und Belastungsblutdruck zu berücksichtigen und aufzudecken. Das kardiovaskuläre Risiko könnte durch die Beziehungen beider Parameter zueinander möglicherweise besser abgebildet und eine höhere externe Validität erzielt werden. Inferenzstatistische Probleme, welche sich bei wiederholten univariaten Analysen ergeben, ließen sich durch die multivariate Analyse vermeiden (Bortz & Döring, 2006; Bortz & Schuster, 2010). In dieser Untersuchung wurden in erster Linie grundlegende Erkenntnisse zum Belastungsblutdruck im Jugendalter angestrebt, da zu dieser Thematik bisher nur wenige Studien vorliegen. Hierfür war der Einsatz statistischer Verfahren mit guter Interpretierbarkeit der Ergebnisse zielführend. Sicherlich werden diese nur bis zu einem gewissem Maße dem multideterminierten Charakter des Blutdrucks gerecht. Multivariate Methoden stellen die Realität möglicherweise besser dar, allerdings mit dem Nachteil, dass die Ergebnisse weniger eindeutig in der Interpretation sind. Diese Schwierigkeit wurde bereits in den Regressionsanalysen deutlich, in der die Wirkung eines bestimmten Faktors stets vom gewählten Modell abhängig ist. Die Anwendung der Methoden beruhte auf den theoretischen Konzepten und forschungsleitenden Fragestellungen mit dem Ziel, dem bestehenden Mangel an Forschungsergebnissen zum Belastungsblutdruck entgegen zu wirken. Dabei dienten die in ähnlichen Studien häufig eingesetzten Techniken als Orientierung. Aufgrund der klaren Theoriebildung und konzeptionellen Umsetzung konnte mit Hilfe der angewandten Verfahren ein wichtiger Erkenntnisgewinn hinsichtlich der Rolle des Belastungsblutdrucks im Jugendalter unter Berücksichtigung weiterer kardiovaskulärer Risikofaktoren geliefert werden.

10 Zusammenfassung

Die arterielle Hypertonie ist schon bei Heranwachsenden ein wichtiger Risikofaktor für Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Chronisch erhöhte Blutdruckwerte können frühzeitig typische blutdruckbedingte Veränderungen an Organen und Gefäßen hervorrufen, die unbehandelt zu einem manifesten Bluthochdruck führen sowie Organschäden im Erwachsenenalter begünstigen. Nicht selten finden hohe Blutdruckwerte beim Erwachsenen daher im Kindes- und Jugendalter ihren Ursprung. Die gesundheitliche Prognose wird damit bereits durch den Blutdruck in der sensiblen Phase der Kindheit und Adoleszenz mitbestimmt. Auch in diesem Altersbereich unterliegt der arterielle Blutdruck einer Vielzahl von Faktoren, die in einem gestörten Zusammenspiel die Manifestation einer Hypertonie begünstigen. Aus primärpräventiver Sicht ist das Wissen über die Besonderheiten und Beurteilungsmöglichkeiten des Blutdrucks von Heranwachsenden sowie die Kenntnis über Zusammenhänge kardiovaskulärer Risikofaktoren im jüngeren Alter von besonderem Interesse.

Die vorliegende Arbeit bewegt sich auf dem Gebiet der hypertensiologischen Forschung im Kindes- und Jugendalter. An der Schnittstelle zur Sportwissenschaft lassen sich zudem trainingswissenschaftliche und gesundheitsrelevante Konsequenzen ableiten. Ausgangspunkt für die empirische Untersuchung bildet die Erfassung und Beurteilung des arteriellen Blutdrucks von Heranwachsenden. Reproduzierbare Messwerte sind aufgrund der ausgeprägten Blutdruckvariabilität gerade bei jüngeren Personen nur schwer zu realisieren. Abgesehen davon bleiben bei alleiniger Ruhemessung erhöhte Blutdruckwerte während alltäglicher körperlicher Belastung unerkannt, obwohl auch diese für die gesundheitliche Perspektive bedeutsam sind. Zumindest bei Erwachsenen ist die ergometrische Untersuchung des Blutdrucks mit diagnostischen und prognostischen Vorteilen verbunden. Da der Belastungsblutdruck weitgehend unabhängig von der emotionalen Verfassung des zu Untersuchenden ist, dürfte er insbesondere für die Beurteilung des Blutdrucks bei Kindern und Jugendlichen von Nutzen sein. In dieser Altersgruppe wird die ergometrische Überprüfung des Blutdrucks jedoch nur selten durchgeführt. Gegenüber dem Ruheblutdruck fehlt es der wissenschaftlichen Literatur bislang an wesentlichen Kenntnissen zur Relevanz belastungsinduzierter Blutdruckwerte bei Heranwachsenden. Ein zentrales Anliegen der Forschungsarbeit bestand darin, die Rolle des Belastungsblutdrucks an einer altersentsprechenden Stichprobe zu prüfen sowie Zusammenhänge mit weiteren gesundheitsrelevanten Parametern

herauszustellen. Gleichzeitig war damit das Ziel verbunden erstmals Grenzwerte für den Belastungsblutdruck vorzuschlagen, die bisher allenfalls für das Erwachsenenalter existieren. Die konzipierten Grenzwerte dürften eine erste Orientierung für Blutdruckzielwerte unter Belastung im Jugendalter darstellen. Die Untersuchung trägt so zu einer wesentlichen Erweiterung der Beurteilungsmöglichkeiten des gesundheitlichen Risikos von Kindern und Jugendlichen bei.

In der Kieler Kinder EX.PRESS. Studie (EXercise and PRESSure) wurde der Blutdruck in Ruhe und während standardisierter fahrradergometrischer Belastung bei 1,5 Watt/kg Körpergewicht gemessen. Das Kollektiv bestand aus $n=532$ Heranwachsenden (♂ : $n=271$; ♀ : $n=261$) im Alter von 12 bis 17 Jahren ($14,6 \pm 1,5$ Jahre). Die Messung des Ruhe- und Belastungsblutdrucks erfolgte auskultatorisch nach der Methode von Riva-Rocci und Korotkoff. In der Studie wurden die systolischen Blutdruckmesswerte auf bestehende Assoziationen zu weiteren klassischen lebensstilabhängigen und familiären Risikofaktoren untersucht. Als Übergewichts-Indizes dienten BMI und Bauchumfang. Zur Ermittlung der körperlichen Leistungsfähigkeit wurde die Leistung bei einer Herzfrequenz von 170 Schlägen pro Minute (PWC170) herangezogen. Über einen Aktivitätsfragebogen sind verschiedene Maße der körperlichen Aktivität erfasst worden. Weiterhin wurde nach der täglichen Bildschirmzeit sowie dem Tabak- und Alkoholkonsum gefragt. Zudem sind die Eltern über einen Fragebogen um Angaben zu Alter, Gewicht, Größe, Schulabschluss (Sozialstatus), Rauchstatus, Alkoholkonsum und Aktivität sowie zur familiären Anamnese gebeten worden. Mit der Kieler Kinder EX.PRESS. Studie waren in erster Linie alle Bemühungen verbunden, grundlegende Erkenntnisse über das Blutdruckniveau bei Belastung der untersuchten Probanden hervorzubringen.

Ein weiterer Anspruch der Arbeit bestand in der Darstellung der Blutdruckverteilung und Bildung geeigneter Grenzwerte. Die schrittweise statistische Konzipierung erfolgte geschlechts- und altersgruppenabhängig auf Basis der allgemein akzeptierten Norm für die Beurteilung des Ruheblutdrucks von Kindern und Jugendlichen. Hierfür wurden zunächst die Ruheblutdruckwerte an der 90. und 95. Perzentile unter Heranziehung der alters-, geschlechts- und größenabhängigen Referenzperzentilen der KiGGS-Studie (Neuhauser et al., 2011) ermittelt. Durch Einordnung der eigenen Ruhewerte in die Perzentilen der Referenzpopulation ergaben sich die entsprechenden Blutdruckperzentilen für den vorliegenden Datensatz (87,6. bzw. 92,1. Perzentile).

Anschließend wurden die ermittelten Perzentilen für den Ruheblutdruck der Verteilung für den Belastungsblutdruck zugrunde gelegt. Für die Grenzwertbildung sind die Messwerte demnach den empfohlenen KiGGS-Referenzperzentilen entsprechend mit Hilfe jener Perzentilen bestimmt worden, die aus der Verteilung der Blutdruckwerte des eigenen Datensatzes resultierten. Ruhe- und Belastungsblutdruck wurden hinsichtlich ihrer Zusammenhänge mit den erhobenen Risikofaktoren beschrieben und verglichen. In einer kovarianzanalytischen Auswertung sind die mittleren Blutdruckwerte der Adjustierung für Alter, Geschlecht, Größe, BMI und Fitness unterzogen und auf relevante Gruppenunterschiede geprüft worden. In multiplen Regressionsanalysen galt es abschließend zu klären, ob bzw. welche der untersuchten Parameter geeignet sind, um eine plausible Varianzaufklärung des systolischen Ruhe- und Belastungsblutdrucks zu erzielen. Aus den Modellen sollte die relative Bedeutsamkeit der einzelnen Prädiktoren für die Erklärung und Vorhersage der Blutdruckvarianz deutlich werden.

Der mittlere Blutdruck in Ruhe betrug $113,1 \pm 12,8/57,2 \pm 7,1$ mmHg (σ : $115,5 \pm 13,2/56,4 \pm 8,1$ mmHg; σ : $110,6 \pm 11,9/58,1 \pm 7,1$ mmHg). Während ergometrischer Belastung bei 1,5 Watt/kg Körpergewicht stieg dieser auf $149,9 \pm 19,8/54,2 \pm 8,6$ mmHg an (σ : $153,6 \pm 20,6/54,1 \pm 8,5$ mmHg; σ : $146,1 \pm 18,2/54,3 \pm 8,7$ mmHg). Systolischer und diastolischer Ruhe- und Belastungsblutdruck waren auch unabhängig von Alter, Geschlecht und Größe signifikant miteinander korreliert ($r=0,564$ bzw. $r=0,350$; $p<0,001$). In der Untersuchung waren 12,4% der systolischen Blutdruckmesswerte in Ruhe gemäß aktueller KiGGS-Referenzdaten als mindestens hoch normal zu klassifizieren; 7,9% dieser Werte galten als hypertensiv. In dieser Gruppe konnte ein im Mittel 13,8 mmHg höherer adjustierter Blutdruck unter Belastung gemessen werden ($p<0,001$). 30,5% ($n=162$) der Ruheblutdruckwerte überstiegen schon den für Erwachsene als optimal geltenden Messwert von 120/80 mmHg.

Auf der Basis der empfohlenen KiGGS-Referenzperzentilen für den Blutdruck in Ruhe ergibt sich für den Belastungsblutdruck bei 12- bis 13-Jährigen ein oberer systolischer Grenzwert von 172 mmHg, bei 14- bis 15-Jährigen von 176 mmHg und bei 16- bis 17-Jährigen von 191,3 mmHg. Unter Anwendung dieser Grenzwerte wiesen 13,6% der Probanden eine Belastungshypertonie auf. Konkret betraf dies 12,7% der Jungen und 14,6% der Mädchen. Der überwiegende Teil der Versuchsteilnehmer war sowohl in Ruhe als auch unter Belastung normotensiv ($n=389$, 79,1%). Bei 7,8% ($n=38$) der untersuchten Probanden konnten trotz normalen Ruheblutdrucks hoch normale bzw.

hypertensive Blutdruckwerte unter Belastung ermittelt werden. Dagegen ließen sich bei 7,4% ($n=39$) der Heranwachsenden hoch normale bzw. erhöhte Blutdruckwerte in Ruhe, aber normale Blutdruckwerte unter Belastung feststellen. In 5,9% ($n=29$) der Fälle bestätigten sich hohe Ruheblutdruckwerte auch während der ergometrischen Belastungsuntersuchung. In dieser Subgruppe erhärtete sich somit der Verdacht auf eine gesundheitliche Gefährdung.

Signifikante Zusammenhänge ergaben sich auch nach Herauspartialisieren von Alter, Geschlecht und Größe zwischen Ruhe- bzw. Belastungsblutdruck und BMI ($r=0,289$ vs. $r=0,312$; $p<0,001$), Bauchumfang ($r=0,323$ vs. $r=0,300$; $p<0,001$), relativer Fitness ($r=-0,218$ vs. $r=-0,260$; $p<0,001$) und Bildschirmzeit ($r=0,106$; $p<0,05$ vs. $r=0,131$; $p<0,01$). Der intensitätsbezogene Aktivitätsindex (Moderate-to-Vigorous Physical Activity) korrelierte einzig mit dem systolischen Belastungsblutdruck ($r=-0,095$; $p<0,05$). Bei Vorliegen lebensstilabhängiger und familiärer Risikofaktoren können auch unter Belastung blutdruckwirksame Effekte erwartet werden. In den kovarianzanalytischen Auswertungen zeigten sich signifikante Blutdruckunterschiede zwischen den einzelnen Risikogruppen deutlich häufiger und teilweise stärker unter Belastung als in Ruhe. Nur bei Übergewichtigen (+ 8,5 mmHg, $p<0,001$) und Heranwachsenden mit erhöhtem Bauchumfang (+ 5,4 mmHg, $p<0,01$) ließ sich ein unabhängiger Effekt ausschließlich auf den Ruheblutdruck nachweisen. Die blutdrucksteigernden Effekte unter Belastung wurden in diesen Risikogruppen dagegen primär über eine geringe Fitness vermittelt. Eine geringe körperliche Leistungsfähigkeit erwies sich jedoch einzig bei Belastung als unabhängiger Risikofaktor für höhere Blutdruckwerte (+ 5,1 mmHg, $p<0,001$). Das Erreichen der aktuellen Empfehlungen zur körperlich-sportlichen Aktivität und Bildschirmzeit hatte 3,8 mmHg ($p<0,05$) bzw. 3,7 mmHg ($p<0,05$) niedrigere adjustierte Blutdruckwerte während Ergometrie zur Folge. Ein hoher Medienkonsum war zudem auch unabhängig von den erhobenen Aktivitätsparametern mit dem Belastungsblutdruck assoziiert (+ 3,7 mmHg, $p<0,05$). Sportliche Inaktivität (+ 7,1 mmHg, $p<0,05$) und eine passive Schulweggestaltung (+ 4,2 mmHg, $p<0,05$) standen dagegen in einer ebenso vom Fitnesslevel abhängigen Beziehung zum Blutdruck bei Belastung. Unter Ruhebedingungen ließ sich dieser Zusammenhang zum Blutdruck nicht beobachten. Lebensstilabhängige Risikofaktoren wirkten sich nicht nur blutdrucksteigernd, sondern auch kumulativ mit der Anzahl an vorliegenden Risikomerkmale auf die Höhe des Ruhe- und Belastungsblutdrucks aus. Blutdruckunterschiede während Belastung

waren hierbei schon bei einer geringeren Zahl an begleitenden Risikofaktoren signifikant.

Unter den familiären Faktoren erwies sich nur eine positive Anamnese für Hypertonie als unabhängiger Risikofaktor des Ruheblutdrucks (+ 4,4 mmHg, $p < 0,001$). Der mittlere Belastungsblutdruck war bei Heranwachsenden mit einer familiären Vorbelastung für Bluthochdruck 4,7 mmHg ($p < 0,01$) höher als bei Probanden ohne familiäre Disposition. Ein niedriger sozialer Status (+ 5,2 mmHg, $p < 0,01$), sportliche Inaktivität der Eltern (+ 4,9 mmHg, $p < 0,05$) und Passivrauchen (+ 4,0 mmHg, $p < 0,05$) hatten höhere Blutdruckwerte jedoch ausschließlich unter Belastung zur Folge. Übergewicht in der Familie wirkte sich hingegen nur indirekt auf den Ruhe- und Belastungsblutdruck aus. Die Summierung einzelner familiärer Faktoren zog erneut einen kumulativen Effekt auf den Blutdruck in Ruhe und unter Belastung nach sich. Von den negativen Auswirkungen familiärer Risikofaktoren war der Belastungsblutdruck deutlich stärker betroffen.

23,6% bzw. 30,3% der Varianz des systolischen Ruhe- bzw. Belastungsblutdrucks konnten durch das multiple Modell aus Alter, Geschlecht, Größe und Lebensstilfaktoren erklärt werden ($p < 0,001$). Demgegenüber wurden durch die familiären Faktoren 18,2% bzw. 25,7% der Gesamtvarianz in Ruhe bzw. unter Belastung vorhergesagt. Das Gesamtmodell aus lebensstilabhängigen und familiären Risikofaktoren trug zu 22,2% bzw. 33,9% an der Varianzaufklärung des Ruhe- bzw. Belastungsblutdrucks bei ($p < 0,001$). In der multiplen Regressionsanalyse erwiesen sich das Alter sowie die Größe, BMI-Perzentile und eine familiäre Vorbelastung für Hypertonie als signifikante Prädiktoren des Blutdruckniveaus in Ruhe sowie unter Belastung. Im Gesamtmodell leisteten alters- und wachstumsbedingte Einflüsse den höchsten Erklärungsbeitrag an der Varianz des Blutdrucks unter Ruhebedingungen ($R^2 = 0,141$, $p < 0,001$) und bei Belastung ($R^2 = 0,213$, $p < 0,001$).

Die Forschungsarbeit liefert erste Hinweise auf das Blutdruckverhalten während alltäglicher Belastungssituationen bei 12- bis 17-Jährigen und bietet damit eine wichtige Grundlage für die zukünftige Forschung auf dem Gebiet der Hypertensiologie im Kindes- und Jugendalter. Die Qualität der Untersuchung zeichnet sich in erster Linie durch die Größe des Datenpools und gleichzeitige Betrachtung weiterer relevanter kardiovaskulärer Risikofaktoren aus. Hierdurch gelang es, das Blutdruckniveau auch bei Belastung aus unterschiedlichen Perspektiven zu betrachten. Die Befunde bestätigen, dass schon bei Heranwachsenden von ungünstigen kardiovaskulären

Risikoprofilen im Allgemeinen und hohen Blutdruckwerten im Besonderen auszugehen ist. Die Tatsache, dass fast zwei Drittel der Messwerte den optimalen Blutdruckbereich für Erwachsene überschreiten, aber referenzbasiert nur 12,4% als mindestens hoch normal klassifiziert wurden, unterstreicht einmal mehr, dass rein statistische Normen nur wenig über einen medizinisch wünschenswerten Bereich aussagen. Deren Nutzung geht offensichtlich mit der Gefahr einher, dass auffällige Blutdruckwerte unerkant bleiben.

Da die hierbei ermittelten Perzentilen für hoch normale und erhöhte Ruhe- und Belastungsblutdruckwerte mit den Referenzperzentilen der KiGGS-Studie korrespondieren, orientieren sich die vorgeschlagenen Grenzwerte für den Belastungsblutdruck an allgemein akzeptierten Empfehlungen zur Beurteilung von Blutdruckwerten bei Heranwachsenden. Dieses Vorgehen folgt damit einer gültigen Norm, der es aktuell an gesundheitlich relevanten Referenzwerten für den Blutdruck von Heranwachsenden fehlt. Die vorgeschlagenen Grenzwerte dieser Untersuchung erlauben eine erste allgemeine Einschätzung von Blutdruckmesswerten bei Belastung für Heranwachsende. Wenngleich sich auch aus dieser Untersuchung keine prognostisch relevanten Aussagen ableiten lassen, dürften die konzipierten Grenzwerte der Etablierung späterer Normwerte behilflich sein. Gemeinsam mit den Ruheblutdruckwerten konnte eine bessere Zuordnung zu normotensiven und hypertensiven Kollektiven vorgenommen werden. Die Mehrheit der normotensiven Ruhewerte ließ sich durch die Belastungsuntersuchung bestätigen. Ob ein in Ruhe ermittelter Blutdruckwert als hypertensiv oder normotensiv eingeordnet werden kann, hat offenbar einen wesentlichen Einfluss darauf, wie hoch der Blutdruck unter Belastung ausfallen wird. Dennoch stellte sich die reine Ruheblutdruckmessung nicht in allen Fällen als aussagekräftig genug heraus. Es kam klar zum Ausdruck, dass Blutdruckreaktionen unter körperlicher Belastung gegebenenfalls anders zu bewerten sind als unter Ruhebedingungen. Gesunde bzw. risikogefährdete Heranwachsende konnten mit Hilfe der ergometrischen Überprüfung des Blutdrucks daher deutlich besser identifiziert werden. Folglich stellt eine standardisierte Belastungsuntersuchung unter Berücksichtigung altersentsprechender Normwerte ein geeignetes Verfahren zur Risikostratifizierung gesundheitlich gefährdeter Kinder und Jugendlicher dar. Unter der Voraussetzung weiterführender Blutdruckkontrollen hat die Blutdruckmessung bei Belastung das Potenzial, klare Tendenzen aufzuzeigen, die mit der alleinigen Messung des Ruhe- bzw. Gelegenheitsblutdrucks nicht zu erbringen sind. Sicherlich eignet sich

die Messung des Belastungsblutdrucks nicht zur Routinediagnostik, jedoch könnte der Parameter ähnlich wie bei Erwachsenen einige wichtige Zusatzinformationen liefern, die einer genaueren Einschätzung des kardiovaskulären Risikos von Heranwachsenden dienlich wären. Die Berücksichtigung weiterer Risikofaktoren dürfte die Bedeutsamkeit des Belastungsblutdrucks erheblich steigern.

Die Ergebnisse der Kieler Kinder EX.PRESS. Studie zeigen, dass der Belastungsblutdruck schon bei Heranwachsenden mit weiteren Risikofaktoren assoziiert ist. In der Studie konnten erstmals klassische lebensstilabhängige und familiäre Risikofaktoren mit dem Belastungsblutdruck in Zusammenhang gebracht werden. Geht es darum, einzelne Risikofaktoren in ihrer Relevanz für den Blutdruck zu bewerten, so spielen klassische Übergewichts-Indizes sowie eine positive Familienanamnese für Hypertonie für den systolischen Ruheblutdruck offenbar eine noch größere Rolle als für den Belastungsblutdruck. Defizite in der körperlichen Fitness, körperliche Inaktivität, ein hoher Bildschirmkonsum, Passivrauchen, ein niedriger sozialer Status und Inaktivität der Eltern sind dagegen eher für den Blutdruck bei Belastung bedeutsam. Obwohl Prognosedaten erst Jahrzehnte später zur Verfügung stehen, können die in dieser Untersuchung korrelierenden Faktoren als zusätzliche Surrogatparameter behilflich sein, um die Bedeutsamkeit individueller Blutdruckwerte unter Belastung zu erhöhen. Die Ergebnisse zeigen, dass Ruhe- und Belastungsblutdruck mit zusätzlich vorliegenden Risikofaktoren kumulativ ansteigen. Lebensstilassozierte und familiäre Risikofaktoren wirken sich offensichtlich synergistisch auf das Blutdruckniveau des Kindes aus. Da die bereits in der Kindheit vorhandenen Risikofaktoren überwiegend im Erwachsenenalter bestehen bleiben und sich entsprechende Unterschiede tendenziell im Laufe des Lebens verstärken, stellt die Prävention und Bekämpfung derartiger, zum größten Teil modifizierbarer Risikofaktoren eine für die gesamte Familie anzustrebende Aufgabe dar.

Die Analyse macht weiterhin deutlich, dass der Ruhe- und Belastungsblutdruck bei Heranwachsenden unterschiedlich stark durch lebensstilassozierte und familiäre Faktoren bestimmt wird. Die Resultate deuten an, dass die erhobenen Risikofaktoren den Belastungsblutdruck besser erklären und vorhersagen als den Ruheblutdruck. Neben den charakteristischen entwicklungsbedingten Besonderheiten erwies sich der BMI als wichtigster Prädiktor für den Ruhe- und Belastungsblutdruck. Das Gesamtmodell verdeutlicht, dass sich beide Parameter am besten durch das Lebensalter, die Körpergröße, den BMI und durch die Familienanamnese für

Hypertonie erklären lassen. Damit weisen die Untersuchungsergebnisse einmal mehr auf die Bedeutsamkeit der Reife, Körperkomposition und familiären Disposition für den Blutdruck von Heranwachsenden hin. Je älter und größer demnach das Kind ist und je höher der BMI und ungünstiger die familiäre Vorbelastung für Hypertonie, umso höher sind die Blutdruckwerte in Ruhe und unter Belastung.

Nicht nur frühzeitige routinemäßige Blutdruckmessungen, sondern auch eine anhaltende gesundheitsbewusste Lebensweise wären für die Prävention einer späteren arteriellen Hypertonie von Vorteil. Mit der ergometrischen Überprüfung des Blutdrucks kann das Blutdruckverhalten bei alltäglichen Belastungen nicht nur besser eingeschätzt, sondern auch eine gemeinsame Analyse mit Blutdruckwerten unter Ruhebedingungen vorgenommen werden. Das individuelle kardiovaskuläre Risiko ließe sich dadurch deutlich besser bewerten. Angesichts der ermittelten und bereits existierenden Forschungsergebnisse sollte der Belastungsblutdruck daher schon bei Heranwachsenden als potentieller Risikofaktor betrachtet werden, der spätestens bei verdächtigen Ruhewerten zusätzliche Informationen liefert und für die Stratifizierung des kardiovaskulären Risikos geeignet ist. Mit der vorliegenden Forschungsarbeit ist somit die wichtige Erkenntnis verbunden, dass die ergometrische Belastungsuntersuchung des Blutdrucks auch im jüngeren Lebensalter unter Anwendung der in dieser Arbeit vorgeschlagenen Grenzwerte ein sinnvoll ergänzendes Verfahren in der Hypertoniediagnostik darstellen kann.

11 Literaturverzeichnis

- Abdullah, A., Peeters, A., Courten, M. & Stoelwinder, J. (2010). The magnitude of association between overweight and obesity and the risk of diabetes: a meta-analysis of prospective cohort studies. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 89, 309–319.
- Abrams, J. (2003). C-reactive protein, inflammation, and coronary risk: an update. *Cardiology Clinics*, 21 (3), 327-331.
- Acosta, A.A. & McNiece, K.L. (2008). Ambulatory blood pressure monitoring: a versatile tool for evaluating and managing hypertension in children. *Pediatric Nephrology*, 23, 1399-408.
- Adams, M. & Effertz, T. (2011). Die volkswirtschaftlichen Kosten des Alkohol- und Nikotinkonsums. In M.V. Singer, A. Batra & K. Mann (Hrsg.), *Alkohol, Tabak und Folgeerkrankungen* (S.57-61). Stuttgart: Thieme.
- Adams, T.D., Yanowitz, F.G., Fisher, A.G., Ridges, J.D., Nelson, A.G., Hagan, A.D. et al. (1985). Heritability of cardiac size: an echocardiographic and electrocardiographic study of monozygotic and dizygotic twins. *Circulation*, 71, 39-44.
- Ahijevych, K. & Wewers, M. (2003). Passive smoking and vascular disease. *Journal of Cardiovascular Nursing*, 18 (1), 69-74.
- Ahmad, F., Kavey, R.W. Kveselis, D.A., Gaum, W.E. & Smith, F.C. (2001). Responses of non-obese white children to treadmill exercise. *The Journal of Pediatrics*, 139 (2), 284-290.
- Ahonen, S.-M., Karppanen, A.-K., Korpelainen, R., Tammelin, T. & Vanhala, M. (2012). Physical activity and fitness in 8-year-old overweight and normal weight children and their parents [Elektronische Version]. *International Journal of Circumpolar Health*, 71, 17621.
- Aires, L., Andersen, L.B., Mendonca, D., Martins, C., Silva, G. & Mota, J. (2010). A 3-year longitudinal analysis of changes in fitness, physical activity, fatness and screen time. *Acta paediatrica*, 99 (1), 140–144.
- Aires, L., Silva, P., Silva, G., Santos, M.P., Ribeiro, J.C. & Mota, J. (2010). Intensity of physical activity, cardiorespiratory fitness, and body mass index in youth. *Journal of Physical Activity and Health*, 7, 54–59.
- Akerblom, H.K., Viikari, J., Raitakari, O.T. & Uhari, M. (1999). Cardiovascular risk in Young Finns Study: general outline and recent developments. *Annals of Medicine*, 31, 45–54.
- Alpert, B.S., Dover, E.V., Booker, D.L., Martin, A.M. & Strong, W.B. (1981). Blood pressure response to dynamic exercise in healthy children - black vs. white. *Journal of Pediatrics*, 99, 556-60.
- Altenburg, T.M., Hofsteenge, G.H., Weija, P.J.M., Delemarre-van de Waal, H.A. & Chinapaw, M.J.M. (2012). Self-Reported Screen Time and Cardiometabolic Risk in Obese Dutch Adolescents [Elektronische Version]. *PLoS One*, 7 (12), e53333.
- Alvarez, G.E., Halliwill, J.R., Ballard, T.P., Beske, S.D & Davy, K.P. (2005). Sympathetic neural regulation in endurance-trained humans: fitness vs. fatness. *Journal of Applied Physiology*, 98 (2), 498–502.
- American Academy of Pediatrics (2001). Committee on Public Education. Children, adolescents and television. *Pediatrics*, 107, 423-426.

- American Diabetes Association (2012). Diagnosis and classification of diabetes mellitus. *Diabetes Care*, 35 (1), 64–71.
- Andersen, L.B., Harro, M., Sardinha, L.B., Froberg, K., Ekelund, U., Brage, S. et al. (2006). Physical activity and clustered cardiovascular risk in children: a cross-sectional study (The European Youth Heart Study). *The Lancet*, 368 (9532), 299-304.
- Andersen, L.B., Hasselstrøm, H., Grønfeldt, V., Hansen, S.E. & Froberg, K. (2004). The relationship between physical fitness and clustered risk, and tracking of clustered risk from adolescence to young adulthood: eight years follow-up in the Danish Youth and Sport Study. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 1, 6.
- Andersen, L. B., Hein, H. O., Schnohr, P. & Schroll, M. (2000). All-cause mortality associated with physical activity during leisure time, work, sports, and cycling to work. *Archives of Internal Medicine*, 160 (11), 1621-1628.
- Andersen, L.B., Wedderkopp, N., Hansen, H.S., Cooper, A.R. & Froberg, K. (2003). Biological cardiovascular risk factors cluster in Danish children and adolescents: The European Youth Heart Study. *Preventive Medicine*, 37, 363–367.
- Andersen, L.B., Wedderkopp, N., Kristensen, P., Moller, N., Froberg, K. & Cooper, A. (2011). Cycling to school and cardiovascular risk factors: a longitudinal study. *Journal of Physical Activity and Health*, 8, 1025-1033.
- Anderson, T.W. (1978). Re-examination of some of the Framingham blood pressure data. *Lancet II*, 1139.
- Anderson, S.E., Dallal, G.E. & Must, A. (2003). Relative weight and race influence average age at menarche: results from two nationally representative surveys of US girls studied 25 years apart. *Pediatrics*, 111, 844-50.
- Anderson, C.B, Fuemmeler, B.F. & Mâsse, L.C. (2011). Parent-child relationship of directly measured physical activity [Elektronische Version]. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 8, 17.
- Anderssen, S.A., Cooper, A.R., Riddoch, C., Sardinha, L.B., Harro, M., Brage, S. et al. (2007). Low cardiorespiratory fitness is a strong predictor for clustering of cardiovascular disease risk factors in children independent of country, age and sex. *European Journal of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation*, 14, 526–531.
- Andre, J.L., Deschamps, J.P. & Gueguen, R. (1980). Arterial blood pressure in 17,067 children and adolescents. Variation with age and height. *Archive for Pediatrics*, 37, 477-482.
- Andre, J.L., Spyckerelle, Y., Gueguen, R. & Deschamps, J.P. (1983). Evolution des chiffres tensionnels lors d'une epreuve d'ef fort chez l'enfant et l'adolescent. *Archives des Maladies du Coeur et des vaisseaux*, 76, 1445-1455.
- Ara, I., Moreno, L.A., Leiva, M.T., Gutin, B. & Casajus, J.A. (2007). Adiposity, physical activity, and physical fitness among children from Aragon, Spain. *Obesity*, 15 (8), 1918-1924.
- Arbeitsgemeinschaft Adipositas im Kindes- und Jugendalter der deutschen Adipositas-Gesellschaft (2008). *Leitlinien*. Zugriff am 03. August 2009 unter <http://www.adipositas-gesellschaft.de/fileadmin/PDF/Leitlinien/Leitlinie-AGA-S2-2008.pdf>
- Argacha, J., Adamopoulos, D., Gujic, M., Fontaine, D., Amyai, N., Berkenboom, G. et al. (2008). Acute effects of passive smoking on peripheral vascular function. *Hypertension*, 51 (6), 1506–11.

- Aristimuno, G.G., Foster, T.A., Voors, A.W., Srinivasan, S.R. & Berenson, G.S. (1984). Influence of persistent obesity in children on cardiovascular risk factors: the Bogalusa Heart Study. *Circulation*, 69, 895-904.
- Ashwell, M., Gunn, P. & Gibson, S. (2012). Waist-to-height ratio is a better screening tool than waist circumference and BMI for adult cardiometabolic risk factors: systematic review and meta-analysis. *Obesity Reviews*, 13, 275–286.
- Assadi, F. (2008). Relation of left ventricular hypertrophy to microalbuminuria and C-reactive protein in children and adolescents with essential hypertension. *Pediatric Cardiology*, 29, 580-584.
- Assmann, G., Schulte, H. & Cullen, P. (1997). New and classical risk factors – the Münster heart study (PROCAM). *European Journal of Medical Research*, 2, 237–42.
- Astrand, I. (1960). Aerobic work capacity in men and women with special reference to age. *Acta physiologica Scandinavica*, 49 (169), 1-92.
- Astrand, I. (1965). Blood Pressure During Physical Work in a Group of 221 Women and Men 48–63 Years Old. *Acta Medica Scandinavica*, 178, 41.
- Ayer, J.G., Sholler, G. & Celermajer, D.S. (2008). Left atrial size is independently associated with Body Mass Index in childhood. *Circulation*, 118, 1154.
- Babor, T.F., Caetano, R., Casswell, S., Edwards, G., Giesbrecht, N., Graham, K. et al. (2003). *Alcohol: no ordinary commodity*. Oxford: Oxford University Press.
- Bachmann, H. (1985). *Pädiatrische Aspekte der Hypertonie*. Stuttgart: Enke.
- Baker, J.L., Olsen, L.W., Sorensen, T.I. (2007). Childhood body-mass index and the risk of coronary heart disease in adulthood. *New England Journal of Medicine*, 357, 2329–37.
- Balakumar, P. & Kaur, J. (2009). Is nicotine a key player or spectator in the induction and progression of cardiovascular disorders? *Pharmacology Research*, 60, 361–368.
- Ballor, D.L. & Keeseey, R.E. (1991). A meta-analysis of the factors affecting exercise-induced changes in body mass, fat mass and fat-free mass in males and females. *International Journal of Obesity*, 15, 717-26.
- Bao, W., Threefood, S.A., Srinivasan, S.R. & Berenson, G.S. (1995). Essential hypertension predicted by tracking of elevated blood pressure from childhood to adulthood: the Bogalusa Heart Study. *American Journal of Hypertension*, 8, 657-665.
- Barnoya, J. & Glantz, S.A. (2005). Cardiovascular effects of secondhand smoke: nearly as large as smoking. *Circulation*, 111, 2684 –2698.
- Bar-Or, O. (1983). *Pediatric sports medicine for the practitioner*. New York Berlin Heidelberg: Springer.
- Batscheider, S. Z., Heinrich, J., Teuner, C.M., Menn, P., Bauer, C.P., Hoffmann, U. et al. (2012). Exposure to second-hand smoke and direct healthcare costs in children – results from two German birth cohorts, GINIplus and LISAplus. *BMC Health Services Research*, 12, 344.
- Baur, J. (1994). Motorische Entwicklung in sozialökologischen Kontexten. In J. Baur, K. Bös & R. Singer (Hrsg.), *Motorische Entwicklung* (S.72-90). Schorndorf: Hoffman.

- Bazzano, L.A., Serdula, M.K. & Liu, S. (2003). Dietary intake of fruits and vegetables and risk of cardiovascular disease. *Current Atherosclerosis Reports*, 5, 492–499.
- Beck, C.C., Lopes, Ada, S. & Pitanga, F.J. (2011). Anthropometric indicators as predictors of high blood pressure in adolescents. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 96 (2), 126-33.
- Becker, M.M.C., Silva, O.B., Moreira, I.G.M. & Victor, E.G. (2007). Arterial Blood Pressure in Adolescents during Exercise Stress Testing. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 88 (3), 297-300.
- Beckett, L.A., Rosner, B., Roche, A.F. & Guo, S. (1992). Serial changes in blood pressure from adolescence into adulthood. *American Journal of Epidemiology*, 135, 1166-77.
- Becque, M.D., Katch, V.L., Rocchini, A.P., Marks, C.R. & Moorehead, C. (1988). Coronary risk incidence of obese adolescents: reduction by exercise plus diet intervention. *Pediatrics*, 81, 605-612.
- Bekkers, M.B.M., Brunekreef, B., Koppelman, G.H., Kerkhof, M., de Jongste, J.C., et al. (2012). BMI and Waist Circumference; Cross-Sectional and Prospective Associations with Blood Pressure and Cholesterol in 12-Year-Olds. *PLoS ONE* 7 (12), e51801.
- Beneke, R. & Leithäuser, R.M. (2008). Körperliche Aktivität im Kindesalter – Messverfahren. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 59 (10), 217-222.
- Berenson, G.S. (2002). Childhood risk factors predict adult risk associated with subclinical cardiovascular disease. The Bogalusa Heart Study. *American Journal of Cardiology*, 90 (10), 3-7.
- Berenson, G.S. (2005). Obesity: a critical issue in preventive cardiology – the Bogalusa Heart Study. *Preventive Cardiology*, 8, 234-241.
- Berenson, G.S. & Cresanta, J.L. & Webber, L.S. (1984). High blood pressure in the young. *Annual Review of Medicine*, 35, 535-560.
- Berenson, G.S., Srinivasan, S.R., Bao, W., Newman, W.P., Tracy, R.E. & Wattigney, W.A. (1998). Association between multiple cardiovascular risk factors and atherosclerosis in children and young adults. The Bogalusa Heart Study. *New England Journal of Medicine*, 338, 1650-1656.
- Bergmann, G.G., Bergmann, M.L. & Hallal, P.C. (2013). Independent and Combined Associations of Cardiorespiratory Fitness and Fatness with Cardiovascular Risk Factors in Brazilian Youth. *Journal of Physical activity and health*, 11 (2), 375-83.
- Biddle, S., Cavill, N., & Sallis, J. (1998). Policy framework for young people and health enhancing physical activity. In S. Biddle, J. F. Sallis, & N. Cavill (Eds.), *Young and active? Young people and health-enhancing physical activity – evidence and implications* (pp. 3-16). London: Health Education Authority.
- Biddle, S.J.H., Gorley, T. & Stensel, D.J. (2004). Health-enhancing physical activity and sedentary behavior in children and adolescents. *Journal of Sports Science*, 22, 679-701.
- Birbilis, M., Moschonis, G., Mougios, V. & Manios, Y. (2013). Obesity in adolescence is associated with perinatal risk factors, parental BMI and sociodemographic characteristics. *European Journal of Clinical Nutrition*, 67, 115-121.
- Blair, S.N, Clark, D.G., Cureton, K.J. & Powell, K.E. (1989). Exercise and fitness in childhood: implications for a lifetime of health. In C.V. Gisolfi & D.R. Lamb (Eds.), *Perspectives in*

- Exercise Science and Sports Medicine, Volume 2: Youth, Exercise and Sport* (pp. 401-430). New York: McGraw-Hill.
- Blair, S.N., Goodyear, N.N., Gibbons, L.W. & Cooper, K.H. (1984). Physical fitness and incidence of hypertension in healthy normotensive men and women. *Journal of the American Medicine Association*, 252, 487-90.
- Blair, S.N., Kampert, J.B. & Kohl, H.W. (1996). Influences of cardiorespiratory fitness and other precursors on cardiovascular disease and all-cause mortality in men and women. *Journal of the American Medicine Association*, 276, 205-210.
- Blair, S., Kohl, H., Paffenbarger, R., Clark, D.G., Cooper, K.H. & Gibbons, L.W. (1989). Physical fitness and all-cause mortality. A prospective study of healthy men and women. *Journal of the American Medical Association*, 262, 2395-2401.
- Blake, K.V., Gurrin, L.C., Evans, S.F., Newnham, J.P., Landau, L.I., Stanley, F.J. et al. (2000). Reference ranges for blood pressure in preschool Australians, obtained by oscillometry. *Journal of Pediatrics and Child Health*, 36, 41-46.
- Bleakley, A., Jordan, A.B. & Hennessy, M. (2013). The Relationship between Parents' and Children's Television Viewing [Elektronische Version]. *Pediatrics*, 132 (2), e364-71.
- Blonde, C.V., Webber, L.S., Foster, T.A. & Berenson, G.S. (1981). Parental History and Cardiovascular disease Risk Factor Variables in Children. *Preventive Medicine*, 10 (1), 25-37.
- Bönner, G., Gysan, D.B. & Sauer, G. (2005). Prävention der Atherosklerose. Stellenwert der Behandlung der arteriellen Hypertonie. *Zeitschrift für Kardiologie* 94 (3), III56-III65.
- Boeing, H., Bechthold, A., Bub, A., Ellinger, S., Haller, D., Kroke, A. et al. (2012) Critical review: vegetables and fruit in the prevention of chronic diseases. *European Journal of Nutrition*, 51, 637–663.
- Bogers, R.P., Bemelmans, W.J., Hoogenveen, R.T., Boshuizen, H.C., Woodward, M., Knekt, P. et al. (2007). Association of overweight with increased risk of coronary heart disease partly independent of blood pressure and cholesterol levels: a meta-analysis of 21 cohort studies including more than 300 000 persons. *Archives of Internal Medicine*, 167, 1720-1728.
- Boreham, C.A., Paliczka, V.J. & Nichols, A.K. (1990). A comparison of the PWC170 and 20-MST tests of aerobic fitness in adolescent schoolchildren. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 30, 19-23.
- Boreham, C. & Riddoch, C. (2001). The physical activity, fitness and health of children. *Journal of Sports Sciences*, 19, 915-929.
- Borraccino, A., Lemma, P., Iannotti, R.J., Zambon, A., Dalmasso, P., Lazzeri, G. et al. (2009). Socio-economic effects on meeting PA guidelines: comparisons among 32 countries. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41 (4), 749-756.
- Bortz J. (1999). *Statistik für Sozialwissenschaftler* (5. Auflage). Berlin: Springer.
- Bortz, J. (2005). *Statistik* (6. Auflage). Berlin: Springer.
- Bortz, J. & Döring, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler* (4., überarbeitete Auflage). Heidelberg: Springer.

- Bortz, J. & Schuster, C. (2010). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler* (7., überarbeitete Auflage). Berlin Heidelberg New York: Springer.
- Boulton, T.J., Cockington, R.A., Hamilton-Craig, I., Magarey, A.M. & Mazumdar, J.A. (1995). Profile of heart disease risk factors and their relation to parents' education, fathers' occupation and family history of heart disease in 843 South Australian families: the Adelaide Children's WHO Collaborative Study. *Journal of Pediatrics and Child Health*, 31, 200–6.
- Bös, K. (1994). Differentielle Aspekte der Entwicklung motorischer Fähigkeiten. In J. Baur, K. Bös & R. Singer (Hrsg.), *Motorische Entwicklung. Ein Handbuch* (S.238-254). Schorndorf: Hofmann.
- Bös, K. (2003). Motorische Leistungsfähigkeit von Kindern und Jugendlichen. In W. Schmidt, I. Hartmann-Tews & W.D. Brettschneider (Hrsg.), *Erster deutscher Kinder- und Jugendsportbericht* (S. 85-107). Schorndorf: Hofmann.
- Bös, K., Opper, E. & Woll, A. (2002a). Fitness in der Grundschule. Förderung von körperlich-sportlicher Aktivität, Haltung und Fitness zum Zwecke der Gesundheitsförderung und Unfallverhütung. Wiesbaden: Bundesarbeitsgemeinschaft für Haltungs- und Bewegungsförderung.
- Bös, K., Opper, E. & Woll, A. (2002b). Fitness in der Grundschule – ausgewählte Ergebnisse. *Haltung und Bewegung*, 22, 5–20.
- Bös, K., Worth, A., Heel, J., Opper, E., Romahn, N., Tittlbach, S. et al. (2004). *Testmanual des Motorik-Moduls im Rahmen des Kinder- und Jugendgesundheits surveys des Robert Koch-Instituts*. Bundesarbeitsgemeinschaft für Haltungs- und Bewegungsförderung: Wiesbaden: o.V.
- Bös, K., Worth, A., Opper, E., Oberger, J. & Woll, A. (2009). Motorik-Modul: Eine Studie zur motorischen Leistungsfähigkeit und körperlich-sportlichen Aktivität von Kindern und Jugendlichen in Deutschland. Baden-Baden: Nomos.
- Brady, T.M., Fivush, B. & Parekh, R. (2008). Ability of blood pressure to predict left ventricular hypertrophy in children with primary hypertension. *Journal of Pediatrics*, 152, 73-78.
- Brady, T.M., Schneider, M.F., Flynn, J.T., Cox, C., Samuels, J., Saland, J. (2012). Carotid intima-media thickness in children with CKD: results from the CKiD study. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology*, 7 (12), 1930-1937.
- Brady, T.M., Solomon, B.S., Neu, A.M., Siberry, G.K. & Parekh, R.S. (2010). Patient-, provider-, and clinic-level predictors of unrecognized elevated blood pressure in children [Elektronische Version]. *Pediatrics*, 125, e1286-1292.
- Brage, S., Wedderkopp, N., Ekelund, U., Franks, P.W., Wareham, N.J., Andersen, L.B. et al. (2004). Features of the metabolic syndrome are associated with objectively measured physical activity and fitness in Danish children: the European Youth Heart Study (EYHS). *Diabetes Care*, 27, 2141-2148.
- Brambilla, P., Bedogni, G., Heo, M. & Pietrobelli, A. (2013). Waist circumference-to-height ratio predicts adiposity better than body mass index in children and adolescents. *International Journal of Obesity*, 37 (7), 943-6.
- Brambilla, P., Bedogni, G., Moreno, L.A., Goran, M.I., Gutin, B., Fox, K.R. et al. (2006). Crossvalidation of anthropometry against magnetic resonance imaging for the assessment

- of visceral and subcutaneous adipose tissue in children. *International Journal of Obesity*, 30, 23-30.
- Brandão, A.P., Brandão, A.A., Berenson, G.S. & Fuster, V. (2005). Metabolic syndrome in children and adolescents. *Arquivos Brasileiros Cardiologia*, 85, 79-81.
- Brettschneider, W.-D. & Naul, R. (2004). Study on young people's lifestyle. Sedentariness and the role of sport in the context of education and as a means of restoring the balance. Final report. Paderborn. Zugriff am 20. März 2013 unter http://ec.europa.eu/sport/library/doc/c1/doc374_en.pdf
- Briedigkeit, W. (1981). Untersuchungen zur Blutdruckentwicklung bei Jugendlichen. *Deutsches Gesundheitswesen*, 36, 1087-1091.
- Briedigkeit, W. (1993). Untersuchungen zur Blutdruckentwicklung bei Kindern, Jugendlichen und jungen Erwachsenen unter besonderer Berücksichtigung des Belastungsblutdrucks. In I.-W. Franz (Hrsg.), *Belastungsblutdruck bei Hochdruckkranken* (S.95-100). Berlin Heidelberg New York: Springer Verlag.
- Briedigkeit, W., Tittmann, F. & Honigmann, G. (1979). Blutdruck im Kindesalter. 4. Mitteilung: Ergometrische Untersuchungen von Kindern und Jugendlichen mit systolischer Grenzwerthypertonie. *Zeitschrift für ärztliche Fortbildung*, 73, 378.
- Brockman, R., Fox, K.R., Jago, R., Page, A.S. & Thompson, J.L. (2010). Parent and child physical activity and sedentary time: do active parents foster active children? [Elektronische Version]. *BMC Public Health*, 10, 194.
- Brunet, M., Chaput, J.P. & Tremblay, A. (2007). The association between low physical fitness and high body mass index or waist circumference is increasing with age in children: the 'Quebec en Forme' Project. *International Journal of Obesity*, 31 (4), 637-643.
- Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (2012). *Die Drogenaffinität Jugendlicher in der Bundesrepublik Deutschland 2011. Teilband Alkohol*. Köln: Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung.
- Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (2013). *Der Tabakkonsum Jugendlicher und junger Erwachsener in Deutschland 2012. Ergebnisse einer aktuellen Repräsentativbefragung und Trends*. Köln: Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung.
- Burger, J.P., Serne, E.H., Nolte, F. & Smulders, Y.M. (2009). Blood pressure response to moderate physical activity is increased in obesity. *Netherlands Journal of Medicine*, 67, 342-346.
- Burgos, M.S., Reuter, C.P., Burgos, L.T., Pohl, H.H., Pauli, L., Horta, J.A. et al. (2010). Comparison Analysis of Blood Pressure, Obesity, and Cardio-respiratory Fitness in Schoolchildren. *Arquivos brasileiros de cardiologia*, 94 (6), 739-744.
- Burk, W.J., Engels, R.C., Krank, M., Mares, S.H., Pieters, S. & Van der Vorst, H. (2013). The mediating role of alcohol-related memory associations on the relation between perceived parental drinking and the onset of adolescents' alcohol use. *Addiction*, 108 (3), 526-33.
- Burke, G.L., Arcilla, R.A., Culpepper, W.S., Webber, L.S., Chiang, Y.K. & Berenson, G.S. (1987). Blood pressure and echocardiographic measures in children: the Bogalusa heart study. *Circulation*, 75, 106-114.

- Burke, G.L., Culpepper, W.S., Webber, L.S., Chiang, R.A., Arcilla, R.A. & Berenson, G.S. (1987). Blood pressure and echocardiographic measures in children: the Bogalusa Heart Study. *Circulation*, 75, 106-114.
- Burke, G.L., Savage, P.J., Sprafka, J.M., Selby, J.V., Jacobs, D.R., Perkins, L.L. et al. (1991). Relation of Risk Factor Levels in Young Adulthood to Parental History of Disease. *Circulation*, 84 (3), 1176-1187.
- Burmann, U. (2003). Mediennutzung statt Sport treiben? Stimmt die geläufige Argumentation: Medienfreaks sind Sportmuffel und Körperwracks. *Sportunterricht*, 52, 163–167.
- Busch, M., Heuschmann, P. & Wiedmann, S. (2012). Recent changes in stroke mortality trends in Germany. *European Journal of Epidemiology*, 27 (1), 69-70.
- Busch, M.A., Schienkiewitz, A., Nowossadeck, E. & Gößwald, A. (2013). Prävalenz des Schlaganfalls bei Erwachsenen im Alter von 40 bis 79 Jahren in Deutschland. Ergebnisse der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DGES1). *Bundesgesundheitsblatt*, 56, 656-660.
- Butani, L. & Morgenstern, B.Z. (2003). Are pitfalls of oscillometric blood pressure measurements preventable in children? *Pediatric Nephrology*, 18, 313-318.
- Byckling, T., Akerblom, H.K., Viikari, J., Louhivuori, K., Uhari, M., Räsänen, L. et al. (1985). Atherosclerosis precursors in Finnish children and adolescents. IX. Socioeconomic status and risk factors of coronary heart disease. *Acta Paediatrica Scandinavica*, 318, 155–67.
- Cale, L., & Harris, J. (2005). Monitoring young people's physical fitness and physical activity. In L. Cale, & J. Harris (Eds.), *Exercise and young people: issues, implications and initiatives* (pp. 41-80). Basingstoke: Palgrave Macmillan.
- Calle, E.E., Thun, M.J., Petrelli, J.M., Rodriguez, C. & Heath, C.W. (1994). Body-mass index and mortality in a prospective cohort of U.S. adults. *New England Journal of Medicine*, 341 (15), 1097-1105.
- Campbell, R., Starkey, F., Holliday, J., Audrey, S., Bloor, M., Parry-Langdon, N. et al. (2008). An informal school-based peer-led intervention for smoking prevention in adolescence (ASSIST): a cluster randomised trial. *Lancet*, 371 (9624), 1595-1602.
- Caprio, S., Hyman, L.D., McCarthy, S., Lange, R., Bronson, M. & Tamborlane, W.V. (1996). Fat distribution and cardiovascular risk factors in obese adolescent girls: importance of the intraabdominal fat depot. *American Journal of Clinical Nutrition*, 64 (1), 12-17.
- Caraballo, R.S., Gioviono, G.A. & Pechacek, T.F. (2003). Self-reported cigarette smoking vs. serum cotinine among U.S. adolescents. *Nicotine & Tobacco Research*, 6, 1, 19–25.
- Carletti, L., Rodrigues, A.N., Perez, A.J. & Vassallo, D.V. (2008). Blood pressure response to physical exertion in adolescents: influence of overweight and obesity. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 91 (1), 25–30.
- Carnethon, M.R., Gulati, M. & Greenland, P. (2005). Prevalence and cardiovascular disease correlates of low cardiorespiratory fitness in adolescents and adults. *Journal of the American Medicine Association*, 294, 2981-2988.
- Caspersen, C.J., Powell, K.E., & Christenson, G.M. (1985). Physical activity, exercise, and physical fitness: Definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Reports*, 100, 126-130.

- Cavill, N., Biddle, S. & Sallis, J.F. (2001). Health enhancing physical activity for young people: Statement of the United Kingdom Expert Consensus Conference. *Pediatric Exercise Science*, 13, 12-25.
- Celermajer, D.S., Adams, M.R., Clarkson, P., Robinson, J., McCredie, R., Donald, A. et al. (1996). Passive smoking and impaired endothelium-dependent arterial dilatation in healthy young 29 adults. *New England Journal of Medicine*, 334, 150–154.
- Chaput, J.-P., Visby, T., Nyby, S., Klingenberg, L., Gregersen, N.T., Tremblay, A. et al. (2011). Video game playing increases food intake in adolescents: a randomized crossover study. *American Journal of Clinical Nutrition*, 93 (6), 1196–1203.
- Chen, X. & Wang, Y. (2008). Tracking of blood pressure from childhood to adulthood: a systematic review and meta-regression analysis. *Circulation*, 117, 3171-3180.
- Chillón, P., Ortega, F., Ruiz, J., De Bourdeaudhuij, I., Martínez-Gómez, D., Vicente-Rodríguez, G. et al. (2011). Active commuting and physical activity in adolescents from europe: results from the HELENA study. *Pediatric Exercise Sciences*, 23, 207-217.
- Chillón, P., Ortega, F.B., Ruiz, J.R., Evenson, K. R., Labayen, I., Martinez-Vizcaino, V. et al. (2013). Bicycling to school is associated with improvements in physical fitness over a 6-year follow-up period in Swedish children. *Preventive Medicine*, 55 (2), 108-112.
- Chinapaw, M.J.M., Proper, K.I., Brug, J., van Mechelen, W. & Singh, A.S. (2011). Relationship between young peoples´ sedentary behavior and biomedical health indicators: a systematic review of prospective studies. *Obesity reviews*, 12, 621-632.
- Chiolero, A., Bovet, P. & Paradis, G. (2013). Screening for elevated blood pressure in children and adolescents: a critical appraisal. *Journal of the American Medical Association Pediatrics*, 167 (3), 266-273.
- Chiolero, A., Madeleine, G., Gabriel, A., Burnier, M., Paccaud, F. & Bovet, P. (2007). Prevalence of elevated blood pressure and association with overweight in children of a rapidly developing country. *Journal of Human Hypertension*, 21 (2), 120-127.
- Chobanian, A.V., Bakris, G.L., Black, H.R., Cushman, W.C., Green, L.A., Izzo, J.L. et al. (2003). The Seventh Report of the Joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure: the JNC 7 report. *Journal of the American Medical Association*, 289, 2560–2572.
- Choy, C.-S., Chan, W.Y., Chen, T.L., Shih, C.C., Wu, L.-C. & Liao, C.-C. (2011). Waist circumference and risk of elevated blood pressure in children: a cross-sectional study. *BMC Public Health*, 11, 613.
- Ciruzzi, M., Pramparo, P., Esteban, O., Rozlosnik, J., Tartaglione, J., Abecasis, B. et al. (1998). Case -control study of passive smoking at home and risk of acute myocardial infarction. *Journal of the American College of Cardiology*, 31 (4), 797-803.
- Clark, L.T. & Friedman, L.S. (1985). Hypertension associated with alcohol withdrawal: assessment of mechanisms and complications. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*, 9, 125–30.
- Clark, C.E., Taylor, R.S., Shore, A.C., Ukoumunne, O.C, & Campbell, J.K. (2012). Association of a difference in systolic blood pressure between arms with vascular disease and mortality: a systematic review and meta-analysis. *Lancet*, 379, 905-914.

- Clarke, H.H. (1976). *Application of measurement to health and physical education*. New York: Prentice-Hall.
- Clarke, W.R., Schrott, H.G., Burns, T.L., Sing, C.F. & Lauser, R.M. (1986). Aggregation of blood pressure in the families of children with labile high systolic blood pressure: the Muscatine Study. *American Journal of Epidemiology*, 123, 67-80.
- Clarke, W.R., Schrott, H.G., Leaverton, P.E., Connor, W.E. & Lauer, R.M. (1978). Tracking of blood lipids and blood pressures in school age children: the Muscatine study. *Circulation*, 58, 626-634.
- Clarke, W.R., Woolson, R.F. & Lauer, R.M. (1986). Changes in ponderosity and blood pressure in childhood: the Muscatine Study. *American Journal of Epidemiology*, 124, 195-206.
- Cleland, V.J., Ball, K., Magnussen, C., Dwyer, T. & Venn, A. (2009). Socioeconomic position and the tracking of physical activity and cardiorespiratory fitness from childhood to adulthood. *American Journal of Epidemiology*, 170, 1069-77.
- Cleland, V.J., Schmidt, M.D., Dwyer, T. & Venn, A.J. (2008). Television viewing and abdominal obesity in young adults: is the association mediated by food and beverage consumption during viewing time or reduced leisure time physical activity? *American Journal of Clinical Nutrition*, 87 (5), 1148-1155.
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- Cohen, S., Janicki-Deverts, D., Chen, E., Matthews, K.A. (2010). Childhood socioeconomic status and adult health. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1186, 37-55.
- Cole, T.J. & Green, P.J. (1992). Smoothing reference centile curves: the LMS method and penalized likelihood. *Statistics in Medicine*, 11 (10), 1305-1319.
- Collins, M.A., Neafsey, E.J., Mukamal, K.J., Gray, M.O., Parks, D.A., Das, D.K. et al. (2009). Alcohol in moderation, cardioprotection, and neuroprotection: epidemiological considerations and mechanistic studies. *Alcohol Clinical and Experimental Research*, 33 (2), 206-19.
- Cook, S., Weitzman, M., Auinger, P., Nguyen, M. & Dietz, W.H. (2003). Prevalence of a metabolic syndrome phenotype in adolescents: findings from the third National Health and Nutrition Examination Survey, 1988-1994. *Archives of Pediatrics and Adolescent Medicine*, 157, 821-827.
- Cornelissen, V.A. & Fagard, R.H. (2005a). Effects of endurance training on blood pressure, blood pressure-regulating mechanisms, and cardiovascular risk factors. *Hypertension*, 46 (4), 667-675.
- Cornelissen, V.A. & Fagard, R.H. (2005b). Effect of resistance training on resting blood pressure: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of Hypertension*, 23 (2), 251-259.
- Corrao, G., Bagnardi, V., Zambon, A. & La Vecchia, C. (2004). A meta-analysis of alcohol consumption and the risk of 15 diseases. *Preventive Medicine*, 38, 613-619.
- Croix, B. & Feig, D.I. (2006). Childhood hypertension is not a silent disease. *Pediatric Nephrology*, 21, 527-32.

- Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16, 297-334.
- Currie, C., Zanotti, C., Morgan, A., Currie, D., de Looze, M. et al. (2012). Social determinants of health and well-being among young people. Health Behaviour in School-aged Children (HBSC) study: international report from the 2009/2010 survey. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.
- Daley, M.F., Sinaiko, A.R., Reifler, L.M., Tavel, H.M., Glanz, J.M., Margolis, K.L. et al. (2013). Patterns of Care and Persistence After Incident Elevated Blood Pressure [Elektronische Version]. *Pediatrics*, 132 (2), e349-55.
- Danaei, G., Finucane, M.M., Lin, J.K., Singh, G.M., Paciorek, C.J., Cowan, M.J. et al. (2011). National, regional, and global trends in systolic blood pressure since 1980: Systematic analysis of health examination surveys and epidemiological studies with 786 country-years and 54 million participants. *Lancet*, 377 (9765), 568-577.
- Danaei, G., Finucane, M.M., Lu, Y., Cowan, M.J., Paciorek, C.J., Lin, J.K. et al. (2011) National, regional, and global trends in fasting plasma glucose and diabetes prevalence since 1980: systematic analysis of health examination surveys and epidemiological studies with 370 country-years and 2.7 million participants. *Lancet*, 378, 31–40.
- Daniels, S.R., Arnett, D.K., Eckel, R.H., Gidding, S.S., Hayman, L.L., Kumanyika, S. et al. (2005). Overweight in children and adolescents: pathophysiology, consequences, prevention, and treatment. *Circulation*, 111, 1999–2012.
- Daniels, S.R. & Gidding, S.S. (2013). Blood pressure screening in children and adolescents: is the glass half empty or more than half full? *Journal of the American Medical Association Pediatrics*, 167 (3), 302-304.
- Daniels, S.R., Lipman, M.J., Burke, M.J. & Loggie, J.M. (1991). The prevalence of retinal vascular abnormalities in children and adolescents with essential hypertension. *American Journal of Ophthalmology*, 111, 205-208.
- Danielzik, S., Czerwinski-Mast, M., Langnäse, K., Dilba, B. & Müller, M.-J. (2004). Parental overweight, socioeconomic status and high birth weight are the major determinants of overweight and obesity in 5–7 y-old children: baseline data of the Kiel Obesity Prevention Study (KOPS) [Elektronische Version]. *International Journal of Obesity*, 28, 1494–1502.
- Danielzik, S. & Müller, M.J. (2006). Sozioökonomische Einflüsse auf Lebensstil und Gesundheit von Kindern [Elektronische Version]. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 57 (9), 214-219.
- Dawber, T.R. (1980). *The Framingham Study: The epidemiology of atherosclerotic disease*. Cambridge: Harvard University Press.
- de Man, S.A., André, J.-L., Bachmann, H., Grobbee, D.E., Ibsen, K.K., Laaser, U., Lippert, P.A. & Hofman, A. (1991). Blood pressure in childhood: pooled findings of six European studies. *Journal of Hypertension*, 9 (2), 109-114.
- de Marées, H. & Mester, J. (1991). *Sportphysiologie I* (2. Auflage). Frankfurt am Main: Verlag Moritz Diesterweg GmbH & Co.
- de Swiet, M., Fayers, P. & Shinebourne, E.A. (1980). Systolic blood pressure in a population of infants in the first year of life: the Brompton study [Elektronische Version]. *Pediatrics*, 65, 1028-1035.

- Deanfield, J.E., Shea, M.J., Wilson, R.A., Horlock, P., de Landsheere, C.M. & Selwyn, A.P. (1986). Direct effects of smoking on the heart: silent ischemic disturbances of coronary flow. *American Journal of Cardiology*, 57, 1005–1009.
- Dekkers, J.C., Snieder, H., Van Den Oord, E.J. & Treiber, F.A. (2002). Moderators of blood pressure development from childhood to adulthood: a 10-year longitudinal study. *Journal of Pediatrics*, 141, 770-779.
- Dencker, M., Thorsson, O., Karlsson, M.K., Linden, C., Svensson, J., Wollmer, P. et al. (2006). Daily physical activity and its relation to aerobic fitness in children aged 8-11 years. *European Journal of Applied Physiology*, 96 (5), 587-592.
- Denton, S.J., Trenell, M.I., Plötz, T., Savory, L.A. Bailey, D.P. Kerr, C.J. et al. (2013). Cardiorespiratory Fitness Is Associated with Hard and Light Intensity Physical Activity but Not Time Spent Sedentary in 10–14 Year Old Schoolchildren: The HAPPY Study [Elektronische Version]. *PLoS ONE*, 8 (4), e61073.
- Department of Health (2004). At least five a week: physical activity and health outcomes: a review of the Chief Medical Officer. London: Department of Health.
- Deutsche Gesellschaft für Sportmedizin und Prävention e.V. (2002). Leitlinien zur Belastungsuntersuchung in der Sportmedizin. Zugriff am 12. Mai 2013 unter http://dggsp.de/_downloads/allgemein/Leitlinien.pdf
- Deutschen Hochdruckliga e.V. DHL® - Deutsche Hypertonie Gesellschaft (2005). *Leitlinien zur Diagnostik und Behandlung der arteriellen Hypertonie*. Zugriff am 02. April 2013 unter <http://Hypertonie-Leitlinien05.pdf>
- Deutsche Hochdruckliga e.V. DHL® - Deutsche Hypertonie Gesellschaft (2008). Leitlinien zur Behandlung der arteriellen Hypertonie. Zugriff am 06. Mai 2013 unter <http://LeitlinienHypertonie.pdf>
- Deutsches Krebsforschungszentrum (2004). Passivrauchen – ein unterschätztes Gesundheitsrisiko. Rote Reihe Tabakprävention und Tabakkontrolle. Vol. 5. Heidelberg: Deutsches Krebsforschungszentrum.
- Deutsches Krebsforschungszentrum (2008). *Rauchende Kinder und Jugendliche in Deutschland – leichter Einstieg, schwerer Ausstieg* [Elektronische Version]. Heidelberg: Deutsches Krebsforschungszentrum.
- Deutsches Krebsforschungszentrum (2009). *Tabakatlas Deutschland 2009* [Elektronische Version]. Heidelberg: Deutsches Krebsforschungszentrum.
- Deutsches Krebsforschungszentrum (2010). *Rote Reihe Tabakprävention und Tabakkontrolle Band 14: Schutz der Familie vor Tabakrauch* [Elektronische Version] Heidelberg: Deutsches Krebsforschungszentrum.
- Deutsche Liga zur Bekämpfung des hohen Blutdrucks e.V., Deutsche Hypertonie Gesellschaft (1994). *Hypertonie bei Kindern und Jugendlichen* (2. Auflage). Heidelberg.
- Deutsche Liga zur Bekämpfung des hohen Blutdrucks e.V., Deutsche Hypertonie Gesellschaft (1997). *Empfehlungen zur Blutdruckmessung* (4. Auflage). Heidelberg.
- Díaz, L.N. & Garin, E.H. (2007). Comparison of ambulatory blood pressure and Task Force criteria to identify pediatric hypertension. *Pediatric Nephrology*, 22 (4), 554-558.

- Dietz, W.H. & Gortmaker, S.L. (1985). Do we fatten our children at the television set? Obesity and television viewing in children and adolescents [Elektronische Version]. *Pediatrics*, 75 (5), 807–812.
- Din-Dzietham, R, Liu, Y., Bielo, M.-V. & Shamsa, F. (2007). High Blood Pressure Trends in Children and Adolescents in National Surveys, 1963 to 2002. *Circulation*, 116, 1488-1496.
- Dipla, K., Nassis, G.P. & Vrabas, I.S. (2012). Blood Pressure Control at Rest and during Exercise in Obese Children and Adults. *Journal of Obesity*. Article ID 147385, 10 pages, 2012. doi:10.1155/2012/147385. Zugriff am 23. März 2013 unter <http://www.hindawi.com/journals/jobes/2012/147385/>
- Dipla, K., Zafeiridis, A., Koidou, I., Geladas, N. & Vrabas, I.S. (2010). Altered hemodynamic regulation and reflex control during exercise and recovery in obese boys. *American Journal of Physiology*, 299 (6), 2090-2096.
- Dishman, R.K., Washburn, R.A. & Heath, G.W. (2004). *Physical activity epidemiology*. Champaign: Human Kinetics.
- Dlin, R.A., Hanna-Paparo, N. & Tenenbaum, G. (1985). Blood pressure response to exercise in adolescent competitive athletes. In J. Rutenfranz, R. Mocellin, F. Klimt (Eds.), *Children and exercise XII. International Series on Sport Sciences* (pp.185-195). Champaign: Human Kinetics Publishers.
- Dordel, S. (1998). Ätiologie und Symptomatik motorischer Defizite und Auffälligkeiten. In Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung BZgA (Hrsg.), *Gesundheit von Kindern – Epidemiologische Grundlagen. Band 3: Forschung und Praxis in der Gesundheitsförderung, 2. Aufl.* (S.49-59). Köln: Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung.
- Dordel, S. (2000). Kindheit heute: Veränderte Lebensbedingungen=reduzierte motorische Leistungsfähigkeit? Motorische Entwicklung und Leistungsfähigkeit im Wandel. *Sportunterricht*, 49, 341–349.
- DuBose, K.D., Eisenmann, J.C. & Donnelly, J.E. (2007). Aerobic fitness attenuates the metabolic syndrome score in normal-weight, at-risk-for-overweight, and overweight children [Elektronische Version]. *Pediatrics*, 120, e1262–e1268.
- DuRant, R.H., Baranowski, T., Johnson, M. & Thompson, W.O. (1994). The relationship among television watching, physical activity, and body composition of young children [Elektronische Version]. *Pediatrics*, 94 (4), e449–e455.
- Durrani, A. & Fatima, W. (2011). Determinants of blood pressure distribution in school children. *European Journal of Public Health*, 22 (3), 369-373.
- Dwyer, T. & Gibbons, L.E. (1993). The Australian Schools Health and Fitness Survey. Physical Fitness Related To Blood Pressure But Not Lipoproteins. *Circulation*, 89, 1539-1544.
- Effler, M. & Böhmecke, W. (1977). Eine Analyse des Verweigererproblems mit Beinahe-Verweigerern. *Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie*, 24, 35-48.
- Eiberg, S., Hasselstrom, H., Gronfeldt, V., Froberg, K., Svensson, J. & Andersen, L. B. (2005). Maximum oxygen uptake and objectively measured physical activity in Danish children 6-7 years of age: the Copenhagen school child intervention study. *British Journal of Sports Medicine*, 39 (10), 725-730.

- Eisenmann, J.C., Malina, R.M., Tremblay, A. & Bouchard, C. (2007). Adiposity and cardiac dimensions among 9- to 18-year-old youth: the Québec Family Study. *Journal of Human Hypertension*, 21, 114-119
- Eisenmann, J.C., Wickel, E.E., Welk, G.J. & Blair, S.N. (2005). Relationship between adolescent fitness and fatness and cardiovascular disease risk factors in adulthood: the Aerobics Center Longitudinal Study (ACLS). *American Heart Journal*, 149, 46–53.
- Ekelund, U., Anderssen, S.A., Brage, S., Froberg, K., Harro, M., Sardinha, L.B. et al. (2006). TV viewing and physical activity are independently associated with metabolic risk in children: The European youth heart study [Elektronische Version]. *Plos Medicine*, 3 (12), 2449-2457.
- Ekelund, U., Anderssen, S.A., Froberg, K., Sardinha, L.B., Andersen, L.B. & Brage, S. (2007) Independent association of physical activity and cardiorespiratory fitness with metabolic risk factors in children: the European youth heart study. *Diabetologia*, 50, 1832-1840.
- Elovainio, M., Ferrie, J.E., Singh-Manoux, A., Shipley, M., Batty, D.G., Head, J. et al. (2011). Socioeconomic differences in cardiometabolic factors: Social causation or health-related selection? Evidence from the Whitehall II cohort study, 1991–2004. *American Journal of Epidemiology*, 174, 779–789.
- Epstein, L.H., Roemmich, J.N., Robinson, J.L., Paluch, R.A., Winiewicz, D.D., Fuerch, J.H. et al. (2008). A randomized trial of the effects of reducing television viewing and computer use on body mass index in young children. *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine*, 162 (3), 239–245.
- European Society of Cardiology (ESC) and European Society of Hypertension (ESH) (2007). 2007 Guidelines for the management of arterial hypertension. The Task Force for the Management of Arterial Hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and of the European Society of Cardiology (ESC). *European Heart Journal*, 28, 1462–1536.
- Everitt, B.S. (1996). *Making Sense of Statistics in Psychology*. Oxford: Oxford University Press.
- Expert Panel on Integrated Guidelines for Cardiovascular Health and Risk Reduction in Children and Adolescents; National Heart, Lung, and Blood Institute (2011). Expert panel on integrated guidelines for cardiovascular health and risk reduction in children and adolescents: summary report [Elektronische Version]. *Pediatrics*, 128 (5), e213-56.
- Ezzati, M., Lopez, A.D., Rodgers, A., Vander Hoorn, S. & Murray, C. (2002). Selected major risk factors and global and regional burden of disease. *Lancet*, 360, 1347–1360.
- Fagard, R.H. (2001). Exercise characteristics and the blood pressure response to dynamic physical training. *Medicine and Science on Sports and Exercise*, 33, 484-492.
- Fagard, R.H. (2011). Exercise therapy in hypertensive cardiovascular disease. *Progress in Cardiovascular Diseases*, 53, 404–411.
- Fagard, R. & Grassi, G. (2008). Blood pressure response to acute physical and mental stress. In G. Mancia, G. Grassi, S.E. Kjeldsen (Eds.), *Manual of Hypertension of the European Society of Hypertension* (pp. 184-189). London: Informa Healthcare.
- Fagard, R.H., Pardaens, K., Staessen, J.A. & Thijs, L. (1996). Prognostic value of invasive hemodynamic measurements at rest and during exercise in hypertensive men. *Hypertension*, 28, 31-36.

- Fagard, R.H., Pardaens, K., Staessen, J.A. & Thijs, L. (1998). Should exercise blood pressure be measured in clinical practice? *Journal of Hypertension*, 16, 1215- 1217.
- Fagard, R., Staessen, J. & Amery, A. (1991). Exercise blood pressure and target organ damage in essential hypertension. *Journal of Human Hypertension*, 5, 69-75.
- Fagard, R.H., Staessen, J.A. & Thijs, L. (1997). Prediction of cardiac structure and function by repeated clinic and ambulatory blood pressure, *Hypertension*, 29, 22-29.
- Fagard, R., Staessen, J., Thijs, L. & Amery, A. (1995). Relation of left ventricular mass and filling to exercise blood pressure and rest blood pressure. *American Journal of Cardiology*, 75, 53-57.
- Fakhouri, T. H. I., Hughes, J.P., Brody, D.J., Kit, B.K. & Ogden, C.L. (2013). Physical Activity and Screen-Time Viewing Among Elementary School-Aged Children in the United States From 2009 to 2010. *Journal of the American Medical Association Pediatrics*, 167 (3), 223-229.
- Falkner, B., Gidding, S.S., Ramirez-Garnica, G., Wiltrout, S.A., West, D. & Rappaport, E.B. (2006). The relationship of body mass index and blood pressure in primary care pediatric patients. *Journal of Pediatrics*, 148, 195-200.
- Faller, A. & Schünke, M. (2008). *Der Bau des Menschen. Einführung in Bau und Funktion* (15. komplett überarbeitete Auflage). Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Faude, O., Nowacki, P.E. & Urhausen, A. (2004). Vergleich ausgewählter (unblutiger) Testverfahren zur Bestimmung der kardiopulmonalen Ausdauer bei Schulkindern. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 55 (9), 232-236
- Feierabend, S. & Klingler, W. (2001). Kinder und Medien 2000: PC/Internet gewinnen an Bedeutung – Ergebnisse der KIM-Studie zur Mediennutzung von Kindern. *Media Perspektiven*, 7, 345–357.
- Feierabend, S. & Klingler, W. (2002). Medien- und Themeninteressen Jugendlicher. Ergebnisse der JIMStudie zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger. *Media Perspektiven*, 1, 9–21.
- Feigin, V.L., Lawes, C.M., Bennett, D.A., Barker-Collo, S.L. & Parag, V. (2009). Worldwide stroke incidence and early case fatality reported in 56 population-based studies: a systematic review. *Lancet Neurology*, 8, 355–369.
- Feinleib, M., Garrison, R.J., Fabsitz, R., Christian, J.C., Hrubec, Z., Borhani, N.O. et al. (1977). The NHLBI twin study of cardiovascular disease risk factors: methodology and summary of results. *American Journal of Epidemiology*, 106 (4), 284-5
- Ferrara, L.A., Mainenti, G., Fasano, M.L., Marotta, T., Borrelli, R. & Manzini, M. (1991). Cardiovascular response to mental stress and to handgrip in children: the role of physical activity. *Japanese Heart Journal*, 32, 645-54.
- Field, A.E., Cook, N.R. & Gillman, M.W. (2005). Weight Status in Childhood as a Predictor of Becoming Overweight or Hypertensive in Early Adulthood. *Obesity Research*, 13 (1), 163-169.
- Filipovski, J., Duchimetiere, P. & Safar, M.D. (1992). Prognostic significance of exercise blood pressure and heart rate in middle-aged men. *Journal of Hypertension*, 20, 337-341.

- Finucane, M.M., Stevens, G.A., Cowan, M.J., Danaei, G., Lin, J.K. & Paciorek, C.J. et al. (2011). National, regional, and global trends in body-mass index since 1980: Systematic analysis of health examination surveys and epidemiological studies with 960 country-years and 9.1 million participants. *Lancet*, 337 (9765), 557–567.
- Fixler, D.E. & Laird, W.P. (1983). Validity of mass blood pressure screening in children. *Pediatrics*, 72, 459-63.
- Fixler, D.E., Laird, W.P., Browne, R., Fitzgerald, V., Wilson, S. & Vance, R. (1979) Response of hypertensive adolescents to dynamic and isometric exercise stress [Elektronische Version]. *Pediatrics*, 64, e579-583.
- Flynn, J.T. (2001). Evaluation and management of hypertension in childhood. *Progress in Pediatric Cardiology*, 12, 177-88.
- Flynn, J.T. & Alderman, M.H. (2005). Characteristics of children with primary hypertension seen at a referral center. *Pediatric Nephrology*, 20, 961-966.
- Foerch, C., Misselwitz, B., Sitzer, M., Steinmetz, H. & Neumann-Haefelin, T. (2008). Die Schlaganfallzahlen bis zum Jahr 2050. *Deutsches Ärzteblatt*, 26, 467–473.
- Fogelholm, M., Stigman, S., Huisman, T. & Metsamuuronen, J. (2008). Physical fitness in adolescents with normal weight and overweight. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 18 (2), 162–170.
- Folsom, A.R., Jacobs, D.R., Wagenknecht, L.E., Winkhart, S.P., Yunis, C., Hilner, J.E. et al. (1996). Increase in fasting insulin and glucose over seven years with increasing weight and inactivity of young adults. The CARDIA Study. Coronary Artery Risk Development in Young Adults. *Am Journal of Epidemiology*, 144 (3), 235-246.
- Fuiano, N., Luciano, A., Pilotto, L. & Pietrobelli, A. (2006). Overweight and hypertension: longitudinal study in school-aged children. *Minerva Pediatrica*, 58 (5), 451-459.
- Fujita, Y., Kouda, K., Nakamura, H., Nishio, N., Takeuchi, H. & Iki, M. (2010). Relationship between height and blood pressure in Japanese schoolchildren. *Pediatrics International*, 52, 689-693.
- Franz, I.-W. (1978). Therapie der hypertonen Kreislaufregulationsstörungen bzw. Hypertonie durch dosiertes Training. *Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin*, 3, 117.
- Franz, I.-W. (1979). Untersuchungen über das Blutdruckverhalten während und nach Ergometrie bei Grenzwerthypertonikern im Vergleich zu Normalpersonen und Patienten mit stabiler Hypertonie. *Zeitschrift für Kardiologie*, 68, 107.
- Franz, I.-W. (1982). *Ergometrie bei Hochdruckkranken*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag.
- Franz, I.-W. (1986). *Ergometry in hypertensive patients*. Berlin Heidelberg New York Tokio: Springer-Verlag.
- Franz, I.-W. (1991). *Hypertonie und Herz. Diagnostische, prognostische und therapeutische Aspekte*. Berlin: Springer-Verlag.
- Franz, I.-W. (1993). *Belastungsblutdruck bei Hochdruckkranken*. Berlin Heidelberg New York: Springer-Verlag.
- Franz, I.-W. (1996). Blood pressure measurement during ergometric stress testing. *Zeitschrift für Kardiologie*, 85 (3), 71-75.

- Franz, I.-W. (2004). Diagnostik bei arterieller Hypertonie. In I.-W. Franz (Hrsg.), *Bluthochdruck. Fortschritte in Diagnostik und Therapie* (S.17-35). München: Urban & Vogel.
- Franz, I.-W. & Lohmann, F.W. (1982). Reproducibility of blood pressure measurements in hypertensives during and after ergometry. *Deutsche Medizinische Wochenschrift*, *107*, 1379.
- Franz, I.-W. & Müller, J.F.M. (2003). Blood pressure response during ABPM and exercise and cardiac alterations. *Journal of the American College of Cardiology*, *41*, 247.
- Franzkowiak, P. (1986). Kleine Freuden, kleine Fluchten. Alltägliches Risikoverhalten und medizinische Gefährdungsideologie. In E. Wenzel (Hrsg.), *Die Ökologie des Körpers* (S.121-174). Frankfurt: Suhrkamp.
- Fraser, G.E., Phillips, R.L. & Harris, R. (1983). Physical Fitness and blood pressure in school children. *Circulation*, *67*, 405-412.
- Fredriks, A.M., van Buuren, S., Fekkes, M., Verloove-Vanhorick, S.P. & Wit, J.M. (2005). Are age references for waist circumference, hip circumference and waist-hip ratio in Dutch children useful in clinical practice? *European Journal of Pediatrics*, *164* (4), 216-222.
- Freedman, D.S., Byers, T., Sell, K., Kuester, S., Newell, E. & Lee, S. (1992). Tracking of serum-cholesterol levels in a multiracial sample of preschool-children. *Pediatrics*, *90*, 80-6.
- Freedman, D.S., Dietz, W.H., Srinivasan, S.R. & Berenson, G.S. (1999). The relation of overweight to cardiovascular risk factors among children and adolescents: the Bogalusa Heart Study [Elektronische Version]. *Pediatrics*, *103*, e1175-82.
- Freedman, D.S., Kahn, H.S., Mei, Z., Grummer-Strawn, L.M., Dietz, W.H., Srinivasan, S.R. et al. (2007) Relation of body mass index and waist-to-height ratio to cardiovascular disease risk factors in children and adolescents: the Bogalusa Heart Study. *American Journal of Clinical Nutrition*, *86* (1), 33-40.
- Freedman, D.S., Kettel Khan, L., Dietz, W.H., Srinivasan, S.R. & Berenson, B.S. (2001). Relationship of Childhood Obesity to Coronary Heart Disease Risk Factors in Adulthood: The Bogalusa Heart Study. *Pediatrics*, *108* (3), 712-718.
- Freedman, D.S., Serdula, M.K. & Srinivasan, S.R. & Berenson, B.S. (1999). Relation of circumferences and skinfold thicknesses to lipid and insulin concentrations in children and adolescents: the Bogalusa Heart Study. *American Journal of Clinical Nutrition*, *69* (2), 308-317.
- Freedman, D.S., Srinivasan, S.R. & Berenson, G.S. (2002). Risk of cardiovascular complications. In W. Burniat, T. Cole, I. Lissau, E.M.E. Poskitt (Eds.), *Child and Adolescent Obesity. Causes and Consequences; Prevention and Management* (pp.221-239). Cambridge: University Press.
- Friberg, P., Allansdotter-Johnsson, A., Ambring, A., Ahl, R., Arheden, H., Framme, J. et al. (2004). Increased left ventricular mass in obese adolescents. *European Heart Journal*, *25*, 987-992.
- Friedemann, C., Heneghan, C., Mahtani, K. & Thompson, M. (2012). Cardiovascular disease risk in healthy children and its association with body mass index: systematic review and meta-analysis [Elektronische Version]. *British Medical Journal*, *345*, e4759.

- Fromme, J. (2000). Die Einbettung der Video und Computerspiele in die Freizeit und Alltagskultur der Kinder. In J. Fromme, N. Meder & N. Vollmer (Hrsg.), *Computerspiele in der Kinderkultur* (S.46-72). Opladen: Leske+Budrich.
- Gaber, E. & Wildener, M. (2011). Sterblichkeit, Todesursachen und regionale Unterschiede. Gesundheitsberichterstattung des Bundes. Heft 52. Berlin: Robert Koch-Institut.
- Garn, S.M. & LaVelle, M. (1985). Two-decade follow-up of fatness in early childhood. *American Journal of the Diseases in Children*, 139, 181–5.
- Gärtner, B., Freyer-Adam, J., Meyer, C. & John, U. (2012). Alkohol – Zahlen und Fakten zum Konsum. In Deutsche Hauptstelle für Suchtfragen e.V. (Hrsg.), *Jahrbuch Sucht 2012* (S.38–63), Pabst: Lengerich.
- Gaschler, P. (1999). Motorik von Kindern und Jugendlichen heute – eine Generation von „Weicheiern, Schlaffis und Desinteresse“? (Teil 1). *Haltung und Bewegung*, 19 (3), 5–16.
- Gaschler, P. (2000). Motorik von Kindern und Jugendlichen heute – eine Generation von „Weicheiern, Schlaffis und Desinteresse“? (Teil2). *Haltung und Bewegung*, 20 (1), 5–16.
- Gaschler, P. (2001). Motorik von Kindern und Jugendlichen heute – eine Generation von „Weicheiern, Schlaffis und Desinteresse“? (Teil 3). *Haltung und Bewegung*, 21 (1), 5–17.
- Gassel, R. (2010). Sportmedizinische Grundlagen und Empfehlungen. Kleines Repetitorium für die Praxis. Teil 1: Prüfung der individuellen Leistungsfähigkeit. München: Grin-Verlag.
- Gaya, A.R., Alves, A., Aires, L., Martins, C.L., Ribeiro, J.C. & Mota, J. (2009). Association between time spent in sedentary, moderate to vigorous physical activity, body mass index, cardiorespiratory fitness and blood pressure. *Annals of Human Biology*, 36 (4), 379-387.
- Geerts, C., Grobbee, D., Cornelis, K., de Jong, B.M., van der Zalm, M.M., van Putte-Katier, N. et al. (2007). Tobacco smoke exposure of pregnant mothers and blood pressure in their newborns. *Hypertension*, 50 (3), 572-8.
- Genovesi, S., Antolini, L., Giussani, M., Pieruzzi, F., Galbiati, S., Valsecchi, M.G. et al. (2008). Usefulness of waist circumference for the identification of childhood hypertension. *Journal of Hypertension*, 26, 1563–1570.
- Genovesi, S., Guissani, M., Pieruzzi, F., Vigorita, F., Arcovio, C., Cavuto, S. et al. (2005). Results of blood pressure screening in a population of school-aged children in the province of Milan: role of overweight. *Journal of Hypertension*, 23 (3), 493-497.
- Genovesi, S., Pieruzzi, F., Giussani, M., Tono, V., Stella, A., Porta, A. et al. (2008). Analysis of heart period and arterial pressure variability in childhood hypertension: key role of baroreflex impairment. *Hypertension*, 51, 1289-1294.
- Genuneit, J., Weinmayr, G., Radon, K., Dressel, H., Windstetter, D. & Rzehak, P. (2006). Smoking and the incidence of asthma during adolescence: results of a large cohort study in Germany. *Thorax*, 61, 572–578.
- George, M.G., Tong, X., Kuklina, E.V., Labarthe, D.R. (2011). Trends in stroke hospitalizations and associated risk factors among children and young adults, 1995–2008. *Annals of Neurology*, 70 (5), 713-721.
- Gillman, M.W., Cook, N.R., Rosner, B., Evans, D.A., Keough, M.E., Taylor, J.O. et al. (1993). Identifying children at high risk for the development of essential hypertension. *Journal of Pediatrics*, 122, 837-46.

- Gillman, M.W. & Cook, N.R. (1995). Blood pressure measurement in childhood epidemiological studies. *Circulation*, 92, 1049-1057.
- Gillman, M.W., Rosner, B., Evans, D.A., Keough, M.E., Smith, L.A., Taylor, J.O. et al. (1991). Use of multiple visits to increase blood pressure tracking correlations in childhood [Elektronische Version]. *Pediatrics*, 87, e708 -711.
- Giskes, K., Kamphuis, C., Mackenbach, J.P., Turrell, G. & van Lenthe, F.J. (2012). Socioeconomic inequalities in cardiovascular mortality and the role of childhood socioeconomic conditions and adulthood risk factors: a prospective cohort study with 17-years of follow up. *BMC Public Health*, 12, 1045.
- Goldfield, G.S., Kenny, G.P., Hadjiyannakis, S., Phillips, P., Alberga, A.S., Saunders, T.S. et al. (2011). Video game playing is independently associated with blood pressure and lipids in overweight and obese adolescents [Elektronische Version]. *PLoS One*, 6 (11), e266643.
- Goran, M.I. & Gower, B.A. (1999). Relation between visceral fat and disease risk in children and adolescents. *American Journal of Clinical Nutrition*, 70 (1), 149-156.
- Gottdiener, J.S., Brown, J., Zoltick, J. & Fletcher, R.D. (1990). Left ventricular hypertrophy in men with normal blood pressure: relation to exaggerated blood pressure response to exercise. *Annals of Internal Medicine*, 112, 161-166.
- Gößwald, A., Schienkiwitz, A., Nowossadeck, E. & Busch, M.A. (2013). Prävalenz von Herzinfarkt und koronarer Herzkrankheit bei Erwachsenen im Alter von 40 bis 79 Jahren in Deutschland. Ergebnisse der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DGES1). *Bundesgesundheitsblatt*, 56, 650-655.
- Graf, C., Beneke, R., Bloch, W., Buksch, J., Dordel, S., Eiser, S. et al., (2013). Vorschläge zur Förderung der körperlichen Aktivität von Kindern und Jugendlichen in Deutschland. *Monatsschrift Kinderheilkunde*, 161 (5), 439-446.
- Graf, C., Koch, B., Dordel, S., Coburger, S., Christ, H., Lehmacher, W. et al. (2003). Prävention von Adipositas durch körperliche Aktivität – eine familiäre Aufgabe. *Deutsches Ärzteblatt*, 100 (47), 3110-3114.
- Graf, C., Koch, B., Kretschmann-Kandel, E., Falkowski, G., Christ, H., Coburger, S. et al. (2004). Correlation between BMI, leisure habits and motor abilities in childhood (CHILTProject). *International Journal of Obesity*, 28, 22-26.
- Graf, C. & Rost, R. (2001). *Herz und Sport* (3. Auflage). Stuttgart: Spitta Verlag.
- Grim, C.E., Luft, F.C., Miller, J.Z., Rose, R.J., Christian, J.C. & Weinberger, M.H. (1980). An approach to the evaluation of genetic influences on factors that regulate arterial blood pressure in man. *Hypertension*, 2 (I), 34-42.
- Grøntved, A., Brage, S., Møller, N.C., Kristensen, P.L., Wedderkopp, N., Froberg, K. & Andersen, L.B. (2011). Hemodynamic variables during exercise in childhood and resting systolic blood pressure levels 6 years later in adolescence: the European Youth Heart Study. *Journal of Human Hypertension*, 25 (10), 608-614
- Grundy, S.M., Cleeman, J.I., Merz, C.N., Brewer, H.B., Clark, L.T., Hunninghake, D.B. et al. (2004). Implications of recent clinical trials for the National Cholesterol Education Program Adult Treatment Panel III guidelines. *Circulation*, 110 (2), 227-39.

- Guerra, S., Ribeiro, J.C., Costa, R., Duarte, J. & Mota, J. (1997). Relationship between cardiorespiratory fitness, body composition and blood pressure in school children. *Obesity Research*, 6 (6), 549-56.
- Guillaume, M., Lapidus, L., Björntorp, P. & Lambert, A. (1997). Physical activity, obesity, and cardiovascular risk factors in children. The Belgian Luxembourg Child Study II. *Obesity Research*, 5 (6), 549-556.
- Guillaume, M., Lapidus, L., Lambert, A. & Bjorntorp, P. (1999). Socioeconomic and psychosocial conditions of parents and cardiovascular risk factors in their children: the Belgian Luxembourg Child Study III. *Acta Paediatrica*, 88, 866-73.
- Guo, F., He, D., Zhang, W. & Walton, R.G. (2012). Trends in prevalence, awareness, management, and control of hypertension among United States adults, 1999 to 2010. *Journal of the American College of Cardiology*, 60, 599-606.
- Gutin, B., Yin, Z., Humphries, M.C. & Barbeau, P. (2005). Relations of moderate and vigorous physical activity to fitness and fatness in adolescents. *American Journal of Clinical Nutrition*, 81, 746-750.
- Hagberg, J.M., Ehsani, A.A. & Goldring, D. (1984). Effect of weight training on blood pressure and hemodynamics in hypertensive adolescents. *Journal of Pediatrics*, 104, 147-151.
- Hagberg, J.M., Park, J.J. & Brown, M.D. (2000). The role of exercise training in the treatment of hypertension: an update. *Sports Medicine*, 30, 193-206.
- Hager, A., Wühl, E., Bönner, G., Hulpke-Wette, M., Läer, S. & Weil, J. (2013). *S2k Leitlinie Pädiatrische Kardiologie, Pädiatrische Nephrologie und Pädiatrie: Arterielle Hypertonie*. Deutsche Gesellschaft für Pädiatrische Kardiologie.
- Hahn, S. (2009). Das Metabolische Syndrom. *Ernährungs Umschau*, 56, 230-238.
- Hait, H.I., Lemeshow, S. & Rosenman, K.D. (1982). A longitudinal study of blood pressure in a national survey of children. *American Journal of Public Health*, 72, 1285-1287.
- Hallal, P.C., Clark, V.L., Assunção, M. C., Araújo, C.L.P., Gonçalves, H., Menezes, A.M.B. et al. (2012). Socioeconomic Trajectories From Birth to Adolescence and Risk Factors for Noncommunicable Disease: Prospective Analyses. *Journal of Adolescents Health*, 51 (6), 32-37.
- Hallal, P.C., Victora, C.G., Azevedo, M.R. & Wells, J.C. (2006). Adolescent physical activity and health: a systematic review. *Sports Medicine*, 36 (12), 1019-1030.
- Halle, M., Berg, A., Garwers, U., Baumstark, M.W., Knisel, W., Grathwohl, D. et al. (1999). Influence of 4 weeks' intervention by exercise and diet on lowdensity lipoprotein subfractions in obese men with type 2 diabetes. *Metabolism*, 48, 641-644.
- Halle, M., Korsten-Reck, U., Wolfarth, B. & Berg, A. (2004). Low-grade systemic inflammation in overweight children: impact of physical fitness. *Exercise Immunology Review*, 10, 66-74.
- Halpern, A., Mancini, M.C., Magalhães, M.E.C., Fisberg, M., Radominski, R., Bertolamet, M.C. et al. (2010). Metabolic syndrome, dyslipidemia, hypertension and type 2 diabetes in youth: from diagnosis to treatment. *Diabetology & Metabolic Syndrome*, 2, 55.

- Hambrecht, R., Wolf, A., Gielen, S., Linke, A., Hofer, J., Erbs, S. et al. (2000). Effect of exercise on coronary endothelial function in patients with coronary artery disease. *New England Journal of Medicine*, 342, 454-460.
- Hamer, M., Stamatakis, E. & Mishra, G. (2009). Psychological distress, television viewing, and physical activity in children aged 4 to 12 years. *Pediatrics*, 123 (5), 1263–1268.
- Hancox, R.J., Milne, B.J. & Poulton, R. (2004). Association between child and adolescent television viewing and adult health: a longitudinal birth cohort study. *Lancet*, 364, 226–227.
- Hancox, R.J. & Poulton, R. (2006). Watching television is associated with childhood obesity: but is it clinically important? *International Journal of Obesity*, 30 (1), 171–175.
- Hanson, M.D. & Chen, E. (2007). Socioeconomic status and health behaviors in adolescence: A review of the literature. *Journal of Behavioral Medicine*, 30, 263–85.
- Hansen, M.L., Gunn, P.W. & Kaelber, D.C. (2007). Underdiagnosis of hypertension in children and adolescents. *Journal of the American Medical Association*, 298, 874-879.
- Hara, M., Saitou, E., Iwata, F., Okada, T. & Harada, K. (2002) Waist-to-height ratio is the best predictor of cardiovascular disease risk factors in Japanese schoolchildren. *Journal of Atherosclerosis and Thrombosis*, 9 (3), 127-132.
- Hardy, L.L., Hills, A.P., Timperio, A., Cliff, D., Lubans, D., Morgan, P.J., Taylor, B.J. & Brown, H. (2012). A hitchhiker's guide to assessing sedentary behavior among young people: Deciding what method use. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 16 (1), 28-35.
- Hasselstrøm, H., Hansen, S.E., Froberg, K. & Andersen, L.B. (2002). Physical fitness and physical activity during adolescence as predictors of cardiovascular disease risk in young adulthood. Danish youth and sports study. An eightyyear follow-up study. *International Journal of Sports and Medicine*, 23, 27-31.
- Haugland, S., Wold, B. & Torsheim, T. (2003). Relieving the pressure? The role of physical activity in the relationship between school-related stress and adolescent health complaints. *Research Quarterly for Exercise & Sports*, 74, 127–135.
- He, Y., Lam, T., Jiang, B., Wang, J., Sai, X., Fan, L. et al. (2008). Passive smoking and risk of peripheral arterial disease and ischemic stroke in Chinese women who never smoked. *Circulation*, 118 (15), 1535-40.
- He, Q.Q., Wong, T.W., Du, L., Jiang, Z.Q., Yu, T.S., Qiu, H. et al. (2011). Physical activity, cardiorespiratory fitness, and obesity among Chinese children. *Preventive Medicine*, 52 (2), 109–113.
- Hebestreit, H. (2010). Ergometrie in der Pädiatrie. In H. Löllgen, E. Erdmann & A. Gitt (Hrsg.), *Ergometrie. Belastungsuntersuchungen in Klinik und Praxis* (3.,vollständig überarbeitete Auflage), (S.313-328). Heidelberg: Springer.
- Hebestreit, H., Lawrenz, W., Zelger, O., Kienast, W. & Jüngst, B.-K. (1997). Ergometrie im Kindes- und Jugendalter. *Monatsschrift Kinderheilkunde*, 145, 1326-1336.
- Heidemann, C., Du, Y., Schubert, I., Rathmann, W. & Scheidt-Nave, C. (2013). Prävalenz und zeitliche Entwicklung des bekannten Diabetes mellitus Ergebnisse der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1). *Bundesgesundheitsblatt*, 56, 668–677.
- Hempel, U. (2006). Erste Ergebnisse der KiGGS-Studie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland. Berlin: Robert Koch- Institut.

- Himes, J.H. & Dietz, W.H. (1994). Guidelines for overweight in adolescent preventive services: recommendations from an expert committee. The Expert Committee on Clinical Guidelines for Overweight in Adolescent Preventive Services. *American Journal of Clinical Nutrition*, 59, 307-16.
- Hitze, B., Bosy-Westphal, A., Bielfeldt, F., Settlera, U., Mönig, H. & Müller, M.J. (2008). Measurement of waist circumference at four different sites in children, adolescents, and young adults: concordance and correlation with nutritional status as well as cardiometabolic risk factors. *Obesity Facts*, 1 (5), 243-249.
- Hodis, H.N., Mack, W.J., LaBree, L., Selzer, R.H., Liu, C. & Liu, C. et al. (1988). The role of carotid arterial intima-media thickness in predicting clinical coronary events. *Annals of Internal Medicine*, 128 (4), 262-269.
- Hofman, A. (1984). Blood Pressure in Childhood: An Epidemiological Approach to the Aetiology of Hypertension. *Journal of Hypertension*, 2, 323-328.
- Hollmann, W., Strüder, H.K., Predel, H.-G. & Tagarakis, C.V.M. (2006). *Spiroergometrie. Kardiopulmonale Leistungsdiagnostik des Gesunden und Kranken*. Köln. Schattauer Verlag.
- Holmqvist, L., Mortensen, L., Kanckos, C., Ljungman, C., Mehlig, K. & Manhem, K. (2012). Exercise blood pressure and the risk of future hypertension. *Journal of Human Hypertension*, 26, 691–695.
- Hopper, C. A., Gruber, M. B., Munoz, K. D., MacConnie, S. E., Pflingston, Y. M. & Nguyen, K. (2001). Relationship of blood cholesterol to body composition, physical fitness, and dietary intake measures in third-grade children and their parents. *Research Quarterly for Exercise & Sports*, 72 (2), 182-188.
- Hoq, S., Chen, W., Srinivasan, S.R. & Berenson, G.S. (2002). Childhood blood pressure predicts adult microalbuminuria in African Americans, but not in whites: the Bogalusa Heart Study. *American Journal of Hypertension*, 15, 1036-41.
- Howe, L.D., Galobardes, B., Sattar, N., Hingorani, A.D., Deanfield, J., Ness, A.R. et al. (2010). Are there socioeconomic inequalities in cardiovascular risk factors in childhood, and are they mediated by adiposity? Findings from a prospective cohort study. *International Journal of Obesity*, 34, 1149–59.
- Hunt, L.P., Shield, J.P.H., Cooper, A.R., Ness, A.R. & Lawlor, D.A. (2011). Blood pressure in children in relation to relative body fat composition and cardio-respiratory fitness. *International Journal of Pediatric Obesity*, 6, 275-284.
- Huot, M., Arsenault, B.J., Gaudreault, V., Poirier, P., Perusse, L., Tremblay, A. et al. (2011). Insulin resistance low cardiorespiratory fitness increased exercise blood pressure: contribution of abdominal obesity. *Hypertension*, 58, 1036–1042.
- Huotari, P.R., Nupponen, H., Laakso, L. & Kujala, U.M. (2010). Secular trends in aerobic fitness performance in 13-18-year-old adolescents from 1976 to 2001. *British Journal of Sports Medicine*, 44 (13), 968–972.
- Hurrelmann, K. & Ulrich, D. (1991). *Neues Handbuch der Sozialisationsforschung*. Weinheim: Beltz.

- Hussey, J., Bell, C., Bennett, K., O'Dwyer, J., Gormley, J. (2007). Relationship between the intensity of physical activity, inactivity, cardiorespiratory fitness and body composition in 7-10-year-old Dublin children. *British Journal of Sports Medicine*, 41 (5), 311-316.
- Iannotti, R.J., Janssen, I., Haug, E., Kololo, H., Annaheim, B. & Borraccino, A. (2009). HBSC Physical Activity Focus Group. Interrelationships of adolescent physical activity, sedentary behaviour, and positive and negative social and psychological health. *International Journal of Public Health*, 54 (2), 191-198.
- Imperatore, G., Cheng, Y.J., Williams, D.E., Fulton, J. & Gregg, E.W. (2006). Physical activity, cardiovascular fitness, and insulin sensitivity among U.S. adolescents: the National Health and Nutrition Examination Survey. *Diabetes Care*, 29 (7), 1567-1572.
- International Agency for Research on Cancer (2004). *IARC Monographs on the evaluation of the carcinogenic risks to humans. Tobacco smoke and involuntary smoking*. Lyon: International Agency for Research on Cancer, Lyon.
- International Association for the Study of Obesity IASO. International Obesity Task Force IOTF (2004). *EU childhood obesity „out of control“. IOTF Childhood Obesity Report May 2004*. London: IASO International Obesity Task Force.
- International Diabetes Federation (2012). *IDF Diabetes Atlas, 5th edition 2012 update*. Zugriff am 05. Juni 2013 unter http://www.idf.org/sites/default/files/5E_IDFAtlasPoster_2012_EN.pdf
- Iscan, A., Uyanik, B.S., Vurgun, N., Ece, A. & Yiğitoğlu, M.R. (1996). Effects of passive exposure to tobacco, socioeconomic status and a family history of essential hypertension on lipid profiles in children. *Japanese Heart Journal*, 37, 917-23.
- Jae, S.Y., Fernhall, B., Heffernan, K.S., Kang, M., Lee, M.K., Choi, Y.H. (2006). Exaggerated blood pressure response to exercise is associated with carotid atherosclerosis in apparently healthy men. *Journal of Hypertension*, 24, 881-887.
- Jago, R., Harrell, J.S., McMurray, R.G., Edelstein, S., El Ghormli, L. & Bassin, S. (2006). Prevalence of abnormal lipid and blood pressure values among an ethnically diverse population of eighth-grade adolescents and screening implications [Elektronische Version]. *Pediatrics*, 117, e2065-2073.
- Jamerson, K. & Julius, S. (1991). Predictors of blood pressure and hypertension. General principles, *American Journal of Hypertension*, 4 (11), 598S-602S.
- Janhsen, K., Strube, H. & Starker, A. (2008) *Hypertonie. Gesundheitsberichterstattung des Bundes, Heft 43*. Berlin: Robert Koch-Institut.
- Janssen, I., Dostaler, S., Boyce, W.F. & Pickett, W. (2007). Influence of multiple risk behaviors on physical activity-related injuries in adolescents [Elektronische Version]. *Pediatrics*, 119 (3), e672-680.
- Janssen, I., Katzmaryk, P.T. & Ross, R. (2002). Body Mass Index, Waist Circumference, and Health Risk. *Archives of Internal Medicine*, 162, 2074-2079.
- James, F.W. (1974). Effects of physical stress on adolescents with normal or abnormal cardiovascular function. *Postgraduate Medicine*, 56, 53-59.
- Jarvis, M.J. (2004). Why people smoke. *British Medical Journal*, 328 (7434), 277-279.

- Jarvisalo, M.J., Jartti, L., Nanoto-Salonen, K., Irjala, K., Ronnema, T., Hartiala, J.J. et al. (2001). Increased aortic intima-media thickness: a marker of preclinical atherosclerosis in high risk children. *Circulation*, 104, 2943-2947.
- Jha, P., Ramasundarahettige, C., Landsman, V., Rostron, B., Thun, M. & Anderson, R.N. (2013). 21st-Century hazards of smoking and benefits of cessation in the United States. *New England Journal of Medicine*, 368 (4), 341–350.
- Johnson, G.L., Kotchen, J.M., McKean, H.E., Cottril, C.M. & Kotchen, T.A. (1983). Blood pressure related echocardiographic changes in adolescents and young adults. *American Heart Journal*, 105, 113-118.
- Jourdan, C., Wühl, E., Litwin, M., Fahr, K., Trelewicz, J., Jobs, K. et al. (2005). Normative values for intima-media thickness and distensibility of large arteries in healthy adolescents. *Journal of Hypertension*, 23, 1707-1715.
- Joyce, J.J., Dickson, P.I., Qi, N., Noble, J.E., Raj, J.U., Baylen, B.G. (2004). Normal right and left ventricular mass development during early infancy. *American Journal of Cardiology*, 93, 797-801.
- Juhola, J., Magnussen, C.G., Viikari, J.S., Kähönen, M., Hutri-Kähönen, N. & Jula, A. et al. (2011). Tracking of serum lipid levels, blood pressure, and body mass index from childhood to adulthood: the Cardiovascular Risk in Young Finns Study. *Journal of Pediatrics*, 159, 584-90.
- Julius, S., Pascual, A.V., Sannerstedt, R. & Mitchell, C. (1971). Relationship between cardiac output and peripheral resistance in borderline hypertension. *Circulation*, 43, 382.
- Julius, S. & Schork, M.A. (1971). Borderline hypertension-a critical review. *Journal of Chronic Diseases*, 23 (10), 723-754.
- Jung, F.F. & Ingelfinger, J.R. (1993). Hypertension in childhood and adolescence. *Pediatric Review*, 14, 169–179.
- Jungreithmayr, D. (2010). Bewegung, Spiel & Sport – Basis für physische, psychische und soziale Gesundheit. *Bewegungserziehung*, 64, 9–15.
- Kahl, H, Schaffrath Rosario, A. & Schlaud, M. (2007). Sexuelle Reifung von Kindern und Jugendlichen in Deutschland. Ergebnisse des Kinder- und Jugendgesundheits surveys (KiGGS). *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz*, 50, 677–68.
- Kahlert, D. & Brand, R. (2011). Befragungsdaten und Akzelerometermessung im Vergleich – ein Beitrag zur Validierung des MoMo-Aktivitätsfragebogens. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 62 (2), 36-41.
- Kahn, H.S., Imperatore, G. & Cheng, Y.J. (2005) A population-based comparison of BMI percentiles and waist-to-height ratio for identifying cardiovascular risk in youth. *Journal of Pediatrics*, 146 (4), 482-488.
- Kallio, K., Jokinen, E., Raitakari, O.T., Hamalainen, M., Siltala, M., Volanen, I. et al. (2007). Tobacco smoke exposure is associated with attenuated endothelial function in 11-year-old healthy children. *Circulation*, 115, 3205–3212.
- Kallio, K., Jokinen, E., Saarinen, M., Hamalainen, M., Volanen, I., Kaitosaari, T. et al. (2010). Arterial intima-media thickness, endothelial function, and apolipoproteins in adolescents

- frequently exposed to tobacco smoke. *Circulation Cardiovascular Quality and Outcomes*, 3, 196–203.
- Kanai, H., Matsuzawa, Y., Tokunaga, K., Keno, Y., Kobatake, T., Fujioka, S. et al. (1990). Hypertension in obese children: fasting serum insulin levels are closely correlated with blood pressure. *International Journal of Obesity*, 14, 1047-1056.
- Kannel, W.B. (1990). CHD risk factors: a Framingham study update. *Hospital Practice*, 25, 119–27.
- Kannel, W.B. & Larson, M. (1993). Long-term epidemiology prediction of coronary disease. The Framingham experience. *Cardiology*, 82, 137-152.
- Kastarinen, M.J., Antikainen, R.L., Laatikainen, T.K., Salomaa, V.V., Tuomilehto, J.O., Nissinen, A.M. et al. (2006). Trends in hypertension care in eastern and south-western Finland during 1982–2002. *Journal of Hypertension*, 24, 829–836.
- Kautiainen, S., Koivusilta, L., Lintonen, T., Virtanen, S.M., Rimpelä, A. (2005). Use of information and communication technology and prevalence of overweight and obesity among adolescents. *International Journal of Obesity*, 29 (8), 925–933.
- Kavey, R.E., Kveselis, D.A., Atallah, N. & Smith, F.C. (2007). White coat hypertension in childhood: evidence for end-organ effect. *Journal of Pediatrics*, 150, 491-497.
- Kavey, R.E., Kveselis, D.A. & Gaum, W.E. (1997). Exaggerated blood pressure response to exercise in children with increased low-density lipoprotein cholesterol. *American Heart Journal*, 133, 162–168.
- Kay, J.D., Sinaiko, A.R. & Daniels, S.R. (2001). Pediatric hypertension. *American Heart Journal*, 142 (3), 422-432.
- Kearney, P.M., Whelton, M., Reynolds, K., Muntner, P., Whelton, P.K. & He, J. (2005). Global burden of hypertension: analysis of worldwide data. *Lancet*, 365, 217-223.
- Keil, U., Filipiak, B., Döring, A., Hense, H.W., Lewis, M., Löwel, H. & Stieber, J. (1992). Monitoring trends and determinants in cardiovascular disease in Germany: results of the MONICA project Augsburg 1985-1990. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 41, 171-179.
- Keil, U., Liese, A.D., Hense, H.W., Filipiak, B., Döring, A., Stiebert, J. et al. (1998). Classical risk factors and their impact on incident non-fatal and fatal myocardial infarction and all-cause mortality in southern Germany. Results from the MONICA Augsburg cohort study 1984–1992. *European Heart Journal*, 19, 1197–207.
- Kelder, S.H., Osganian, S.K., Feldman, H.A., Webber, L.S., Parcel, G.S., Leupker, R.V. et al. (2002). Tracking of physical and physiological risk variables among ethnic subgroups from third to eighth grade: the Child and Adolescent Trial for Cardiovascular Health cohort study. *Preventive Medicine*, 34, 324-333.
- Kelishadi, R., Zadegan, N.S., Naderi, G.A., Asgary, S. & Bashardoust, N. (2002). Atherosclerosis risk factors in children and adolescents with or without family history of premature coronary artery disease. *Medical Science Monitor*, 8, 425–429.
- Keller, H. (2002). Motorische Entwicklung im Kindes- und Jugendalter. In H. Hebestreit, R. Ferrari, J. Meyer-Holz, W. Lawrenz & B.-K. Jüngst (Hrsg.), *Kinder- und Jugendsportmedizin. Grundlagen, Praxis, Trainingstherapie* (S.1-14). Stuttgart: Thieme.

- Kelley, G.A., Kelley, K.S. & Vu Tran, Z. (2005). Aerobic exercise, lipids and lipoproteins in overweight and obese adults: A meta-analysis of randomized controlled trials. *International Journal of Obesity Related Metabolic Disorders*, 29 (8), 881–893.
- Kemper, H.C., Snel, J., Verschuur, R. & Storm-van Essen, L. (1990). Tracking of health and risk indicators of cardiovascular diseases from teenager to adult: Amsterdam Growth and Health Study. *Preventive Medicine*, 19, 642–55.
- Kenney, M.J. & Seals, D.R. (1993). Postexercise hypotension: Key features, mechanisms and clinical significance. *Hypertension*, 22 (5), 653-664.
- Ketelhut, R.G., Akman, Ö. & Ketelhut, S. (2011). Blutdruck und Herzfrequenz in Ruhe und bei Belastung bei Kindern im Einschulungsalter. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 62, 32-35.
- Ketelhut, K., & Bittmann, F. (2001). Bewegungsmangel im Kindesalter. Sind Gesundheit und Fitness heutiger Kinder besorgniserregend? *Sportunterricht*, 50 (11), 342-344.
- Ketelhut, R.G. & Franz, I.-W. (1993). Belastungsblutdruck und linksventrikuläre Hypertrophie. In I.-W. Franz (Hrsg.), *Belastungsblutdruck bei Hochdruckkranken* (S. 151-158). Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag.
- Ketelhut, K., Mohasseb, I. Gericke, C.A., Scheffler, C. & Ketelhut, R.G. (2005). Verbesserung der Motorik und des kardiovaskulären Risikos durch Sport im frühen Kindesalter. *Deutsches Ärzteblatt*, 102 (16), 1128-2236.
- Ketelhut, R.G., Rode, U. & Schröter, J. (2007). Early End-organ Alterations Due To High Blood Pressure in Children. *Circulation*, 116, 458.
- Keul, J., Dickhuth, H.H., Lehmann, M. & Staiger, J. (1982). The athlete's heart - haemodynamics and structure. *International Journal of Sports Medicine*, 3, 33-43.
- Keys, A. (1980). Seven countries: A multivariate analysis of death and coronary heart disease. Cambridge: Harvard University Press.
- Khanolkar, A.R, Byberg, L. & Koupil, I. (2011). Parental influences on cardiovascular risk factors in Swedish children aged 5-14 years [Elektronische Version]. *European Journal of Public Health*, 22 (6), 840-847.
- Khaw, K. & Barrett-Connor, E. (1982). Family history of heart attack: modifiable risk factor? *Circulation*, 74, 239-244.
- Kindermann, W. (1987). Ergometrie-Empfehlungen für die ärztliche Praxis. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 38, 244-268.
- Kindermann, W. (2003). Physiologische Anpassungen des Herz-Kreislauf-Systems an körperliche Belastung. In W. Kindermann, H.-H. Dickhuth, A. Niess, K. Röcker, A. Urhausen (Hrsg.), *Sportkardiologie* (S.1-18). Darmstadt: Steinkopff Verlag.
- Kjeldsen, S.E., Mundal, R., Sandvik, L., Erikssen, G., Thaulow, E. & Erikssen, J. (2001). Supine and exercise systolic blood pressure predict cardiovascular death in middle-aged men. *Journal of Hypertension*, 19 (8), 1343-1348.
- Klaes, L. (2006). Motorik-Tests im Setting Schule. *Bewegungstherapie und Gesundheitssport*, 22, 228–232.

- Klaes, L., Rommel, A., Cosler, D. & Zens, Y.C.K. (2000). Bewegungsstatus von Kindern und Jugendlichen in Deutschland. Kurzfassung einer Untersuchung im Auftrag des Deutschen Sportbundes und der AOK Die Gesundheitskasse. Bonn: WIAD.
- Klaes, L., Rommel, A., Cosler, D. & Zens, Y.C.K. (2003). *Kurzfassung der WIAD-Studie II: Bewegungsstatus von Kindern und Jugendlichen in Deutschland*. Frankfurt/Main: Deutscher Sportbund.
- Klasson-Heggebo, L., Andersen, L. B., Wennlof, A. H., Sardinha, L. B., Harro, M., Froberg, K. et al. (2006). Graded associations between cardio- respiratory fitness, fatness, and blood pressure in children and adolescents. *British Journal of Sports Medicine*, 40 (1), 25-29.
- Klatsky, A.L., Friedman, G.D. & Siegelau, A.B. (1981). Alcohol and mortality. A ten-year Kaiser-Permanente experience. *Annals of the Internal Medicine*, 95, 139–45.
- Klatsky, A.L., Friedman, G.D., Siegelau, A.B. & Gérard, M.J. (1977). Alcohol consumption and blood pressure: Kaiser-Permanente multiphasic health examination data. *New England Journal of Medicine*, 296, 1194–200.
- Klemt, U. (1988). Die kardiopulmonale Leistungsfähigkeit im Kindes- und Jugendalter. Sport und Buch. Köln: Strauß.
- Knight, S., Bermingham, M.A. & Mahajan, D. (1999). Regular non-vigorous physical activity and cholesterol levels in the elderly. *Gerontology*, 45, 213-219.
- Kodama, S., Saito, K., Tanaka, S., Maki, M., Yachi, Y., Asumi, M. et al. (2009). Cardiorespiratory fitness as a quantitative predictor of all-cause mortality and cardiovascular events in healthy men and women: A meta-analysis. *Journal of the American Medical Association*, 301 (19), 2024–2035.
- Kokkinos, P.F., Andreas, P.E., Coutoulakis, E., Colleran, J.A., Narayan, P., Dotson, C.O. et al. (2002). Determinants of exercise blood pressure response in normotensive and hypertensive women: role of cardiorespiratory fitness. *Journal of Cardiopulmonal Rehabilitation*, 22, 178–183.
- Kokkinos, P., Pittaras, A., Narayan, P., Faselis, C., Singh, S. & Manolis, A. (2007). Exercise capacity and blood pressure associations with left ventricular mass in prehypertensive individuals. *Hypertension*, 49, 55-61.
- Kotseva, R., Jennings, C., Turner, E., Mead, A., Connolly, S., Jones, J. et al. (2010). EUROASPIRE Study Group. EUROASPIRE III. Management of cardiovascular risk factors in asymptomatic high-risk patients in general practice: Cross-sectional survey in 12 European countries. *European Journal of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation*, 17 (5), 530–540.
- Koren, M.J., Ulin, R.J., Koren, A.T., Laragh, J.H. & Devereux, R.B. (2002). Left ventricular mass change during treatment and outcome in patients with essential hypertension. *American Journal of Hypertension*, 15, 1021-1028.
- König, S.M. (2002). Pulmonary complications of obesity. *American Journal of Medical Science*, 321, 249-79.
- Kretschmer, J. & Giewald, C. (2001). Veränderte Kindheit – veränderter Schulsport? *Sportunterricht*, 50, 36–42.

- Kromeyer-Hauschild, K. (2005). Definition, Anthropometrie und deutsche Referenzwerte für BMI. In M. Wabitsch, J. Hebebrand, W. Kiess, K. Zwibauer (Hrsg.), *Adipositas bei Kindern und Jugendlichen* (S. 3-15). *Grundlagen und Klinik*. Berlin Heidelberg New York: Springer.
- Kromeyer-Hauschild, K., Dortschy, R., Stolzenberg, H., Neuhauser, H. & Schaffrath Rosario, A.S. (2011). Nationally representative waist circumference percentiles in German adolescents aged 11.0-18.0 years [Elektronische Version]. *International Journal of Pediatric Obesity*, 6 (2-2), e129-137.
- Kromeyer-Hauschild, K., Gläßer, N., Zellner, K. (2008). Perzentile für den Taillenumfang von Jenaer Kindern im Alter von 6 bis 18 Jahren. *Aktuelle Ernährungsmedizin*, 33, 116-122.
- Kromeyer-Hauschild, K., Wabitsch, M., Geller, F., Ziegler, A., Geiß, H.C., Hesse, V. et al. (2001). Perzentile für den Body Mass Index für das Kindes- und Jugendalter unter Heranziehung verschiedener deutscher Stichproben. *Monatszeitschrift Kinderheilkunde* 149, 807-818.
- Krönig, B. (1981). Blutdruckvariabilität bei Hochdruckkranken – Ergebnisse telemetrischer Langzeitmessungen. In I.-W. Franz (Hrsg.), *Belastungsblutdruck bei Hochdruckkranken* (S. 23). Berlin Heidelberg New York: Springer.
- Krug, S., Jekauc, D., Poethko-Müller, C., Woll, A. & Schlaud, M. (2012). Zum Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und Gesundheit bei Kindern und Jugendlichen. Ergebnisse des Kinder- und Jugendgesundheits surveys (KiGGS) und des Motorik-Moduls (MoMo). *Bundesgesundheitsblatt*, 55, 111–120.
- Krug, S., Jordan, S., Mensink, G.B.M., Müters, S., Finger, J.D. & Lampert, T. (2013). Körperliche Aktivität. Ergebnisse der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1). *Bundesgesundheitsblatt*, 56, 765–771.
- Kuch, B., Heier, M., Scheidt, W., Kling, B., Hoermann, A. & Meisinger, C. (2008). 20-year trends in clinical characteristics, therapy and short-term prognosis in acute myocardial infarction according to presenting electrocardiogram: the MONICA/KORA AMI Registry (1985–2004). *Journal of Internal Medicine*, 264, 254–264.
- Kunst, A.E., Amiri, M. & Janssen, F. (2011). The decline in stroke mortality. Exploration of future trends in 7 Western European countries. *Stroke*, 42, 2126–2130.
- Kunt, B. & Lampert, T. (2011). Potenzielle Bildungsaufsteiger leben gesünder. Soziale Herkunft, Schulbildung und Gesundheitsverhalten von 14-17-jährigen Jugendlichen in Deutschland [Elektronische Version]. *Prävention und Gesundheitsförderung*, 6, 11-18.
- Kuntsche, E. & Müller, S. (2011). Do the drinking motives of adolescents mediate the link between their parents' drinking habits and their own alcohol use? *Journal of Studies on Alcohol and Drugs*, 72 (3), 429-37.
- Kurth, B.M. & Lampert, T. (2007). Sozialer Status und Gesundheit von Kindern und Jugendlichen. Ergebnisse des Kinder- und Jugendgesundheits surveys (KiGGS) [Elektronische Version]. *Deutsches Ärzteblatt*, 104 (43), 2044-2049.
- Kurth, B.-M. & Schaffrath Rosario, A. (2007). Die Verbreitung von Übergewicht und Adipositas bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland. Ergebnisse des Kinder- und Jugendgesundheits surveys (KiGGS). *Bundesgesundheitsblatt*, 50, 736-743.
- Kurth, B.-M. & Schaffrath Rosario, A. (2010). Übergewicht und Adipositas bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland. *Bundesgesundheitsblatt*, 53, 643–652.

- Kvaavik, E., Klepp, K.I., Tell, G.S., Meyer, H.E. & David, G. (2009). Physical Fitness and Physical Activity at Age 13 Years as Predictors of Cardiovascular Disease Risk Factors at Ages 15, 25, 33, and 40 Years: Extended Follow-up of the Oslo Youth Study. *Journal of Pediatrics*, 123, 80-86.
- Landsberg, L. (1992). Hyperinsulinemia: possible role in obesity-induced hypertension. *Hypertension*, 19, 161-166.
- Lampert, T. (2008). Tabakkonsum und Passivrauchbelastung von Jugendlichen. Ergebnisse des Kinder- und Jugendgesundheits surveys (KiGGS). *Deutsches Ärzteblatt*, 15, 265 – 271.
- Lampert, T. (2011). Soziale Ungleichheit und Gesundheit im Kindes- und Jugendalter [Elektronische Version]. *Pädiatrie up2date*, 6 (2), 119-142.
- Lampert, T. & Burger, M. (2005). Verbreitung und Strukturen des Tabakkonsums in Deutschland. *Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz*, 48, 1231–1241.
- Lampert, T., Hagen, C. & Heizmann, B. (2010). Gesundheitliche Ungleichheit bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland. Beiträge zur Gesundheitsberichterstattung des Bundes. Berlin: Robert Koch-Institut.
- Lampert, T., Mensink, G.B.M., Romahn, N. & Woll, A. (2007). Körperlich-sportliche Aktivität von Kindern und Jugendlichen in Deutschland. Ergebnisse des Kinder- und Jugendgesundheits surveys (KiGGS). *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*, 50, 634-642.
- Lampert, T. & Mielck, A. (2008). Gesundheit und soziale Ungleichheit [Elektronische Version]. *Gesundheit und Gesellschaft Wissenschaft*, 8 (2), 7-16.
- Lampert, T., Sygusch, R. & Schlack, R. (2007). Nutzung elektronischer Medien im Jugendalter. Ergebnisse des Kinder- und Jugendgesundheits surveys (KiGGS). *Bundesgesundheitsblatt*, 50, 643–652.
- Lampert, T. & Thamm, M. (2007). Tabak-, Alkohol- und Drogenkonsum von Jugendlichen in Deutschland. Ergebnisse des Kinder- und Jugendgesundheits surveys (KiGGS). *Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz*, 50 (5/6), 600-608.
- Lampert, T., von der Lippe, E., & Müters, S. (2013). Verbreitung des Rauchens in der Erwachsenenbevölkerung in Deutschland. Ergebnisse der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1). *Bundesgesundheitsblatt*, 56, 802–808.
- Langnäse, K., Mast, M. & Müller, M.-J. (2002). Social class differences in overweight of prepubertal children in northwest Germany. *International Journal of Obesity*, 26, 566–572.
- Laskarzewski, P., Morrison, J.A., Horvitz, R., Khoury, P., Kelly, K., Mellies, M. et al. (1981). The relationship of parental history of myocardial infarction, hypertension, diabetes and stroke to coronary heart disease risk factors in their adult progeny. *Journal of Epidemiology*, 113, 290-306.
- Lauer, R.M. (1991). Childhood predictors of future blood pressure. *Hypertension*, 18 (3), 74-81.
- Lauer, R.M., Burns, T.L., Clarke, W.R. & Mahoney, L.T. (1991). Childhood predictors of future blood pressure. *Hypertension*, 18, 174-181.

- Lauer, R.M. & Clarke, W.R. (1989). Childhood risk factors for high adult blood pressure: the Muscatine Study. *Pediatrics*, 84 (4), 633-641.
- Lauer, R.M., Clarke, W.R., Mahoney, L.T. & Witt, J. (1993). Childhood predictors for high adult blood pressure. The Muscatine Study. *Pediatric Clinics of North America*, 40, 23-40.
- Lauer, M.S., Levy, D., Anderson, K.M. & Plehn, J.F. (1992). Is there a relationship between exercise systolic blood pressure response and left ventricular mass? *Annals of Internal Medicine*, 116, 203-210.
- Lande, M.B., Carson, L.N. & Roy, J. (2006). Effects of childhood primary hypertension on carotid intima media thickness: a matched controlled study. *Hypertension*, 48, 40-44.
- Law, C.M., de Swiet, M., Osmond, C., Fayers, P.M., Barker, D.J., Cruddas, A.M. et al. (1993). Initiation of hypertension in utero and its amplification throughout life. *British Medical Journal*, 306, 24–27.
- Law, C.M., Shiell, A.W., Newsome, C.A., Syddall, H.E., Shinebourne, E.A., Fayers, P.M. et al. (2002). Fetal, infant, and childhood growth and adult blood pressure: a longitudinal study from birth to 22 years of age. *Circulation*, 105, 1088-1092.
- Law, M.R. & Wald, N.J. (2003). Environmental tobacco smoke and ischemic heart disease. *Progress in Cardiovascular Diseases*, 46, 31-38.
- Lawall, H., Diehm, C. & Pittrow, P. (2009) Leitlinien zur Diagnostik und Therapie der peripheren arteriellen Verschlusskrankheit (PAVK). *Vasa*, 38 (75), 1-72.
- Lawrenz, W. & Hebestreit, H. (2002). Ergometrie im Kindes- und Jugendalter. In H. Hebestreit, R. Ferrari, J. Meyer-Holz, W. Lawrenz & B.-K. Jüngst (Hrsg.), *Kinder- und Jugend-sportmedizin. Grundlagen, Praxis, Trainingstherapie* (S. 72-85). Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Lechleitner, M. (2002). Hypertonie und linksventrikuläre Hypertrophie beim Adipösen [Elektronische Version]. *Journal für Hypertonie*, 6 (2), 7-10.
- Le, V.V., Mitiku, T., Sungar, G., Myers, J. & Froelicher, V. (2008). The blood pressure response to dynamic exercise testing: a systematic review. *Progress in Cardiovascular Diseases*, 51, 135–160.
- Lee, I.M. (2010). Physical activity and cardiac protection. *Current Sports Medicine Reports*, 9, 214–219.
- Lee, D., Artero, E.G., Sui, X. & Blair, S.N. (2010). Review: mortality trends in the general population: the importance of cardiorespiratory fitness. *Journal of Psychopharmacology*, 24, 27–35.
- Lee, C.D., Blair, S.N. & Jackson, A.S. (1999). Cardiorespiratory fitness, body composition, and all- cause and cardiovascular disease mortality in men. *American Journal of Clinical Nutrition*, 69 (3), 373-380.
- Lee, I.M., Shiroma, E.J., Lobelo, F., Puska, P., Blair, S.N. & Katzmarzyk, P.T. (2012). Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: an analysis of burden of disease and life expectancy. *Lancet*, 380, 219–229.
- Leino, M., Porkka, K.V., Raitakari, O.T., Laitinen, S., Taimela, S. & Viikari, J.S.A. (1996). Influence of parental occupation on coronary heart disease risk factors in children. The

- Cardiovascular Risk in Young Finns Study. *International Journal of Epidemiology*, 25, 1189–95.
- Lemmer, G. & Brune, K. (2011). *Pharmakotherapie. Klinische Pharmakotherapie* (14. Auflage). Berlin: Springer.
- Lenfant, C. & Savage, P.J. (1995). The early natural history of atherosclerosis and hypertension in the young: National Institutes of Health perspectives. *American Journal of the Medical Sciences*, 310 (1), S3–S7.
- Levi, F., Chatenoud, L., Bertuccio, P., Lucchini, F., Negri, E. & La Vecchia, C. (2009). Mortality from cardiovascular and cerebrovascular diseases in Europe and other areas of the world: an update. *European Journal of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation*, 16 (3), 333–50.
- Levine, R.D., Hennekens, C.H., Duncan, R.C., Robertson, E.G., Gourley, J.E., Cassady, J.C. et al. (1980). Blood pressure in infant twins: Birth to 6 months of age. *Hypertension*, 2 (1), 29–33
- Leviton, B., Song, Y., Ford, E.S., Liu, S. (2004). Is non-diabetic hyperglycaemia a risk factor for cardiovascular disease? A meta-analysis of prospective studies. *Archives of Internal Medicine*, 164 (19), 2147–2155.
- Levy, D., Garrison, R.J., Savage, D.D., Kannel, W.B. & Castelli, W.P. (1990). Prognostic implications of echocardiographically determined left ventricular mass in the Framingham Heart Study. *New England Journal of Medicine*, 322, 1561–1566.
- Lewington, S., Clarke, R., Qizilbash, N., Peto, R. & Collin, R. (2002) Age-specific relevance of usual blood pressure to vascular mortality: a meta-analysis of individual data for one million adults in 61 prospective studies. *Lancet*, 360, 1903–1913.
- Li, S., Chen, W., Srinivasan, S.R. & Berenson, G.S. (2004). Childhood blood pressure as a predictor of arterial stiffness in young adults: the bogalusa heart study. *Hypertension*, 43 (3), 541–546.
- Li, S., Chen, W., Srinivasan, S.R., Bond, M.G., Tang, R., Urbina, E.M. et al. (2003). Childhood cardiovascular risk factors and carotid vascular changes in adulthood. *Journal of the American Medical Association*, 290, 2271–2276.
- Lifton, R.P. (1996). Molecular genetics of human blood pressure variation. *Science*, 272, 676–680.
- Lim, S.S., Vos, T., Flaxmann, A.D. Danaei, G., Shibuya, K., Adair-Rohani, H. et al. (2012). A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990–2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet*, 380 (9859), 2224–60.
- Linden, G.J. & Mullally, B.H. (1994). Cigarette smoking and periodontal destruction in young adults. *Journal of Periodontology*, 65, 718–723.
- Littler, W.A., Honour, A.J., Pugsley, D.J. & Sleight, P. (1975). Continuous recording of direct arterial pressure in unrestricted patients - its role in the diagnosis and management of high blood pressure. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, 2, 159–62.
- Litwin, M., Niemirska, A., Sladowska, J., Antoniewicz, J., Daszkowska, J., Wierzbicka, A. et al. (2006). Left ventricular hypertrophy and arterial wall thickening in children with essential hypertension. *Pediatric Nephrology*, 21, 811–819.

- Litwin, M., Niemirska, A., Sladowska-Kozłowska, J., Wierzbicka, A., Janas, R., Wawer, Z.T. (2010). Regression of target organ damage in children and adolescents with primary hypertension. *Pediatric Nephrology*, 25, 2489-2499.
- Litwin, M., Trelewicz, J., Wawer, Z., Antoniewicz, J., Wierzbicka, A., Rajszyś, P. et al. (2004). Intima-media thickness and arterial elasticity in hypertensive children: controlled study. *Pediatric Nephrology*, 19, 767-774.
- Lloyd, L.J., Langley-Evans, S.C. & McMullen, S. (2010). Childhood obesity and adult cardiovascular disease: a systematic review. *International Journal of Obesity*, 34, 18–28.
- Lobelo, F., Pate, R.R., Dowda, M., Liese, A.D. & Daniels, S.R. (2010). Cardiorespiratory fitness and clustered cardiovascular disease risk in U.S. adolescents. *Journal of Adolescent Health*, 47, 352–359.
- Lobstein, T., Baur, L. & Uauy, R. (2004). Obesity in children and young people: a crisis in public health. *Obesity reviews*, 5, 4-85.
- Lopez, A.D., Mathers, C.D., Ezzati, M., Jamison, D.T., Murray, C.J.L. (2006). Global and regional burden of disease and risk factors, 2001: systematic analysis of population health data. *Lancet*, 367, 1747–1757.
- Lowel, H., Meisinger, C., Heier, M. & Hormann, A. (2005). The population-based acute myocardial infarction (AMI) registry of the MONICA/KORA study region of Augsburg. *Gesundheitswesen* 67 (1), S31–S37.
- Löllgen, H. (2005). *Kardiopulmonale Funktionsdiagnostik* (4. Auflage). Nürnberg: Novartis.
- Löllgen, H. (2010). Definition und Methodik. In H. Löllgen, E. Erdmann & A. Gitt (Hrsg.), *Ergometrie. Belastungsuntersuchungen in Klinik und Praxis* (3., vollständig überarbeitete Auflage) (S.3-8). Heidelberg: Springer.
- Löllgen, H., Böckenhoff, A. & Knapp, G. (2009). Primary prevention by physical activity: An updated meta-analysis with different intensity categories. *International Journal of Sports Medicine*, 30, 213–224.
- Löllgen, H. & Fahrenkrog, U. (2010). Allgemeine Aspekte der Ergometrie. In H. Löllgen, E. Erdmann & A. Gitt (Hrsg.), *Ergometrie. Belastungsuntersuchungen in Klinik und Praxis* (3., vollständig überarbeitete Auflage) (S.21-43). Heidelberg: Springer.
- Löllgen, H., Predel, H.G., Franz, I.-W. (2010). Ergometrie und Bluthochdruck. In H. Löllgen, E. Erdmann & A. Gitt (Hrsg.), *Ergometrie. Belastungsuntersuchungen in Klinik und Praxis* (3., vollständig überarbeitete Auflage) (S.303-312). Heidelberg: Springer.
- Löllgen, H. & Steinberg, T. (2010). Physiologische Grundlagen der Belastung. In H. Löllgen, E. Erdmann & A. Gitt (Hrsg.), *Ergometrie. Belastungsuntersuchungen in Klinik und Praxis* (3., vollständig überarbeitete Auflage) (S.9-11). Heidelberg: Springer.
- Löllgen, H., Ullmer, H.V. & Crean, P. (1988). Recommendations and standard guidelines for exercise testing. *European Heart Journal*, 8 (4), 3.
- Lu, X., Shi, P., Luo, C.-Y., Zhou, Y.-F., Yu, H.-T., Guo, C.-Y., et al. (2013). Prevalence of hypertension in overweight and obese children from a large school-based population in Shanghai, China. *BMC Public Health*, 13, 24.

- Lubans, D.R., Boreham, C.A., Kelly, P. & Foster, C.E. (2011). The relationship between active travel to school and health-related fitness in children and adolescents: a systematic review. *International Journal of Behavioural Nutrition and Physical Activity*, 8, 5.
- Luma, G.B. & Spiotta, R.T. (2006). Hypertension in Children and Adolescents. *American Family Physician*, 73 (9), 1558-1568.
- Lund-Johansen, P. (1981). Hämodynamik bei der essentiellen Hypertonie in Ruhe und während Ergometrie und deren Beeinflussung durch Diuretika, 6-Rezeptorenblocker und Vasodilatoren. In I.-W. Franz (Hrsg.), *Belastungsblutdruck bei Hochdruckkranken* (S.107-124). Berlin Heidelberg New York: Springer.
- Lurbe, E., Álvarez, J. & Redon, J. (2010). Diagnosis and treatment of hypertension in children. *Current Hypertension Report*, 12, 480-486.
- Lurbe, E., Cifkova, R., Kennedy Cruickshank, J., Dillon, M.J., Ferreira, I. et al. (2009). Management of high blood pressure in children and adolescents: recommendations of the European Society of Hypertension. *Journal of Hypertension*, 27, 1719-1742.
- Lurbe, E., Cremades, B., Rodríguez, C., Torro, I., Alvarez, V., Redon, J. (1999). Factors related to quality of ambulatory blood pressure monitoring in a pediatric population. *American Journal of Hypertension*, 12, 929-933.
- Lurbe, E., Torro, I., Alvarez, V., Nawrot, T., Paya, R., Redon, J. et al. (2005). Prevalence, persistence, and clinical significance of masked hypertension in youth. *Hypertension*, 45, 493-498.
- Ma, J., Wang, Z., Dong, B., Song, Y., Hu, P. & Zhang, B. (2012). Quantifying the relationships of blood pressure with weight, height and body mass index in Chinese children and adolescents. *Journal of Pediatrics and Child Health*, 48, 413-418.
- MacDonald-Wallis, K.A., Jago, R. & Sterne, J.A.C. (2012). Social Network Analysis of Childhood and Youth Physical Activity: A Systematic Review. *American Journal of Preventive Medicine*, 43 (8), 636-642.
- Mackenbach, J.P., Bos, V., Anderson, O., Cardano, M., Costa, G., Harding, S. et al. (2003). Widening socioeconomic inequalities in mortality in six Western European countries. *International Journal of Epidemiology*, 32, 830-7.
- MacMahon, S., Peto, R., Cutler, J., Collins, R., Sorlie, P., Neaton, J. et al. (1990). Blood pressure, stroke and coronary heart disease. Part 1: Prolonged differences in blood pressure – prospective observational studies corrected for the regression dilution bias. *Lancet*, 335, 765-774.
- Maffeis, C. (2000). Aetiology of overweight and obesity in children and adolescents. *European Journal of Pediatrics*, 159 (1), 35-44.
- Maffeis, C., Pietrobelli, A., Grezzani, A., Provera, S. & Tato, L. (2001). Waist Circumference and Cardiovascular Risk Factors in Prepubertal Children. *Obesity Report*, 9 (3), 179-187.
- Maffeis, C. & Schutz, Y. (2005). Messmethoden zur Bestimmung des Energieverbrauchs. In M. Wabitsch, K. Zwiauer, J. Hedebrand & W. Kiess (Hrsg.), *Adipositas bei Kindern und Jugendlichen* (S. 275-276). Berlin Heidelberg: Springer.
- Mahoney, L.T., Clarke, W.R., Burns, T.L. & Lauer, R.M. (1991). Childhood predictors of high blood pressure. *American Journal of Hypertension*, 4, 608S-610S.

- Makris, T.K., Thomopoulos, C., Papadopoulos, D.P., Bratsas, A., Papazachou, O., Massias, S. et al. (2009). Association of passive smoking with masked hypertension. *American Journal Hypertension*, 22 (8), 853-9.
- Malina, R. (1991). Fitness and performance: adult health and the culture of youth, new paradigms? In R.J. Park & M.H. Eckert (Eds.), *New possibilities, new paradigms? (pp.30-38)*. Champaign, IL, Human Kinetics Publishers.
- Malina, R.M. (1996). Tracking of physical activity and physical fitness across the lifespan. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 67 (3), 48-57.
- Malina, R.M. (2001). Tracking of physical activity and physical fitness across the lifespan. *President`s Council on Physical Fitness and Sports Research Digest*, 3 (14), 1-10.
- Mamalakis, G., Kafatos, A., Manios, Y., Anagnostopoulou, T., Apostolaki, I. (2000). Obesity indices in a cohort of primary school children in Crete: a six year prospective study. *International Journal of Obesity Related Metabolic Disorders*, 24 (6), 765-771.
- Manatunga, A.K., Jones, J.J. & Pratt, J.H. (1993). Longitudinal assessment of blood pressures in black and white children. *Hypertension*, 22, 84-89.
- Mancia, G., De Backer, G., Dominiczak, A., Cifkova, R., Fagard, R., Germano, G. et al. (2007). 2007 Guidelines for the management of arterial hypertension: the task force for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and of the European Society of Cardiology (ESC). *European Heart Journal*, 28, 1462-1536.
- Mancia, G., Fagard, R., Narkiewicz, K., Redón, R., Zanchetti, A., Böhm, M. et al. (2013). 2013 ESH/ESC Guidelines for the management of arterial hypertension. The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and of the European Society of Cardiology (ESC). *Journal of Hypertension*, 31, 1281–1357.
- Mancia, G., Parati, G., Hennig, M., Flatau, B., Omboni, S., Glavina, F. et al. (2001). Relation between blood pressure variability and carotid artery damage in hypertension: baseline data from the European Lacidoine Study an Atherosclerosis (ELSA). *Journal of Hypertension*, 19, 1981-1989.
- Mancia, G., Zanchetti, A., Agabiti-Rosei, E., Benemio, G., De Cesaris, R., Fogari, R. et al. (1997). Ambulatory Blood Pressure Is Superior to Clinic Blood Pressure in Predicting Treatment-Induced Regression of Left Ventricular Hypertrophy. *Circulation*, 95, 1464-1470.
- Manios, Y., Kafatos, A., Mamalakis, G. (1998). The effect of a health education intervention initiated at first grade over 3 year period: physical activity and fitness indices. *Health Education Research*, 13 (4), 593-606.
- Manolio, T.A., Burke, G.L., Savage, P.J., Sidney, S., Gardin, J.M. & Oberman, A. (1994). Exercise blood pressure response and 5-year risk of elevated blood pressure in a cohort of young adults: the CARDIA study. *American Journal of Hypertension*, 7, 234-241.
- Marcelino, G., Melich-Cerveira, J., Paccaud, F. & Marques-Vidal, P. (2012). Obese and fit adolescents have lower blood pressure levels than obese and unfit counterparts. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 52 (6), 639-646.
- Markovitz, J.H., Raczynski, J.M., Lewis, C.E., Flack, J., Chesney, M., Chettur, V. et al. (1996). Lack of independent relationships between left ventricular mass and cardiovascular reactivity to physical and psychological stress in the CARDIA study. *American Journal of Hypertension*, 9, 915-923.

- Marmot, M.G., Elliot, P., Shipley, M.J., Dyer, A.R., Ueshima, H., Beevers, G. et al. (1994). Alcohol and blood pressure: the INTERSALT study. *British Medical Journal*, 308, 1263-7.
- Marmot, M., Friel, S., Bell, R., Houweling, T.A. & Taylor, S. (2008). Closing the gap in a generation: Health equity through action on the social determinants of health. *Lancet*, 372, 1661–9.
- Marshall, S.J., Biddle, S., Salis, J.F., McKenzie, T.L. & Conway, T.L. (2002). Clustering behaviors and physical activity among youth: A cross-national study. *Pediatric Exercise Science*, 14, 401–417.
- Martinez-Gomez, D., Tucker, J., Heelan, K.A., Welk, G.J. & Eisenmann, J.C. (2009). Associations between sedentary behavior and blood pressure in young children. *Archives of Pediatric and Adolescent Medicine*, 163, 724–730.
- Mayer, R. E. (2008). Old advice for new researchers. *Educational Psychology Review*, 20, 19-28.
- McAuley, P.A. & Blair, S.N. (2011). Obesity paradoxes. *Journal of Sports Sciences*, 29 (8), 773-782.
- McNiece, K.L., Poffenbarger, T.S., Turner, J.L., Franco, K.D., Sorof, J.M. & Portman, R.J. (2007). Prevalence of hypertension and pre-hypertension among adolescents. *Journal of Pediatrics*, 150 (6), 640-644.
- Meinel, K. & Schnabel, G. (1998). *Bewegungslehre – Sportmotorik*. Berlin: Volk und Wissen.
- Mendis, S. (2010). The contribution of the Framingham Heart Study to the prevention of cardiovascular disease: A global perspective. *Progress in Cardiovascular Diseases*, 53 (1), 10–14.
- Mensink, G.B.M., Schienkiewitz, A., Haftenberger, M., Lampert, T, Ziese, T. & Scheidt-Nave, C. (2013). Übergewicht und Adipositas in Deutschland. Ergebnisse der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1). *Bundesgesundheitsblatt*, 56, 786–794.
- Meyer, T. (2007). Belastungsuntersuchungen: Praktische Durchführung und Interpretation. In W. Kindermann, H.-H. Dickhuth, A. Nieß, K. Röcker & A. Urhausen (Hrsg.), *Sportkardiologie: körperliche Aktivität bei Herzkranken*, (2. überarbeitete und erweiterte Auflage) (S. 39-66). Darmstadt: Steinkopff.
- Miall, W.E. & Oldham, P.D. (1963). The hereditary factor in arterial bloodpressure. *British Medical Journal*, 1 (5323), 75 -80.
- Michels, V.V., Bergstralh, E.J., Hooverman, V.R., O’Fallon, W.M. & Weidman, W.H. (1987). Tracking and prediction of blood pressure in children. *Mayo Clinic Proceedings*, 62, 875-881.
- Middeke, M. (2004). Temporäre Blutdrucksteigerungen, Praxishypertonie und Praxishypertonie. In J. Rosenthal & R. Kolloch (Hrsg.), *Arterielle Hypertonie* (4. Auflage) (S. 36-41). Berlin: Springer.
- Middeke, M. (2005). Arterielle Hypertonie. Empfohlen von der Deutschen Hochdruckliga/Deutsche Hypertonie Gesellschaft. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Middeke, M. (2011). Prävention muss bei Kindern anfangen. *MMW-Fortschritte der Medizin*, 45 (153), 37-40.

- Mielck, A. (2000). Soziale Ungleichheit und Gesundheit. Empirische Ergebnisse, Erklärungsansätze, Interventionsmöglichkeiten (1. Auflage). Bern Göttingen Toronto Seattle: Verlag Hans Huber.
- Mitchell, P., Cheung, N., de Haseth, K., Taylor, B., Rohtchina, E. & Wang, J.J. (2007). Blood pressure and retinal arteriolar narrowing in children. *Hypertension*, *49*, 1156-1162.
- Miyai, N., Arita, M., Morioka, I., Takeda, S. & Miyashita, K. (2005). Ambulatory blood pressure, sympathetic activity, and ventricular structure and function in middle-aged normotensive men with exaggerated blood pressure response to exercise. *Medical Science Monitoring*, *11* (10), 478-484.
- Mocellin, R. & Gildein, P. (1997). Ergometrie in der Pädiatrie. In H. Löllgen, U.J. Winter & E. Erdmann (Hrsg.), *Belastungsuntersuchungen in Klinik und Praxis* (S. 287-299). Heidelberg: Springer.
- Mocellin, R. & Rutenfranz, J. (1970). Methodische Untersuchungen zur Bestimmung der körperlichen Leistungsfähigkeit (PWC_{170}) im Kindesalter. *Zeitschrift für Kinderheilkunde*, *108*, 61-66.
- Moffitt, T.E. (2006). A review of research on the taxonomy of life-course persistent versus adolescence-limited antisocial behavior. In F.T. Cullen, J.P. Wright & K.R. Blevins (Eds.), *Taking stock: the status of criminological theory* (pp. 277-312). New Brunswick, NJ: Transaction Publishers.
- Molineux, D. & Steptoe, A. (1988). Exaggerated blood pressure responses to submaximal exercise in normotensive adolescents with a family history of hypertension. *Hypertension*, *6*, 361.
- Mons, U. (2011). Tabakattributable Mortalität in Deutschland und in den deutschen Bundesländern – Berechnungen mit Daten des Mikrozensus und der Todesursachenstatistik. *Gesundheitswesen*, *73*, 238–246.
- Montoye, H.J., Metzler, H.L. & Keller, J.B. (1972). Habitual activity and blood pressure. *Medicine and Science on Sports and Exercise*, *4*, 175-181.
- Møller, N.C., Grøntved, A., Wedderkopp, N., Ried-Larsen, M., Kristensen, L.B. & Froberg, K. (2010). Cardiovascular disease risk factors and blood pressure response during exercise in healthy children and adolescents: The European Youth Heart Study. *Journal of Applied Physiology*, *109*, 1125-1132.
- Mukamal, K.J., Chen, C.M., Rao, S.R. & Breslow, R.A. (2010). Alcohol consumption and cardiovascular mortality among U.S. adults, 1987 to 2020. *Journal of the American College of Cardiology*, *55*, 1328–1335.
- Mundal, R., Kjeldsen, E., Sandvik, L., Erikssen, G., Thanlow, E. & Erickssen, J. (1994). Exercise blood pressure predicts cardiovascular mortality in middle aged men. *Journal of Hypertension*, *24*, 56-59.
- Mundal, R., Kjeldsen, S.E., Sandvik, L., Erikssen G, Thaulov E & Erikssen J. (1996). Exercise blood pressure predicts mortality from myocardial infarction. *Hypertension*, *27*, 324-9.
- Munger, R.G., Prineas, R.J. & Gomez-Marin, O. (1988). Persistent elevation of blood pressure among children with a family history of hypertension: the Minneapolis Children's Blood Pressure Study. *Journal of Hypertension*, *6*, 647-653.

- Muntner, P., He, J., Cutler, J.A., Wildman, R.P. & Whelton, P.K. (2004). Trends in blood pressure among children and adolescents. *Journal of the American Medical Association*, 291, 2107-2013
- Must, A. & Strauss, R.S. (1999). Risks and consequences of childhood and adolescent obesity. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders*, 23 (2), 2-11.
- Must, A. & Tybor, D.J. (2005). Physical activity and sedentary behavior: a review of longitudinal studies of weight and adiposity in youth. *International Journal of Obesity*, 29 (2), 84–96.
- Müller, M.-J., Körtzinger I., Mast M. & König E. (1998). Prävention der Adipositas. *Deutsches Ärzteblatt*, 95, 34-35.
- Müller, M.-J., Trautwein, E. A., Danielzik, S., Hermann, S., Kolenda, K.-D., Langnäse, K. et al. (2005). *Gesundheit und Ernährung – Public Health Nutrition*. Stuttgart: Eugen Ulmer KG.
- Müller, C., Winter, C. & Rosenbaum, D. (2010). Aktuelle objektive Messverfahren zur Erfassung körperlicher Aktivität im Vergleich zu subjektiven Erhebungsmethoden. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 61 (1), 11-18.
- Müller-Riemenschneider, F., Andersohn, F. & Willich, S.N. (2010). Trends in age-standardised and age-specific mortality from ischaemic heart disease in Germany. *Clinical Research on Cardiology*, 99, 545–551.
- Narring, F. Caudery. M., Cavadini, C. & Michaud, P.A. (1999). Physical fitness and sport activity of children and adolescents: methodological aspects of a regional survey. *Sozial- und Präventivmedizin*, 44 (2), 44-45.
- Nathwani, D., Reeves, R.A., Marquez-Julio, A., Leenen, F.H. (1985). Left ventricular hypertrophy in mild hypertension: correlation with exercise blood pressure. *American Heart Journal*, 109 (2), 386-387.
- National High Blood Pressure Education Program Working Group (2004). The fourth report on the diagnosis, evaluation, and treatment of high blood pressure in children and adolescents. *Pediatrics*, 114 (2), 555-576.
- Nelson, M.J., Ragland, D.R. & Syme, S.L. (1992). Longitudinal prediction of adult blood pressure from juvenile blood pressure levels. *American Journal of Epidemiology*, 136, 633-645.
- Ness, A.R. (2004). The Avon Longitudinal Study of Parents and Children (ALSPAC)-a resource for the study of the environmental determinants of childhood obesity. *European Journal of Endocrinology*, 151 (3), U141–U149.
- Neubauer, S., Welte, R., Beiche, A., Koenig, H.H., Buesch, K., Leidl, R. (2006). Mortality, morbidity and costs attributable to smoking in Germany: update and a 10-year comparison. *Tobacco Control*, 15, 464–471.
- Neuhauser, H.K., Schaffrath Rosario, A., Thamm, M. & Ellert, U. (2009). Prevalence of children with blood pressure measurements exceeding adult cutoffs for optimal blood pressure in Germany. *European Journal of Cardiovascular Prevention & Rehabilitation*, 16 (2), 195-200.
- Neuhauser, H., Schienkiewitz, A., Schaffrath Rossario, A., Dortschy, R. & Kurth, B.-M., et al. (2011). Referenzperzentile für anthropometrische Maßzahlen und Blutdruck aus der Studie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland (KiGGS) 2003-2006.

- Beiträge zur Gesundheitsberichterstattung des Bundes [Elektronische Version]. Berlin: Robert Koch-Institut.
- Neuhauser, H. & Thamm, M. (2007). Blutdruckmessung im Kinder- und Jugendgesundheitsurvey (KiGGS). Methodik und erste Ergebnisse. *Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz*, 50, 728-735.
- Neuhauser, H.K., Thamm, M. & Ellert, U. (2013). Blutdruck in Deutschland 2008-2011. Ergebnisse der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DGES1). *Bundesgesundheitsblatt*, 56, 795-801.
- Neuhauser, H.K., Thamm, M., Ellert, U., Hense, H.W. & Schaffrath Rosario, A. (2011). Blood Pressure Percentiles by Age and Height From Nonoverweight Children and Adolescents in Germany [Elektronische Version]. *Pediatrics*, 127 (4), e978-988.
- Nielsen, J.R. & Oxhøj, H. (1988). Echocardiographic variables in progeny of hypertensive and normotensive parents. *Acta Medica Scandinavica*, 693, 61-64.
- Nocon, M., Hiemann, T., Müller-Riemenschneider, F., Thalau, F., Roll, S. & Willich, S.N. (2008). Association of physical activity with all-cause mortality and cardiovascular mortality: a systematic review and meta-analysis. *European Journal of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation*, 15, 239–246.
- Nowacki, P.E. & Schäfer, D. (1984). Die Physical Working Capacity (PWC 170) bei körperrgewichtbezogener Ausbelastung auf dem Fahrradergometer und ihre Bedeutung als Leistungsparameter in Abhängigkeit von Alter, Geschlecht und Sportart. *Therapiewoche*, 34, 3835-3853.
- Nudel, D.B., Gootman, N., Bronson, S.C., Stenzler, A., Shenker, I.R., Gauthier, B.G. (1980). Exercise performance of hypertensive adolescents [Elektronische Version]. *Pediatrics*, 65, e1073-1078.
- O'Brien, E., Pickering, T., Asmar, R., Myers, M., Parati, G., Staessen, J. et al. (2002). On behalf of the Working Group on Blood Pressure Monitoring of the European Society of Hypertension. International protocol for validation of blood pressure measuring devices in adults. *Blood Pressure Monitoring*, 7, 3-17.
- O'Mahony, P.G., Dobson, R., Rodgers, H., James, O.F. & Thomson, R.G. (1995). Validation of a population screening questionnaire to assess prevalence of stroke. *Stroke*, 26, 1334–1337.
- Obarzanek, E., Wu, C.O., Cutler, J.A., Kavey, R.W., Pearson, G.D. & Daniels, S.R. (2010). Prevalence and incidence of hypertension in adolescent girls. *Journal of Pediatrics*, 157, 461-467.
- Oerter, R. & Montada, L. (2002). *Entwicklungspsychologie. Ein Lehrbuch* (5. vollständig überarbeitete Aufl.) München Weinheim: Psychologie Verlags Union.
- Oken, E., Levitan, E.B. & Gillman, M.W. (2008). Maternal smoking during pregnancy and child overweight: systematic review and meta-analysis. *International Journal Obesity*, 32, 201-210.
- Okura, Y., Urban, L.H., Mahoney, D.W., Jacobsen, S.J. & Rodeheffer, R.J. (2004) Agreement between self-report questionnaires and medical record data was substantial for diabetes, hypertension, myocardial infarction and stroke but not for heart failure. *Journal of Clinical Epidemiology*, 57, 1096–1103.

- Oliveria, S.A., Felson, D.T., Cirillo, P.A., Reed, J.I. & Walker, A.M. (1999). Body weight, body mass index, and incident symptomatic osteoarthritis of the hand, hip, and knee. *Epidemiology*, *10*, 161-6.
- Opper, E., Worth, A., Wagner, M. & Bös, K. (2007). Motorik-Modul (MoMo) im Rahmen des Kinder- und Jugendgesundheits surveys (KiGGS). Motorische Leistungsfähigkeit und körperlich-sportliche Aktivität von Kindern und Jugendlichen in Deutschland. *Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz*, *50*, 879–888.
- Ortega, F.B. (2010). Cardiovascular fitness modifies the associations between physical activity and abdominal adiposity in children and adolescents: the European Youth Heart Study. *British Journal of Sports Medicine*, *44*, 256–262.
- Ortega, F.B., Ruiz, J.R., Castillo, M.J. & Sjöström, M. (2008). Pediatric Review. Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. *International Journal of Obesity*, *32*, 1–11.
- Ortega, F.B., Tresaco, B., Ruiz, J.R., Moreno, L.A., Martin-Matillas, M., Mesa, J.L. et al. (2007). Cardiorespiratory fitness and sedentary activities are associated with adiposity in adolescents. *Obesity*, *15*, 1589–1599.
- Ostchega, Y., Carroll, M., Prineas, R.J., McDowell, M.A., Louis, T. & Tilert, T. (2009). Trends of elevated blood pressure among children and adolescents: data from the National Health and Nutrition Examination Survey 1988–2006. *American Journal of Hypertension*, *22*, 59–67.
- Otsuka, R., Watanabe, H., Hirata, K., Tokai, K., Muro, T., Yoshiyama, M. et al. (2001). Acute effects of passive smoking on the coronary circulation in healthy young adults. *Journal of the American Medical Association*, *286* (4), 436-41.
- Paffenbarger, R.S., Hyde, R.T., Wing, A.L. & Hsieh, C.C. (1986). Physical activity, all-cause mortality, and longevity of college alumni. *New England Journal of Medicine*, *314*, 605–613.
- Paffenbarger, R.S., Hyde, R.T., Wing, A.L., Lee, I.M., Jung, D.L. & Kampert, J.B. (1993). The association of changes in physical-activity level and other lifestyle characteristics with mortality among men. *New England Journal of Medicine*, *328* (8), 538-545.
- Pahkala, K., Laitinen, T.T., Heinonen, O.J., Viikari, J.S., Rönnemaa, T., Niinikoski, H. et al. (2013). Association of Fitness With Vascular Intima-Media Thickness and Elasticity in Adolescence [Elektronische Version]. *Pediatrics*, *132* (1), e77-84.
- Palatini, P. (1994). Exercise haemodynamics in the normotensive and the hypertensive subject. *Clinical Science*, *87*, 275–287.
- Palatini, P. (1998). Exaggerated blood pressure response to exercise: pathophysiologic mechanisms and clinical relevance. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, *38*, 1-9.
- Panico, S., Celentano, E., Krogh, V., Jossa, F., Farinero, E., Trevisan, M. et al. (1987). Physical activity and its relationship to blood pressure in school children. *Journal of chronic disease*, *40* (10), 925-930.
- Paradis, G., Lambert, M., O'Loughlin, J., Lavallée, C., Aubin, J., Delvin, E., Lévy, E. & Hanley, J.A. (2004). Blood Pressure and Adiposity in Children and Adolescents. *Circulation*, *110*, 1832-1838.

- Parati, G. & Stergiou, G.S. (2003). Selfmeasured and ambulatory blood pressure in assessing the —white-coat phenomenon. *Journal of Hypertension*, 21, 677-82.
- Pardee, P.E., Lustig, R.H., Norman, G.J., Preud'homme, D. & Schwimmer, J.B. (2007). Television Viewing and Hypertension in Obese Children. *American Journal of Preventive Medicine*, 33 (6), 439-443.
- Paridon, S.M., Alpert, B.S., Boas, S.R., Cabrera, M.E., Caldarera, L.L., Daniels, S.R. et al. (2006). Clinical stress testing in the pediatric age group: a statement from the American Heart Association Council on Cardiovascular Disease in the Young, Committee on Atherosclerosis, Hypertension, and Obesity in Youth. *Circulation*, 113 (15), 1905-20.
- Parikh, T. & Stratton, G. (2011). Influence of intensity of physical activity on adiposity and cardiorespiratory fitness in 5–18 year olds. *Sports Medicine*, 41, 477–488.
- Park, M.K., Menard, S.W. & Schoolfield, J. (2005). Oscillometric blood pressure standards for children. *Pediatric Cardiology*, 26, 601-607.
- Park, M.K., Menard, S.W., Yuan, C. (2001). Comparison of auscultatory and oscillometric blood pressures. *Archives of Pediatrics and Adolescent Medicine*, 155, 50-53.
- Pate, R.R., O'Neill, J.R. & Lobelo, F. (2008). The Evolving Definition of “Sedentary”. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 36 (4), 173-178.
- Pedersen, B.K. & Saltin, B. (2006). Evidence for prescribing exercise as therapy in chronic disease. *Scandinavian Journal of Medicine & Science of Sports*, 145 (1), 3–63.
- Pescatello, L.S., Franklin, B.A., Fagard, R., Farquhar, W.B., Kelley, G.A. & Ray, C.A. (2004). American College of Sports Medicine Position Stand: Exercise and Hypertension. *Medicine and Science Sports and Exercise*, 36, 533-553.
- Pickering, T.G., Hall, J.E., Appel, L.J., Falkner, B.E., Graves, J.W. & Hill, M.N. et al. (2005). Recommendations for blood pressure measurement in humans: an AHA scientific statement from the Council on High Blood Pressure Research Professional and Public Education Subcommittee. *Journal of Clinical Hypertension*, 7, 102-9.
- Pittilo, R.M. (1990). Cigarette smoking and endothelial injury: a review. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 273, 61–78.
- Pletcher, M.J., Bibbins-Domingo, K., Lewis, C.E., Wei, G.S., Sidney, S., Carr, J.J., Vittinghoff, E. et al. (2008). Prehypertension during young adulthood and coronary calcium later in life. *Annals of Internal Medicine*, 149 (2), 91–99.
- Poli, A., Tremoli, E., Colombo, A., Sirtori, M., Pignoli, P. & Paoletti, R. (1988). Ultrasonographic measurement of the common carotid artery wall thickness in hypercholesterolemic patients. A new model for the quantification and follow-up of preclinical atherosclerosis in living human subjects. *Atherosclerosis*, 70 (3), 253-261.
- Polónia J, Martins L, Bravo-Faria D, Macedo F, Coutinho J & Simões L. (1992). Higher left ventricle mass in normotensives with exaggerated blood pressure responses to exercise associated with higher ambulatory blood pressure load and sympathetic activity. *European Heart Journal*, 13, 30-36.
- Pomp, E.R., Rosendaal, F.R. & Doggen, C.J. (2008). Smoking increases the risk of venous thrombosis and acts synergistically with oral contraceptive use. *American Journal Hematology*, 83, 97–102.

- Poskitt, E.M. (1995). Defining childhood obesity: the relative body mass index (BMI). European Childhood Obesity group. *Acta Paediatrica*, 84, 961-3.
- Potter, J.F. & Beeves, D.G. (1984). Pressor effect of alcohol in hypertension. *Lancet*, 1 (8369), 119-22.
- Power, C., Graham, H., Due, P., Hallqvist, J., Joung, I., Kuh, D. et al. (2005). The contribution of childhood and adult socioeconomic position to adult obesity and smoking behaviour: An international comparison. *International Journal of Epidemiology*, 34, 335-44.
- Predel, H.G. (2007). Bluthochdruck und Sport. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 58 (9), 328-333.
- Prenzel, M., Baumert, J., Blum, W., Lehmann, R., Leutner, D., Neubrand, M. et al. (2003). *Pisa 2003 – Ergebnisse des zweiten internationalen Vergleichs. Zusammenfassung*. PISA-Konsortium Deutschland.
- Prineas, R.J. & Elkwy, Z.M. (1992). Epidemiology and Measurement of High Blood Pressure in Children and Adolescents. In J.M.H. Loggie (Ed.), *Pediatric and Adolescent Hypertension* (pp. 91-103). Cambridge: Blackwell Scientific Publications.
- Prochaska, J.J., Sallis, J.F. & Long, B. (2001). A physical activity screening measure for use with adolescents in primary care. *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine*, 155, 554-559.
- Proctor, M.H., Moore, L.L., Gao, D., Cupples, L.A., Bradlee, M.L., Hood, M.Y. et al. (2003). Television viewing and change in body fat from preschool to early adolescence: The Framingham Children's Study. *International Journal of Obesity Related Metabolic Disorders*, 27 (7), 827-833.
- Prospective Studies Colaboration (2002). Age specific relevance of usual blood pressure to vascular mortality: a meta-analysis of individual data for one million adults in 61 prospective studies. *Lancet*, 360, 1903-1913.
- Puddey, I.B., Beilin, L.J. & Vandongen, R. (1987). Regular alcohol use raises blood pressure in treated hypertensive subjects. A randomised controlled trial. *Lancet*, 19, 647-51.
- Raitakari, O.T., Juonala, M., Kähönen, M., Taittonen, L., Laitinen, T., Mäki-Torkko, N. et al. (2003). Cardiovascular Risk Factors in Childhood and Carotid Artery Intima-Media Thickness in Adulthood: The Cardiovascular Risk in Young Finns Study. *Journal of the American Medical Association*, 290, 2277-2283.
- Rascher, W. (2005). Messtechnik und Normwerte des Blutdrucks bei Kindern und Jugendlichen. In J. Rosenthal & R. Kolloch (Hrsg.), *Arterielle Hypertonie* (4. Auflage) (S. 29-30). Berlin: Springer.
- Rasmussen, M., Damsgaard, M.T., Holstein, B.E., Poulsen, L.H. & Due, P. (2005). School connectedness and daily smoking among boys and girls: the influence of parental smoking norms. *European Journal of Public Health*, 15 (6), 607-612.
- Raudsepp, L. & Jurimae, T. (1998). Physical activity, aerobic fitness and fatness in preadolescent children. *Sports Medicine, Training and Rehabilitation*, 8, 123-131.
- Rauner, A., Mess, F. & Woll, A. (2013). The relationship between physical activity, physical fitness and overweight in adolescents: a systematic review of studies published in or after 2000. *BMC Pediatrics*, 13, 19.

- Reed, K.E., Warburton, D.E., Lewanczuk, R.Z., Haykowsky, M.J., Scott, J.M., Whitney, C.L. et al. (2005). Arterial compliance in young children: the role of aerobic fitness. *European Journal of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation*, 12, 492-497.
- Rehm, J., Baliunas, D., Borges, G.L.G., Graham, K., Irving, H., Kehoe, T. et al. (2010). The relation between different dimensions of alcohol consumption and burden of disease: An overview. *Addiction*, 105, 817–843.
- Reich, A., Müller, G., Gelbrich, G., Deutscher, K., Gödicke, R. & Kiess, W. (2003). Obesity and blood pressure—results from the examination of 2365 schoolchildren in Germany. *International Journal of Obesity*, 27, 1459–1464.
- Reinehr, T., Andler, W., Denzer, C., Siegried, W., Mayer, H. & Wabitsch, M. (2005). Cardiovascular risk factors in overweight German children and adolescents: Relation to gender, age and degree of overweight. *Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases*, 15, 181-187.
- Reinehr, T., Bürk, G. & Andler, W. (2001). Häufigkeit von Primär- und Folgeerkrankungen bei der kindlichen Adipositas. *Aktuelle Ernährungsmedizin*, 5 (26), 235.
- Reis, E.C., Kip, K.E., Marroquin, O.C., Kiesau, M., Hipps, L. Jr., Peters, R.E. et al. (2006). Screening Children to identify families at increased risk for cardiovascular disease [Elektronische Version]. *Pediatrics*, 118 (6), e1789-1797.
- Ren, J.F., Hakki, A.H., Kotler, M.N. & Iskandrian, A.S. (1985). Exercise systolic blood pressure: a powerful determinant of increased left ventricular mass in patients with hypertension. *Journal of the American College of Cardiology*, 5, 1224-1231.
- Renehan, A.G., Tyson, M., Egger, M., Heller, R.F. & Zwahlen, M. (2008). Body-mass index and incidence of cancer: a systematic review and meta-analysis of prospective observational studies. *Lancet*, 371, 569–578
- Ribeiro, M.M., Silva, A.G., Santos, N.S., Guazzelle, I., Matos, L.N.J. & Trombetta, I.C. (2005). Diet and exercise training restore blood pressure and vasodilatory responses during physiological maneuvers in obese children. *Circulation*, 111, 1915-1923.
- Rice, M. H. & Howell, C. C. (2000). Measurement of physical activity, exercise, and physical fitness in children: issues and concerns. *Journal of Pediatric Nursing*, 15 (3), 148-156.
- Richey, P.A., Disessa, T.G., Hastings, M.C., Somes, G.W., Alpert, B.S. & Jones, D.P. (2008). Ambulatory blood pressure and increased left ventricular mass in children at risk for hypertension. *Journal of Pediatrics*, 152, 343-348.
- Richter, M. & Settertobulte, W. (2003). Gesundheits- und Freizeitverhalten von Jugendlichen. In K. Hurrelmann, A. Klocke, W. Melze & M. Ravens-Sieberer (Hrsg.), *Jugendgesundheitssurvey. Internationale Vergleichsstudie im Auftrag der Weltgesundheitsorganisation WHO* (S. 99-157). Weinheim München: Juventa.
- Riddiford-Harland, D.L., Steele, J.R. & Storlien, L.H. (2000). Does obesity influence foot structure in prepubescent children? *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders*, 24, 541-4.
- Rideout, V.J., Foehr, U.G. & Roberts, D.F. (2010). *Generation M2: Media in the Lives of 8- to 18-Year-Olds*. Menlo Park, CA: Kaiser Family Foundation.
- Rigby, P. & Stasinopoulos, D. (2005). *Box-Cox t Distribution for Modelling Skew and Leptokurtic Data*. London: London Metropolitan University.

- Robbins, A.S., Abbey, D.E. & Lebowitz, M.D. (1993). Passive smoking and chronic respiratory disease symptoms in non-smoking adults. *International Journal of Epidemiology*, 22, 809-817.
- Robert Koch-Institut (2008). *Beiträge zur Gesundheitsberichterstattung des Bundes. Lebensphasenspezifische Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland. Ergebnisse des Nationalen Kinder- und Jugendgesundheits surveys (KiGGS)*. Berlin: Robert Koch-Institut.
- Roberts, C., Tynjälä, J. & Komkov, A. (2004). Physical activity. In C. Currie, C. Roberts, A. Morgan, R. Smith, W. Settertobulte, O. Samdal & V. Barnekow Rasmussen (Hrsg.), *Young people's health in context: international report from the HBSC 2001/02 survey*. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.
- Robinson, T.N. (1999). Reducing children's television viewing to prevent obesity: a randomized controlled trial. *Journal of the American Medical Association*, 282 (16), 1561–1567.
- Robinson, R.F., Batsky, D.L., Hayes, J.R., Nahata, M.C. & Mahan, J.D. (2005). Significance of heritability in primary and secondary pediatric hypertension. *American Journal of Hypertension*, 18, 917–921.
- Robinson, T.N. & Killen, J.D. (1995). Ethnic and gender differences in the relationships between television viewing and obesity, physical activity, and dietary fat intake. *Journal of Health Education*, 26 (2), 91–98.
- Rocchini, A.P. (1991). Insulin resistance and blood pressure regulation in obese and nonobese subjects. *Hypertension*, 17, 837-842.
- Rocchini, A.P., Katch, V., Anderson, J., Hinderliter, J., Becque, D., Martin, M. et al. (1988). Blood pressure in obese adolescents: effect of weight loss [Elektronische Version]. *Pediatrics*, 82, e16-23.
- Rocchini, A.P., Katch, V., Schork, A. & Kelch, R.P. (1987). Insulin and blood pressure during weight loss in obese adolescents. *Hypertension*, 10, 267-273.
- Rocchini, A.P., Key, J., Bondie, D., Chico, R., Moorehead, C., Katch, V. et al. (1989). The effect of weight loss on the sensitivity of blood pressure to sodium in obese adolescents. *New England Journal of Medicine*, 321, 580-585.
- Rode, U., Ketelhut, R.G., Schröter, J. & Rörsch, T. (2003). Zusammenhang zwischen Body-Mass-Index, Blutdruck und linksventrikularer Muskelmasse bei Kindern. *Deutsche Medizinische Wochenschrift*, 3, 164.
- Rodrigues, A.N., Abreu, G.R., Resende, R.S., Goncalves, L.S. & Gouvea, S.A. (2013). Cardiovascular risk factor investigation: a pediatric issue. *International Journal of General Medicine*, 6, 57–66.
- Rodriguez, M.A., Winkleby, M.A., Ahn, D., Sundquist, J. & Kraemer, H.C. (2002). Identification of population subgroups of children and adolescents with high asthma prevalence: findings from the Third National Health and Nutrition Examination Survey. *Archives of Pediatrics and Adolescent Medicine*, 156, 269-75.
- Roecker, K., Niess, A., Horstmann, T., Striegel, H., Mayer, F. & Dickhuth, H.H. (2002). Heart rate prescriptions from performance and anthropometrical characters. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34, 881-887.

- Roger, V.L., Go, A.S., Lloyd-Jones, D.M., Benjamin, E.J., Berry, J.D., Borden, W.B. et al. (2012). Heart disease and stroke statistics – 2012 Update. *Circulation*, 125, 2–220.
- Rogers, J.M. (2008). Tobacco and pregnancy: Overview of exposures and effects. *Birth defects research. Part C, Embryo today*, 84, 1-15.
- Römmich, J.N., Feda, D.M., Seelbinder, A.M., Lambiase, M.J., Kala, G.K. & Dorn, J. (2011). Stress-induced cardiovascular reactivity and atherogenesis in adolescents. *Atherosclerosis*, 215 (2), 465–470
- Römmich, J.N., Lobarinas, C.L., Joseph, P.N., Lambiase, M.J., Archer, F.D. & Dorn, J. (2009). Cardiovascular reactivity to psychological stress and carotid intima-media thickness in children. *Psychophysiology*, 46 (2), 293–299
- Rongling, L., Alpert, S.B., Walker, A.A. & Somes, G.W. (2007). Longitudinal relationship of parental hypertension with body mass index, blood pressure, and cardiovascular reactivity in children. *Journal of Pediatrics*, 150, 498-502.
- Ronksley, P.E., Brien, S.E., Turner, B.J., Mukamal, K.J. & Ghali, W.A. (2011). Association of alcohol consumption with selected cardiovascular disease outcomes: A systematic review and meta-analysis. *British Medical Journal*, 342, d671.
- Rosa, A.A. & Ribeiro, J.P. (1999). High blood pressure in children and adolescents: determinant factors. *Journal of Pediatrics*, 75, 75–82.
- Rosenman, R.H., Brand, R.J., Jenkins, C.D., Friedman, M., Straus, R. & Wurm, M. (1974). Coronary heart disease in the Western Collaborative Study. *Journal of the American Medical Association*, 233, 872-877.
- Rosenthal, R. & Rosnow, R.L. (1975). *The Volunteer Subject*. New York: Wiley.
- Rosner, B., Cook, N.R., Evans, D.A., Keough, M.E., Taylor, J.O., Polk, B.F. et al. (1987). Reproducibility and predictive values of routine blood pressure measurements in children: comparison with adult values and implications for screening children for elevated blood pressure. *American Journal of Epidemiology*, 126, 1115-1125.
- Rosner, B., Cook, N., Portman, R., Daniels, S. & Falkner, B. (2009). Blood pressure differences by ethnic group among United States children and adolescents. *Hypertension*, 54, 502-8.
- Rosner, B., Hennekens, C.H., Kass, E.H. & Miall, W.E. (1977). Age-specific correlation analysis of longitudinal blood pressure data. *American Journal of Epidemiology*, 106, 306-313.
- Rosner, B., Prineas, R.J., Loggie, J.M. & Daniels, S.R. (1993). Blood pressure nomograms for children and adolescents, by height, sex, and age, In the United States. *Journal of Pediatrics*, 123, 871-886.
- Rost, R. (1988). Leistungsfähigkeit und Trainierbarkeit des Herz-Kreislaufsystems im Kindes- und Jugendalter. *Monatsschrift Kinderheilkunde*, 146, 702–711.
- Rost, R. (2005). Sport- und Bewegungstherapie bei Inneren Krankheiten: Lehrbuch für Sportlehrer, Übungsleiter, Physiotherapeuten und Sportmediziner (3. überarbeitete und erweiterte Auflage). Köln: Deutscher-Ärzte-Verlag.
- Rost, R., Heck, H. & Amecke, F. (1984). Klinische Wertigkeit des Blutdrucks bei Ergometrie. In H. Holzgreve & R. Rost (Hrsg.), *Aktuelles und Kontroverses aus der Hochdruckforschung* (S.66). München: MMW Medizin Verlag.

- Rowland, T. (2007). Physical activity, fitness, and children. In C. Bouchard, S.N. Blair & W.L. Haskell (eds.), *Physical activity and health* (S.259-270). Champaign: Human Kinetics.
- Rowland, T.W., Rambusch, J.M., Staab, J.S., Unnithan, V.B. & Siconolfi, S.F. (1993). Accuracy of physical working capacity (PWC170) in estimating aerobic fitness in children. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 33, 184-188.
- Rowlands, D.B., Ireland, M.A., Stallard, T.J., Glover, D.R., Mc Leay, R.A.B., Watson, R.D.S. et al. (1982). Assessment of left ventricular mass and its response to antihypertensive treatment. *Lancet*, II, 467-70.
- Royal College of Physicians (2010). *Passive smoking and children: A report by the Tobacco Advisory Group of the Royal College of Physicians*. London: Royal College of Physicians.
- Ruiz, J.R., Castro-Pinero, J., Artero, E.G., Ortega, F.B., Sjöström, M., Suni, J. et al. (2009). Predictive Validity of Health-Related Fitness in Youth: A Systematic Review. *British Journal of Sports Medicine*, 43 (12), 909–923.
- Ruiz, J. R., Ortega, F. B., Loit, H. M., Veidebaum, T. & Sjöström, M. (2007). Body fat is associated with blood pressure in school-aged girls with low cardiorespiratory fitness: the European Youth Heart Study. *Journal of Hypertension*, 25 (10), 2027- 2034.
- Ruiz, J.R., Ortega, F.B., Rizzo, N.S., Villa, I., Hurtig-Wennlof, A., Oja, L. et al. (2007). High cardiovascular fitness is associated with low metabolic risk score in children: The European Youth Heart Study. *Pediatric Research*, 61, 350–355.
- Ruiz, J. R., Rizzo, N.S., Hurtig-Wennlof, A., Ortega, F.B., Warnberg, J., Sjöström, M. (2006). Relations of total physical activity and intensity to fitness and fatness in children: the European Youth Heart Study. *American Journal of Clinical Nutrition*, 84 (2), 299-303.
- Sadowski, R.H. & Falkner, B. (1996). Hypertension in pediatric patients. *American Journal of Kidney Diseases*, 27 (3), 305-315.
- Sakuma, M., Imai, Y., Nagai, K., Watanabe, N., Sakuma, H., Minami, N. et al. (1997). Reproducibility of home blood pressure measurement over a 1-year period. *American Journal of Hypertension*, 10, 798-803.
- Sallis, J.F. & Owen, N. (1999). *Physical activity & behavioral medicine*. Thousands Oaks: Sage.
- Sallis, J.F., Prochaska, J.J. & Taylor, W.C. (2000). A review of correlates of physical activity of children and adolescents. *Medicine and Science in Sports and Exercises*, 32, 963- 975.
- Samitz, G., Egger, M. & Zwahlen, M. (2011). Domains of physical activity and all-cause mortality: systematic review and dose-response meta-analysis of cohort studies. *International Journal of Epidemiology*, 40, 1382–1400.
- Santos, R., Mota, J., Okely, A.D., Pratt, M., Moreira, C. & Coelho-E-Silva, M.J. (2013). The independent associations of sedentary behaviour and physical activity on cardiorespiratory fitness. *British Journal of Sports Medicine*. DOI:10.1136/bjsports-2012-091610.
- Sanz-Arazuri, E., Ponce-de-León-Elizondo, A. & Valdemoros-San-Emeterio, M.A. (2012). Parental predictors of physical inactivity in Spanish adolescents [Elektronische Version]. *Journal of Sports Science and Medicine*, 11, 95-101.
- Sarris, V. (1999). *Einführung in die experimentelle Psychologie*. Lengerich: Pabst Science Publishers.

- Sarris, V. & Reiß, S. (2005). *Kurzer Leitfaden der Experimentalpsychologie*. München: Pearson Studium.
- Savva, S.C., Tornaritis, M., Savva, M.E., Kourides, Y., Panagi, A., Silikiotou, N. et al. (2000) Waist circumference and waist-to-height ratio are better predictors of cardiovascular disease risk factors in children than body mass index. *International Journal of Obesity Related Metabolic Disorders*, 24 (11), 1453-1458.
- Sawada, S., Lee, I.M., Muto, T., Matuszaki, K. & Blair, S.N. (2003). Cardiorespiratory fitness and the incidence of type 2 diabetes: prospective study of Japanese men. *Diabetes Care*, 26 (10), 2918-2922.
- Sawada, S., Tanaka, H., Funakoshi, M., Shindo, M., Kono, S. & Ishiko, T. (1993). Five year prospective study on blood pressure and maximal oxygen uptake. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, 20 (7-8), 483-487.
- Saydah, S., McKeever Bullard, K., Imperator, G., Geiss, L. & Gregg, E.W. (2013). Risk of Early Mortality Cardiometabolic Risk Factors Among US Adolescents and Young Adults and Risk of Early Mortality [Elektronische Version]. *Pediatrics*, 131, e679.
- Schaffrath Rosario, A.S., Kurth, B.-M., Stolzenberg, H. Ellert, U. & Neuhauser, H. (2010). Body mass index percentiles for children and adolescents in Germany based on a nationally representative sample (KiGGS 2003-2006). *European Journal of Clinical Nutrition*, 64 (4), 341-349.
- Schannwell, C.M, Steiner, S., Hennersdorf, M.G. & Strauer, B.E. (2005). Kardiovaskuläre Endorganschäden des Hochdrucks. *Der Internist*, 46 (5), 496-508.
- Scheidt-Nave, Y., Du, H., Knopf, A., Schienkiewitz, T., Ziese, E., Nowossadeck, A. et al. (2013). Verbreitung von Fettstoffwechselstörungen bei Erwachsenen in Deutschland. Ergebnisse der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1). *Bundesgesundheitsblatt*, 56, 661-667.
- Schettler, G. & Mörl, H. (1982). Arteriosklerose. In K.D. Hüllemann (Hrsg.), *Präventivmedizin*. Stuttgart: Thieme-Verlag.
- Schieken, R.M., Clarke, W.R. & Lauer, R.M. (1981). Left ventricular hypertrophy in children with blood pressures in the upper quintile of the distribution: the Muscatine Study. *Hypertension*, 3, 669-675.
- Schieken, R.M., Clarke, W.R. & Lauer, R.M. (1983). The cardiovascular responses to exercise in children across the blood pressure distribution: the muscatine study. *Hypertension*, 5, 71-8.
- Schienkiewitz, A., Mensink, G.B.M. & Scheidt-Nave, C. (2012). Comorbidity of overweight in a nationally representative sample of German adults aged 18-79 years. *BMC Public Health*, 12, 658.
- Schlicht, W. & Brand, R. (2007). Körperliche Aktivität, Sport und Gesundheit. Eine interdisziplinäre Einführung. Weinheim, München: Juventa Verlag.
- Schmid, M; Romann, M; Kriemler, S; Zahner, L. (2007). Wie kann die Fitness von Schulkindern gemessen werden? *Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin und Sporttraumatologie*, 2, 52-61.
- Schmidt, M., Jacobsen, J.B., Lash, T.L., Bøtker, H.E. & Sørensen, H.T. (2012). 25 year trends in first time hospitalisation for acute myocardial infarction, subsequent short and long term

- mortality, and the prognostic impact of sex and comorbidity: a Danish nationwide cohort study. *British Medical Journal*, 344, 356.
- Schmidt-Trucksäss, A. & Weisser, B. (2012). Vaskuläres Altern, Hypertonie und körperliche Aktivität. *Deutsche Medizinische Wochenschrift*, 46 (136), 2367-2371.
- Schneider, A., Hollmann, G. & Blettner, M. (2010). Lineare Regressionsanalyse: Teil 14 der Serie zur Bewertung wissenschaftlicher Publikationen. *Deutsches Ärzteblatt*, 107 (44), 776-82.
- Schultz, M.G., Otahal, P., Cleland, V.J., Blizzard, L., Marwick, T.H. & Sharman, J.E. (2013). Exercise-Induced Hypertension, Cardiovascular Events, and Mortality in Patients Undergoing Exercise Stress Testing: A Systematic Review and Meta-Analysis. *American Journal of Hypertension*, 26 (3), 357-366.
- Schwegler, J. (2006). *Der Mensch. Anatomie und Physiologie* (4. Auflage). Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Schwegler, J. & Lucius, R. (2011). *Der Mensch. Anatomie und Physiologie* (5., überarbeitete Aufl.) Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Serrano, M., Armesilla, C., Moreno, C., González-Montero de Espinosa, M., López-Ejeda, N., Martínez Álvarez, J.R. et al. (2013). Association Between Adiposity and Blood Pressure Levels Between the Ages of 6 and 16 Years. Analysis in a Student Population From Madrid, Spain. *Revista Española de Cardiología*, 66 (2), 110-115.
- Seyedzadeh, A., Hashemi, F. & Soleimani, A. (2012). Relationship between Blood Pressure and Passive Smoking in Elementary School Children. *Iran Journal of Pediatrics*, 22(3), 351–356.
- Shea, S., Basch, C.E., Gutin, B., Stein, A.D., Contento, I.R., Irigoyen, M. et al. (1994). The rate of increase in blood pressure in children 5 years of age is related to changes in aerobic fitness and body mass index. *Pediatrics*, 94, 465-470.
- Shear, C.L., Burke, G.L., Freedman, D.S., Webber, L.S. & Berenson, G.S. (1987). Designation of children with high blood pressure—considerations on percentile cut points and subsequent high blood pressure: the Bogalusa Heart Study. *American Journal of Epidemiology*, 125, 73-84.
- Shear, C.L., Webber, L.S., Freedman, D.S., Srinivasan, S.R. & Berenson, G.S. (1985). The Relationship between parental history of vascular disease and cardiovascular disease risk factors in children: the Bogalusa heart study. *American Journal of Epidemiology*, 122 (5), 762-771.
- Shephard, R.J. & Balady, G.J. (1999). Exercise as cardiovascular therapy. *Circulation*, 99, 963-972.
- Sidney, S., Sternfeld, B., Gidding, S.S., Jacobs, D.R., Bild, D.E., Oberman, A. et al. (1993). Cigarette smoking and submaximal exercise test duration in a biracial population of young adults: the CARDIA study. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 25, 911–916.
- Simonetti, G.D., Schwertz, R., Klett, M., Hoffmann, G.F., Schäfer, F. & Wühl, E. (2011). Determinants of blood pressure in preschool children: the role of parental smoking. *Circulation*, 123 (3), 292-8.
- Simonetti, G.D., Schwertz, R., Klett, M., Schäfer, F. & Wühl, E. (2009). Passive smoking increases blood pressure in preschool child. *Pediatric Nephrology*, 24 (4), 888.

- Simons-Morton, B.G., Farhat, T., ter Bogt, T.F.M., Hublet, A. Kuntsche, E., Gabhainn, S.N. et al. (2009). Gender specific trends in alcohol use: cross-cultural comparisons from 1998 to 2006 in 24 countries and regions. *International Journal of Public Health*, 54 (2), 199-208.
- Simons-Morton, B.G., Parcel, G.S., O'Hara, N.M., Blair, S.N. & Pate, R.R. (1988). Health-related Physical Fitness in Childhood: Status and Recommendations. *Annual Reviews of Public Health*, 9, 403-425.
- Sinaiko, A.R. (1996). Hypertension in children. *New England Journal of Medicine*, 335, 1968–1973.
- Sinaiko, A.R., Gomez-Martin, O. & Prineas, R.J. (1989). Prevalence of «significant» hypertension in junior high school-aged children: the Children and Adolescent Blood Pressure Program. *Journal of Pediatrics*, 114, 664-669.
- Singh, G.K. (2006). Metabolic syndrome in children and adolescents. *Current Treatment Options in Cardiovascular Medicine*, 8, 403-413.
- Singh, J.P., Larson, M.G., Manolio, T.A., O'Donnell, C.J., Lauer, M., Evans, J.C. et al. (1999). Blood pressure response during treadmill testing as a risk factor for new-onset hypertension: the Framingham Heart Study. *Circulation*, 99, 1831-1836.
- Sinha, R., Fisch, G., Teague, B., Tamborlane, W.V., Banyas, B., Allen, K. et al. (2002). Prevalence of impaired glucose tolerance among children and adolescents with marked obesity. *New England Journal of Medicine*, 346, 802-10.
- Sinha, M.D. & Reid, C.J. (2007). Evaluation of blood pressure in children. *Current Opinion in Nephrology and Hypertension*, 16, 577-584.
- Smith, D.H.G., Neutel, J.M., Graettinger, W.F., Myers, J., Froelicher, V.F. & Weber, M.A. (1992). Impact of left ventricular hypertrophy on blood pressure responses to exercise. *American Journal of Cardiology*, 69, 225-228.
- Smith, R.G., Rubin, S.A. & Ellestad, M.H. (2009). Exercise hypertension: an adverse prognosis? *Journal of the American Society of Hypertension*, 3, 366–373.
- Smolina, K., Wright, F.L., Rayner, M. & Goldacre, M.J. (2012). Determinants of the decline in mortality from acute myocardial infarction in England between 2002 and 2010: linked national database study. *British Medical Journal*, 344, 8059.
- Snijder, M. B., van Dam, R. M., Visser, M. & Seidell, J.C. (2006). What aspects of body fat are particularly hazardous and how do we measure them? *International Journal of Epidemiology*, 35 (1), 83–92.
- Sofi, F., Capalbo, A., Cesari, F., Abbate, R. & Gensini, G.F. (2008). Physical activity during leisure time and primary prevention of coronary heart disease: an updated metaanalysis of cohort studies. *European Journal of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation*, 13, 909–915.
- Sorof, J.M., Alexandrov, A.V., Cardwell, N.G. & Portman, R.J. (2003). Carotid intima-media-thickness and left ventricular hypertrophy in children with elevated blood pressure [Elektronische Version]. *Pediatrics*, 111, e61-66.
- Sorof, J.M., Alexandrov, A.V., Garami, Z., Turner, J.L., Grafe, R.E., Lai, D. et al. (2003). Carotid ultrasonography for detection of vascular abnormalities in hypertensive children. *Pediatric Nephrology*, 18, 1020-1024.

- Sorof, J. & Daniels, S. (2002). Obesity hypertension in children: a problem of epidemic proportions. *Hypertension*, 40, 441-447.
- Sorof, J.M., Lai, D., Turner, J., Poffenbarger, T. & Portman, R.J. (2004). Overweight, ethnicity, and the prevalence of hypertension in school-aged children [Elektronische Version]. *Pediatrics*, 113, e475-482.
- Sorof, J.M., Poffenbarger, T., Franco, K., Bernard, L. & Portman, R.J. (2002). Isolated systolic hypertension, obesity, and hyperkinetic hemodynamic states in children. *Journal of Pediatrics*, 140, 660-666.
- Sorof, J.M., Poffenbarger, T., Franco, K. & Portman, R. (2001). Evaluation of white-coat hypertension in children: importance of the definitions of normal ambulatory blood pressure and the severity of casual hypertension. *American Journal of Hypertension*, 14, 855-860.
- Spagnolo, A., Giussani, M., Ambrozzi, A.M., Bianchetti, M., Maringhini, S., Matteucci, M.C. et al. (2013). Focus on prevention, diagnosis and treatment of hypertension in children and adolescents. *Italian Journal of Pediatrics*, 39 (20), 1-18.
- Speckmann, E.-J., Hescheler, J. & Köhling, R. (2008). *Physiologie* (5. Aufl.). München, Jena: Urban & Fischer.
- Stabouli, S., Kotsis, V., Tomanidis, S., Papamichael, C., Constantopoulos, A. & Zakopoulos, N. (2005). White-coat and masked hypertension in children: association with target-organ damage. *Pediatric Nephrology*, 20, 1151-1155.
- Stamatakis, E., Coombs, N., Jago, R., Gama, A., Mourao, I., Nogueira, H. et al. (2013). Type-specific screen time associations with cardiovascular risk markers in children. *American Journal of Preventive Medicine*, 44 (5), 481-488.
- Stamatakis, E., Wardle, J. & Coleman T.J. (2010). Childhood obesity and overweight prevalence trends in England: evidence for growing socioeconomic disparities. *International Journal of Obesity*, 34, 41-7.
- Stamler, R. (1991). Implications of the INTERSALT study. *Hypertension*, 17, 16-20.
- Stamler, J., Stamler, R., Neaton, J.D., Wentworth, D., Daviglius, M.L., Garside, D. et al. (1999). Low risk-factor profile and long-term cardiovascular and noncardiovascular mortality and life expectancy: findings for 5 large cohorts of young adult and middle-aged men and women. *Journal of the American Medical Association*, 282, 2012-2018.
- Starker, A., Lampert, T., Worth, A., Oberger, J., Kahl, H. & Bös, K. (2007). Motorische Leistungsfähigkeit. Ergebnisse des Kinder- und Jugendgesundheits surveys (KiGGS). *Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz*, 50, 775-783.
- Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein (2010). *Verzeichnis der allgemeinbildenden Schulen in Schleswig-Holstein Schuljahr 2009/2010*. Hamburg/Kiel: Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein. Zugriff am 12. September 2010 unter http://www.statistik-nord.de/uploads/tx_standdocuments/SCHUVA_0910_S.pdf
- Statistisches Bundesamt (2010). *Gesundheit. Krankheitskosten 2002, 2004, 2006 und 2008. Fachserie 12 Reihe 7.2*. [Elektronische Version]. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- Statistisches Bundesamt (2012). *Gesundheit. Todesursachen in Deutschland 2011. Fachserie 12 Reihe 4* [Elektronische Version]. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.

- Stergiou, G.S., Karpettas, N., Kapoyiannis, A., Stefanidis, C.J. & Vazeou, A. (2009). Home blood pressure monitoring in children and adolescents: a systematic review. *Journal of Hypertension*, 27, 1941-7.
- Stergiou, G.S., Nasothimiou, E., Giovas, P., Kapoyiannis, A. & Vazeou, A. (2008). Diagnosis of hypertension in children and adolescents based on home versus ambulatory blood pressure monitoring. *Journal of Hypertension*, 26, 1556-62.
- Stevens, J. (1999). *Intermediate Statistics. A Modern Approach*. London: Erlbaum.
- Stewart, K.J., Sung, J., Silber, H.A., Fleg, J.L., Kelemen, M.D., Turner, K.L. et al. (2004). Exaggerated exercise blood pressure is related to impaired endothelial vasodilator function. *American Journal of Hypertension*, 17, 314-320.
- Stimpel, M. (2001). *Arterielle Hypertonie* (2. Aufl.). Darmstadt: Steinkopff.
- Stratton, G., Canoy, D., Boddy, L. M., Taylor, S. R., Hackett, A. F. & Buchan, I. E. (2007). Cardiorespiratory fitness and body mass index of 9-11-year-old English children: a serial cross-sectional study from 1998 to 2004. *International Journal of Obesity*, 31 (7), 1172-1178.
- Strazzullo, P., D'Elia, L., Kandala, N.B. & Cappuccio, F.P. (2009). Salt intake, stroke, and cardiovascular disease: Meta-analysis of prospective studies. *British Medical Journal*, 339, 4567.
- Strong, W.B. & Kelder, S.H. (1996). Pediatric preventive cardiology. In J.E. Manson, P.M. Ridker, D.M. Gaziano, C.H. Hennekens (Eds.), *Prevention of Myocardial Infarction* (pp. 433-459). Oxford: Oxford University Press.
- Strong, W.B., Malina, R.M., Blimkie, C.J.R., Daniels, S.R., Dishman, R.K., Gutin, B. et al. (2005). Evidence based physical activity for school-age youth. *Journal of Pediatrics*, 146, 732-737.
- Strong, W.B., Miller, M.D., Striplin, M. & Salebhai, M. (1978). Blood pressure response to isometric and dynamic exercise in healthy black children. *American Journal of Diseases of Children*, 132, 587-591.
- Studer, A., Lüscher, T., Greminger, P. Epstein, F.H., Grimm, J., Leumann, E.P. et al. (1982). Blutdruck, Renin-Angiotensin-Aldosteron-System und andere kardiovaskuläre Risikofaktoren bei Kindern essentieller Hypertoniker. *Klinische Wochenschrift*, 60, 275-284.
- Suh, I., Nam, C.M., Jee, S.H., Kim, S.I., Lee, K.H., Kim, H.C. et al. (1999). Twelve-year tracking of blood pressure in Korean school children: the Kangwha Study. *Yonsei Medical Journal*, 40, 383-387.
- Sun, S.S., Grave, G.D., Siervogel, R.M., Pickoff, A.A., Arslanian, S.S, Daniels, S.R. (2007). Systolic blood pressure in childhood predicts hypertension and metabolic syndrome later in life [Elektronische Version]. *Pediatrics*, 119, e237-46.
- Sundblom, E., Petzold, M., Rasmussen, F., Callmer, E. & Lissner, L. (2008). Childhood overweight and obesity prevalences levelling off in Stockholm but socioeconomic differences persist. *International Journal of Obesity*, 32, 1525-30.
- Sung, J., Choi, S.H., Choi, Y.H., Kim, D.K. & Park, W.H. (2012). The relationship between arterial stiffness and increase in blood pressure during exercise in normotensive persons. *Journal of Hypertension*, 30, 587-591.

- Suter, P.M. & Albrecht, R. (2005). Alkohol und Blutdruck. *Schweizerisches Medizin-Forum*, 5, 362–366
- Suter, P.M., Maire, R. & Vetter, W. (1997). Alcohol consumption: a risk factor for abdominal fat accumulation in men [Elektronische Version]. *Addiction Biology*, 2, 101–3.
- Suter, P.M. & Vetter, W. (2000). The Effect of Alcohol on Blood Pressure. *Nutrition in Clinical Care*, 3, 24–34.
- Sygyusch, R. (2005). Jugendsport – Jugendgesundheit. Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz, 48, 863–872.
- Sygyusch, R., Wagner, P., Opper, E. & Worth, A. (2006). Aktivität und Gesundheit im Kindes- und Jugendalter. In K. Bös & W. Brehm (Hrsg.), *Handbuch Gesundheitssport* (S.118-128). Schorndorf: Hofmann.
- Tanaka, H., Monahan, K.D. & Seals, D.R. (2001). Age-predicted maximal heart rate revisited. *Journal of the American College of Cardiology*, 37, 153-156.
- Taylor, S.H. (1975). The circulation in hypertension. In D.M. Burley, G.B. Birdwood, J.H. Fryer, S.H. Taylor (Eds.), *Hypertension - its nature and treatment* (S.29-34), London: Metropolis Press.
- Teo, K.K., Ounpuu, S., Hawken, S., Pandev, M.R., Valentin, V., Hunt, D. et al. (2006). Tobacco use and risk of myocardial infarction in 52 countries in the INTERHEART study: a case-control study. *Lancet*, 368, 647–658.
- Tfelt-Hansen, P.C. & Olesen, J. (2012). Publication committees in clinical trials in headache. *Cephalalgia*, 32 (1), 86.
- The Diabetes Control and Complications Trial/Epidemiology of Diabetes Interventions and Complications (DCCT/EDIC) Study Research Group. Intensive diabetes treatment and cardiovascular disease in patients with type 1 diabetes. *New England Journal of Medicine*, 353 (25), 2643–2653.
- The Escape Trial Group (2009). Strict blood-pressure control and progression of renal failure in children. *New England Journal of Medicine*, 361, 1639-1650.
- Thomas, N.E., Baker, J.S. & Davies, B. (2003). Established and recently identified coronary heart disease risk factors in young people: the influence of physical activity and physical fitness. *Sports Medicine*, 33, 633–650.
- Thompson, P.D., Buchner, D., Pina, I.L., Balady, G.J., Williams, M.A., Marcus, B.H. et al. (2003). Exercise and physical activity in the prevention and treatment of atherosclerotic cardiovascular disease—A statement from the council on clinical cardiology (Subcommittee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention) and the Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism (Subcommittee on Physical Activity). *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*, 23 (8), E42–E49.
- Thompson, M., Dana, T., Bougatsos, C., Blazina, I. & Norris, S. (2013). Screening for Hypertension in Children and Adolescents to Prevent Cardiovascular Disease: Systematic Review for the U.S. Preventive Services Task Force. Evidence Synthesis No. 99. Rockville: Agency for Healthcare Research and Quality.
- Tokmakidis, S. P., Kasambalis, A., Christodoulos, A. D. (2006). Fitness levels of Greek primary schoolchildren in relationship to overweight and obesity. *European Journal of Pediatrics*, 165 (12), 867-874.

- Tomar, S.L., Winn, D.M., Swango, P.A., Giovino, G.A. & Kleinman, D.V. (1997). Oral mucosal smokeless tobacco lesions among adolescents in the United States. *Journal of Dental Research*, 76, 1277–1286.
- Tomkinson, G.R., Léger, L.A., Olds, T.S. & Cazorla, G. (2003). Secular trends in the performance of children and adolescents (1980-2000): An analysis of 55 studies of the 20m Shuttle Run Test in 11 countries. *Sports Medicine*, 33, 285-300.
- Torrance, B., McGuire, K.A., Lewanczuk, R. & McGavock, J. (2007). Overweight, physical activity and high blood pressure in children: a review of the literature. *Vascular Health and Risk Management*, 3 (1), 139-149.
- Tounian, P., Aggoun, Y., Dubern, B., Varille, V., Guy-Grand, B., Sidi, D. et al. (2001). Presence of increased stiffness of the common carotid artery and endothelial dysfunction in severely obese children: a prospective study. *Lancet*, 358, 1400-1444.
- Trebsdorf, M. (2003). *Biologie, Anatomie, Physiologie; Lehrbuch und Atlas* (8. Aufl.). Reinbeck: Lau-Verlag GmbH.
- Treiber, F.A., Musante, L., Strong, W. & Levy, M. (1989). Racial differences in young children's blood pressure: responses to dynamic exercise. *American Journal of Diseases of Children*, 143, 720-3.
- Treiber, F.A., Strong, W.B., Arensman, F.W., Forrest, T., Davis, H. & Musante, L. (1991). Family history of myocardial infarction and hemodynamic responses to exercise in young black boys. *American Journal of Diseases of Children*, 145, 1029-1033.
- Trost, S.G. (2007). Measurement of physical activity in children and adolescents. *American Journal of Lifestyle & Medicine*, 1, 299-314.
- Truelsen, T., Piechowski-Jozwiak, B., Bonita, R., Mathers, C., Bogousslavsky, J. & Boysen, G. et al. (2006). Stroke incidence and prevalence in Europe: a review of available data. *European Journal of Neurology*, 13, 581-598.
- Tsao, T.P., Wright, D.J. & Tan, L.B. (1998). Should exercise blood pressure be measured in clinical practice? *Journal of Hypertension*, 16, 15-17.
- Tulio, S., Eglé, S. & Greily, B. (1995). Blood pressure response to exercise of obese and lean hypertensive and normotensive male adolescents. *Journal of Human Hypertension*, 9, 953-8.
- Tunstall-Pedoe, H. (2003). World largest study of heart disease, stroke, risk factors and population trends, 1979–2002. MONICA Monograph and Multimedia Sourcebook, MONICA Project. Geneva: World Health Organization.
- Tunstall-Pedoe, H., Kuulasmaa, K., Amouyel, P., Arveiler, D., Rajakangas, A.M. & Pajak, A. (1994). Myocardial infarction and coronary death in the World Health Organization MONICA project. *Circulation*, 90, 583-612.
- Twisk, J.W.R., Kemper, H.C.G. & van Mechelen, W. (2002). The relationship between physical fitness and physical activity during adolescence and cardiovascular disease risk factors at adult age. The Amsterdam growth and health longitudinal study. *International Journal of Sports and Medicine*, 23, 8-14.
- Ullrich-French, S. C., Power, T.G., Daratha, K.B., Bindler, R.C. & Steele, M.M. (2011). Examination of adolescents' screen time and physical fitness as independent correlates of weight status and blood pressure. *Journal of Sports Sciences*, 28 (11), 1189–1196.

- Unal, B., Critchley, J.A. & Capewell, S. (2004). Explaining the decline in coronary heart disease mortality in England and Wales between 1981 and 2000. *Circulation*, 9, 1101–1107.
- U.S. Department of Health and Human Services (1994) *Preventing tobacco use among young people: a report of the Surgeon General*. Atlanta: US Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion, Office on Smoking and Health.
- U.S. Department of Health and Human Services (1996a). *Physical activity and health: a report of the Surgeon General*. Centers of Disease Control and Prevention. Atlanta: CDC.
- U.S. Department of Health and Human Services (2001). *Women and smoking. A report of the Surgeon General*. Washington: US Department of Health and Human Services & Centers for Disease Control and Prevention (CDC).
- U.S. Department of Health and Human Services (2004). *The health consequences of smoking: a report of the surgeon general*. US Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion, Office on Smoking and Health. Atlanta: USDHHS.
- U.S. Department of Health and Human Services (2006). *The Health Consequences of Involuntary Exposure to Tobacco Smoke. A Report of the Surgeon General – Executive Summary*. Atlanta: U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, Coordinating Center for Health Promotion, National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion, Office on Smoking and Health.
- U.S. Preventive Services Task Force (2007). Screening for High Blood Pressure: U.S. Preventive Services Task Force Reaffirmation Recommendation Statement. *Annals of Internal Medicine*, 147, 783-786.
- Urbina, E.M., Gidding, S.S., Bao, W., Pickoff, A.S., Berdusis, K. & Berenson, G.S. (1995). Effect of body size, ponderosity and blood pressure on left ventricular growth in children and young adult in the Bogalusa heart study. *Circulation*, 91, 2400-2406.
- Urhausen, A., Schwarz, M., Klein, M., Papathanassiou, V., Pitsch, W., Kindermann, W. & Emrich, E. (2004). Gesundheitsstatus von Kindern und Jugendlichen im Saarland – Ausgewählte Ergebnisse der IDEFIKS-Studie (Teil 1). *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 55, 202–210.
- Vandewater, E.A., Shim, M.S. & Caplovitz, A.G. (2004). Linking obesity and activity level with children's television and video game use. *Journal of Adolescents*, 27 (1), 71–85.
- Van de Mheen, H., Stronks, K., Looman, C.W. & Mackenbach, J.P. (1998). Does childhood socioeconomic status influence adult health through behavioural factors? *International Journal of Epidemiology*, 27, 431–7.
- van den Berg, G., van Eijdsden, M., Galindo-Garre, F., Vrijkotte, T. & Gemke, R. (2013). Explaining Socioeconomic Inequalities in Childhood Blood Pressure and Prehypertension. The ABCD Study. *Hypertension*, 61, 35-41.
- van Den Bree, M.B.M., Schieken, R.M., Moskowitz, W.B. & Eaves, L.J. (1996). Genetic regulation of hemodynamic variables during dynamic exercise: the MCV Twin Study. *Circulation*, 94, 1864-9.

- van Sluijs, E.M.F., McMinn, A.M. & Griffin, S. (2007). Effectiveness of interventions to promote physical activity in children and adolescents: systematic review of controlled trials. *British Medical Journal*, 335 (7622), 703-707.
- Verdecchia, P., Reboldi, G.P., Angeli, F., Schillaci, G., Schwartz, J.E., Pickering, T.G. et al. (2005). Short- and long-term incidence of stroke in white-coat hypertension. *Hypertension*, 45, 203-208.
- Verdecchia, P., Schillaci, G., Guerrieri, M., Gatteschi, C., Benemio, G., Boldrini, F. et al. (1990). Circadian blood pressure changes and left ventricular hypertrophy in essential hypertension. *Circulation*, 81, 528-536.
- Viera A.J. & Neutze, D.M. (2010). Diagnosis of secondary hypertension: an age-based approach. *American Family Physician*, 82, 471-478.
- Vork, K., Broadwin, R. & Blaisdell, R. (2007). Developing asthma in childhood from exposure to secondhand tobacco smoke. *Health Perspectives*, 115 (10), 1394-1400.
- Voors, A.W., Webber, L.S., Berenson, G.S (1979). Time course studies of blood pressure in children: the Bogalusa Heart Study. *American Journal of Epidemiology*, 109, 320-334.
- Wabitsch, M. (2000). Overweight and obesity in European children: definition and diagnostic procedures, risk factors and consequences for later health outcome. *European Journal of Pediatrics*, 159 (1), 8-13.
- Wabitsch, M. (2004). Adipositas bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland. Ausmaß der Gesundheitsstörung - Leitlinien für Diagnostik und Therapie. *Monatszeitschrift Kinderheilkunde*, 152, 832-833.
- Wada, T., Kodaira, K., Fujishiro, K., Maie, K., Tsukiyama, E., Fukumoto, T. et al. (1994). Correlation of ultrasound-measured common carotid artery stiffness with pathological findings. *Arteriosclerosis, Thrombosis and, Vascular Biology*, 14 (3), 479-482.
- Waiten, J. & Hesse, V. (2005). Adipositas bei Kindern. Referenzsysteme und Normdaten im Vergleich. *Pädiatrie hautnah*, 4, 200-204.
- Wake, M., Hesketh, K. & Waters, E. (2003). Television, computer use and body mass index in Australian primary school children. *Journal of Pediatric Child Health*, 39 (2), 130-134.
- Wang, L. & Pinkerton, K.E. (2008). Detrimental effects of tobacco smoke exposure during development on postnatal lung function and asthma. *Birth defects research. Part C, Embryo today*, 84, 54-60.
- Wang, J., Thornton, J.C., Bari, S., Williamson, B., Gallagher, D., Heymsfield, S.B. et al. (2008). Comparison of waist circumference measured at 4 sites. *American Journal of Clinical Nutrition*, 77, 379-384.
- Wanne, O.P.S. & Haapoja, E. (1988). Blood Pressure during exercise in healthy children. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 58, 62-67.
- Wardle, J., Brodersen, N.H., Cole, T.J., Jarvis, M.J. & Boniface, D.R. (2006). Development of adiposity in adolescence: five year longitudinal study of an ethnically and socioeconomically diverse sample of young people in Britain. *British Medical Journal*, 332, 1130-5.
- Washington, R.L., Bricker, J.T., Alpert, B.S., Daniels, S.R., Deckelbaum, R.J., Fisher, E.A. et al. (1994). Guidelines for exercise testing in the pediatric age group. From the Committee

- on Atherosclerosis and Hypertension in Children, Council on Cardiovascular Disease in the Young, the American Heart Association. *Circulation*, 90, 2166-2179.
- Webber, L.S., Cresanta, J.L., Voors, A.W. & Berenson, G.S. (1983). Tracking of cardiovascular disease risk factor variables in school-age children. *Journal of Chronic Diseases*, 36, 647-660.
- Weber, F., Tholl, U. & Anlauf, M. (2004). Blutdruckmessung. In J. Rosenthal & R. Kolloch (Hrsg.), *Arterielle Hypertonie* (4. Auflage) (S. 271-278). Berlin: Springer.
- Wei, M., Kampert, J.B., Barlow, C.E., Nichaman, M.Z., Gibbons, L.W., Paffenbarger, R.S. et al. (1999). Relationship Between Low Cardiorespiratory Fitness and Mortality in Normal-Weight, Overweight, and Obese Men. *The Journal of the American Medical Association*, 282 (16), 1547-1553.
- Weiss, R., Dziura, J., Burgert, T.S., Tamborlane, W.V., Taksali, S.E., Yeckel, C.W. et al. (2004). Obesity and the metabolic syndrome in children and adolescents. *New England Journal of Medicine*, 350, 2362-2374.
- Weisser, B. (2009). Perzentile kann verwirren. *Deutsches Ärzteblatt*, 106 (14), 250.
- Weisser, B., Mengden, T., Düsing, R., Vetter, H. & Vetter, W. (2000). Normal values of blood pressure self-measurement in view of the 1999 World Health Organization-International Society of Hypertension Guidelines. *American Journal of Hypertension*, 13, 904-943.
- Wells, J., Hallal, P., Reichert, F., Menezes, A., Aradjo, C. & Victoria, C. (2008). Sleep patterns and television viewing in relation to obesity and blood pressure: evidence from an adolescent Brazilian birth cohort. *International Journal of Obesity*, 32 (7), 1042-1049.
- Whelton, P.K., He, J., Appel, L.J., Cutler, J.A., Havas, S., Kotchen, T.A. et al. (2002). Primary prevention of hypertension: clinical and public health advisory from The National High Blood Pressure Education Program. *Journal of the American Medical Association*, 288, 1882-1888.
- Whitaker, R.C. (2004). Predicting preschooler obesity at birth: the role of maternal obesity in early pregnancy [Elektronische Version]. *Pediatrics*, 114, e29-36.
- Whitaker, R.C., Wright, J.A., Pepe, M.S., Seidel, K.D. & Dietz, W.H. (1997). Predicting obesity in young adulthood from childhood and parental obesity. *New England Journal of Medicine*, 337, 869-73.
- Whitlock, G., Lewington, S., Sherliker, P., Clarke, R., Emberson, J., Halsey, J. et al. (2009). Body-mass index and cause-specific mortality in 900 000 adults: collaborative analyses of 57 prospective studies. *Lancet*, 373, 1083-1096.
- WHO/ISH-Guidelines-Subcommittee (1999). World Health Organization-International Society of Hypertension Guidelines for the Management of Hypertension. Guidelines Subcommittee. *Journal of Hypertension*, 17, 151-183.
- WIAD-Studie (2001). *Bewegungsstatus von Kindern und Jugendlichen in Deutschland. Kurzfassung einer Untersuchung auf der Basis einer sekundäranalytischen Sichtung, einer repräsentativen Befragung bei 12-bis 18-Jährigen und eines Bewegungs-Check-Up in Schulen. Eine Analyse des Wissenschaftlichen Instituts der Ärzte Deutschlands*. Frankfurt a.M.: Deutscher Sportbund.

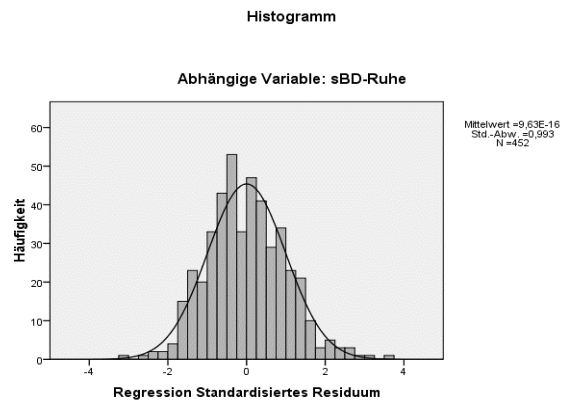
- Wiecha, J.L., Peterson, K.E., Ludwig, D.S., Kim, J., Sobol, A.M. & Gortmaker, S.L. (2006). When children eat what they watch: impact of television viewing on dietary intake in youth. *Archives of Pediatric and Adolescent Medicine*, 160 (4), 436–442.
- Wieken (1974). Die schriftliche Befragung. In J. v. Koolwijk & M. Wieken-Mayser (Hrsg.), *Erhebungsmethoden: Die Befragung (Techniken der empirischen Sozialforschung, Bd. 4)* (S.141-161). München: Oldenbourg.
- Wiesner, G., Grimm, J. & Bittner, E. (1999a). Zum Herzinfarktgeschehen in der Bundesrepublik Deutschland: Prävalenz, Inzidenz, Trend, Ost-West-Vergleich. *Gesundheitswesen* 61 (2), 72–78.
- Wiesner, G., Grimm, J. & Bittner, E. (1999b). Schlaganfall: Prävalenz, Inzidenz, Trend, Ost-West-Vergleich. Erste Ergebnisse aus dem Bundes-Gesundheitssurvey 1998. *Gesundheitswesen* 61 (2), 79–84.
- Wiewel, D., Franz, I.-W. & Mellerowicz, H. (1985). Blutdruck- und Herzfrequenzverhalten während Ergometrie bei männlichen untrainierten, normotensiven Probanden im Alter von 12 bis 15 Jahren. In I.-W. Franz, H. Mellerowicz & W. Noack (Hrsg.), *Training und Sport zur Prävention und Rehabilitation in der technisierten* (S.624-629). Berlin Heidelberg: Springer.
- Wijeysundera, H.C., Machado, M., Farahati, F., Wang, X., Witteman, W., van der Velde, G. et al. (2010), Association of temporal trends in risk factors and treatment uptake with coronary heart disease mortality, 1994–2005. *Journal of the American Medical Association*, 303, 1841–1847.
- Williams, S.S. (2007). Advances in genetic hypertension. *Current Opinion in Pediatrics*, 19, 192–198.
- Williams, C.L., Hayman, L.L., Daniels, S.R., Robinson, T.N., Steinberger, J., Paridon, S. et al. (2002). Cardiovascular health in childhood: a statement for health professionals from the Committee on Atherosclerosis, Hypertension, and Obesity in the Young (AHOY) of the Council on Cardiovascular Disease in the Young, American Heart Association. *Circulation*, 106, 143–160.
- Windle, M. (2003). Alcohol use among adolescents and young adults. *Alcohol Research & Health*, 27 (1), 79–85.
- Wingen, A.M., Fabian-Bach, C., Schaefer, F. & Mehls, O. (1997). Randomised multicentre study of low-protein diet on the progression of chronic renal failure in children. European Study Group of Nutritional treatment of Chronic Renal Failure in Childhood. *Lancet*, 349, 1117-1123.
- Woelk, G. (1994). Blood pressure tracking from child to adulthood: a review. *Cent African Journal of Medicine*, 40, 163-169.
- Woll, A. & Bös, K. (2004). Körperlich-sportliche Aktivität und Gesundheit von Kindern. In A. Woll & K. Bös (Hrsg.), *Kinder Bewegen* (S.8-21). Forst: Hörner.
- Wolf-Maier, K., Cooper R.S., Kramer, H., Bangeas, J.R., Giampoli, S., Joffres, M.R. et al. (2003). Hypertension treatment and control in five European countries, Canada and the United States. *Hypertension*, 43, 10-17.
- Wolf, K.J. & Bisognano, J.D. (2011). Nondrug interventions for treatment of hypertension. *Journal of Clinical Hypertension*, 13, 829-835.

- Wormser, D., Kaptoge, S., Di Angelantonio, E., Wood, A.M., Pennells, L., Thompson, A. et al. (2011). Separate and combined associations of body-mass index and abdominal adiposity with cardiovascular disease: collaborative analysis of 58 prospective studies. *Lancet*, 377, 1085–1095
- Woodward, D.K., Clifton, G.D., McCoy, R.A., Smith, M.D. & Harrison, M.R. (1995). Reliability of blood pressure, heart rate, and Doppler-derived hemodynamic measurements during exercise. *Journal of the American Society of Echocardiography*, 8, 21–28.
- World Health Organization (2000). *Obesity: preventing and managing the global epidemic. WHO Technical Support Series 894* [Elektronische Version]. Geneva: World Health Organization.
- World Health Organization (2003). Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. Report of a joint WHO/FAO expert consultation [Elektronische Version]. Geneva: World Health Organization.
- World Health Organization (2008a). International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems, Tenth Revision, Vol. 2. [Elektronische Version]. Geneva: World Health Organization.
- World Health Organization (2008b). *WHO report on the global tobacco epidemic: The MPOWER Package* [Elektronische Version]. Geneva: World Health Organization.
- World Health Organization (2009). *Global health risks: mortality and burden of disease attributable to selected major risks* [Elektronische Version]. Geneva: World Health Organization.
- World Health Organization (2010a). *Global status report on noncommunicable diseases 2010* [Elektronische Version]. Geneva: World Health Organization.
- World Health Organization (2010b). *Global estimate of the burden of disease from second-hand smoke* [Elektronische Version]. Geneva: World Health Organization.
- World Health Organization (2010c). *Global recommendations on physical activity for health* [Elektronische Version]. Geneva: World Health Organization.
- World Health Organization (2011a). *Global atlas on cardiovascular disease risk prevention and control* [Elektronische Version]. Geneva: World Health Organization.
- World Health Organization (2011b). *WHO Report on the Global Tobacco Epidemic, 2011: warning about the dangers of tobacco* [Elektronische Version]. Geneva: World Health Organization.
- World Health Organization (2011c). *Noncommunicable diseases country profiles 2011* [Elektronische Version]. Geneva: World Health Organization.
- World Health Organization (2012a). *World health statistics 2012* [Elektronische Version]. Geneva: World Health Organization.
- World Health Organization (2012b). Action Plan for implementation of the European Strategy for the Prevention and Control of Noncommunicable Diseases 2012–2016 [Elektronische Version]. Geneva: WHO Europe.
- Wühl, E., Hadtstein, C., Mehls, O. & Schäfer, F. (2004). Home, clinic, and ambulatory blood pressure monitoring in children with chronic renal failure. *Pediatric Research*, 55, 492–497.

- Wühl, E. & Mehls, O. (2007). Erkrankungen der Gefäße. In W. Kiess, A. Merckenschläger, R. Pfäffle & W. Siekmeyer (Hrsg.), *Therapie in der Kinder- und Jugendmedizin. Strategien für Klinik und Praxis* (S.967-980). München: Urban & Fischer.
- Wydra, G. (2006). Normierung der motorischen Leistungsfähigkeit. *Bewegungstherapie und Gesundheitssport*, 22, 223–227.
- Yang, W., Kelly, T. & He, J. (2007). Genetic epidemiology of obesity. *Epidemiology Reviews*, 29, 49–61.
- Yong, L.C. & Kuller, L.H. (1994). Tracking of blood pressure from adolescence to middle age: the Dormont High School Study. *Preventive Medicine*, 23, 418-426.
- Yusuf, S., Hawken, S., Ounpuu, S., Dans, T., Avezum, A., Lanas, F. et al. (2004). Effect of potentially modifiable risk factors associated with myocardial infarction in 52 countries (the INTERHEART study): Case-control study. *Lancet*, 364 (9438), 937–952.
- Zambon, A., Boyce, W., Cois, E., Currie, C., Lemma, P., Dalmasso, P. et al. (2006). Do welfare regimes mediate the effect of socioeconomic position on health in adolescence? A cross-national comparison in Europe, North America, and Israel. *International Journal of Health Services*, 36, 309–329.
- Zambon, A., Lemma, P., Borraccino, A., Dalmasso, P. & Cavallo, F. (2006). Socio-economic position and adolescents' health in Italy: the role of the quality of social relations. *European Journal of Public Health*, 16 (6), 627-632.
- Zarnke, K.B., Feagan, B.G., Mahon, J.L. & Feldman, R.D. (1997). A randomized study comparing a patient-directed hypertension management strategy with usual office-based care. *American Journal of Hypertension*, 10, 58-67.
- Zeiger, A.M., Schächinger, V. & Minners, J. (1995). Long-term cigarette smoking impairs endothelium-dependent coronary arterial vasodilator function. *Circulation*, 92, 1094–1100.
- Zinner, S.H., Levy, P.S. & Kass, E.H. (1971). Familial aggregation of blood pressure in childhood. *New England Journal of Medicine*, 284, 401-404.
- Zinner, S.H., Margolius, H.S., Rosner, B. & Kass, E.H. (1978). Stability of blood pressure rank and urinary kallikrein concentration in childhood: an eight-year follow-up. *Circulation*, 58, 908-915.
- Zinner, S.H., Rosner, B., Oh, W. & Kass, E.H. (1985). Significance of blood pressure in infancy: familial aggregation and predictive effect on later blood pressure. *Hypertension*, 7, 411-416.

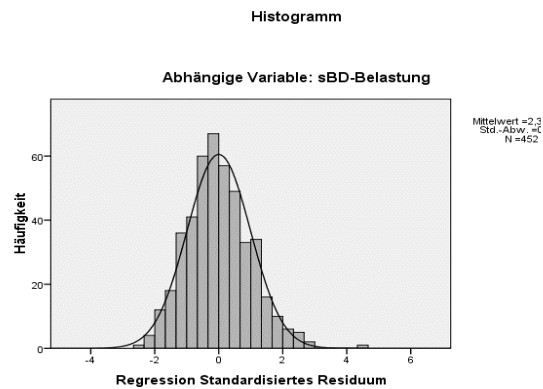
Voraussetzungen für die multiple Regression

Normalverteilung der Residuen Modell 1a



		Standardized Residual
N		452
Parameter der Normalverteilung ^a	Mittelwert	,0000000
	Standardabweichung	,99332584
Extremste Differenzen	Absolut	,037
	Positiv	,037
	Negativ	-,020
Kolmogorov-Smirnov-Z		,792
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		,558

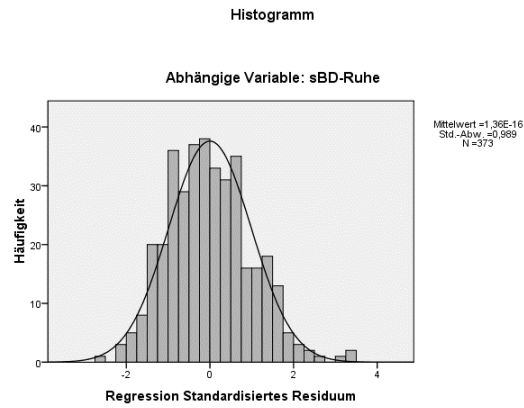
a. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.



		Standardized Residual
N		452
Parameter der Normalverteilung ^a	Mittelwert	,0000000
	Standardabweichung	,99332584
Extremste Differenzen	Absolut	,036
	Positiv	,036
	Negativ	-,017
Kolmogorov-Smirnov-Z		,771
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		,593

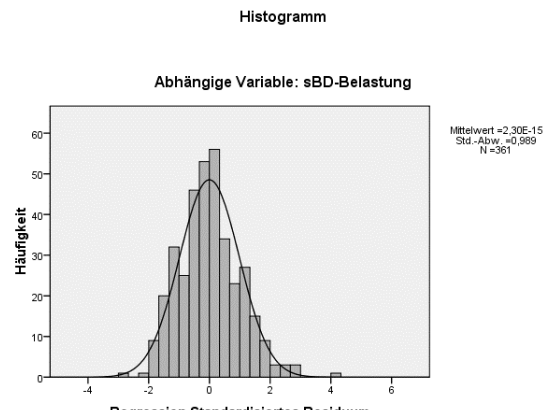
a. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.

Modell 1b



		Standardized Residual
N		371
Parameter der Normalverteilung ^a	Mittelwert	,0000000
	Standardabweichung	,98913011
Extremste Differenzen	Absolut	,037
	Positiv	,037
	Negativ	-,025
Kolmogorov-Smirnov-Z		,718
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		,680

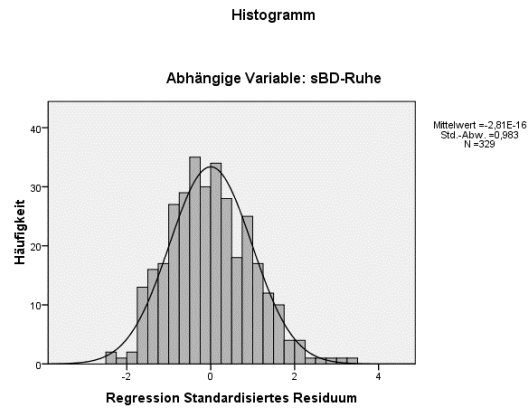
a. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.



		Standardized Residual
N		359
Parameter der Normalverteilung ^a	Mittelwert	,0000000
	Standardabweichung	,98876369
Extremste Differenzen	Absolut	,046
	Positiv	,046
	Negativ	-,020
Kolmogorov-Smirnov-Z		,880
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		,421

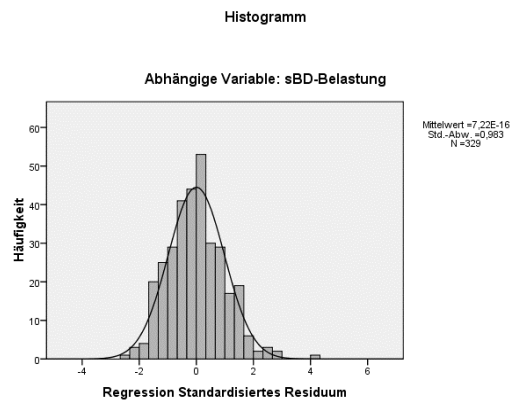
a. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.

Modell 2



		Standardized Residual
N		327
Parameter der Normalverteilung ^a	Mittelwert	,0000000
	Standardabweichung	,98298406
Extremste Differenzen	Absolut	,033
	Positiv	,033
	Negativ	-,026
Kolmogorov-Smirnov-Z		,598
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		,867

a. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.

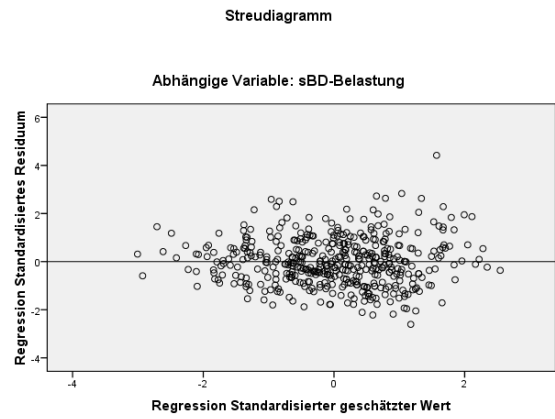
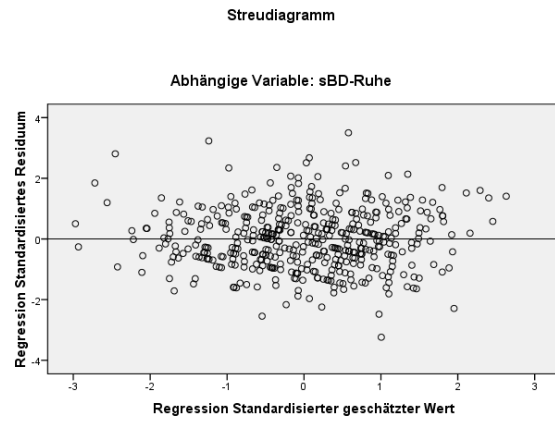


		Standardized Residual
N		327
Parameter der Normalverteilung ^a	Mittelwert	,0000000
	Standardabweichung	,98298406
Extremste Differenzen	Absolut	,041
	Positiv	,041
	Negativ	-,025
Kolmogorov-Smirnov-Z		,735
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		,652

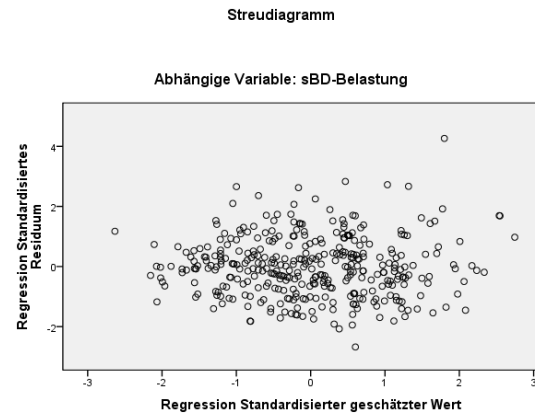
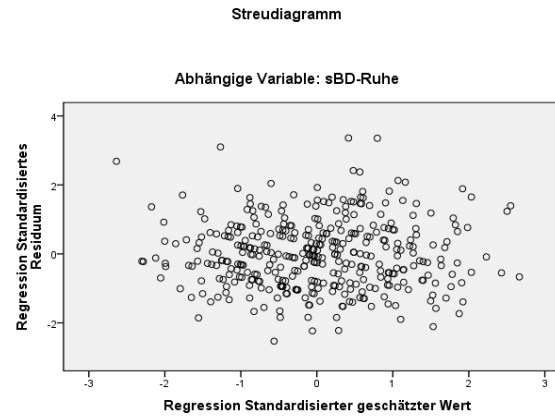
a. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.

Linearität und Homoskedastizität

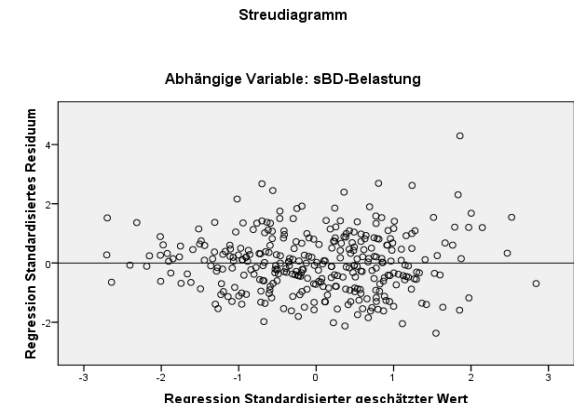
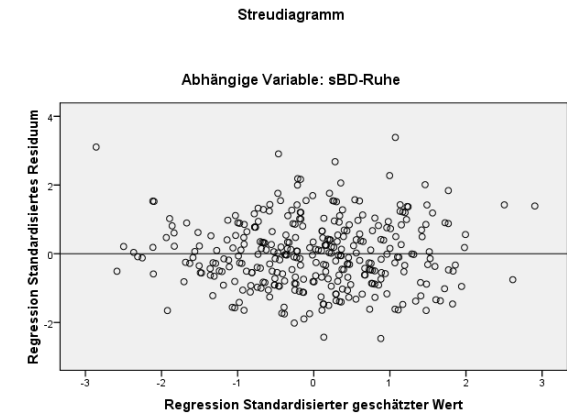
Modell 1a



Modell 1b



Modell 2



Multikollinearität

Modell 1a

Koeffizienten^a

Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Signifikanz	Kollinearitätsstatistik	
		B	Standardfehler	Beta			Toleranz	VIF
1	(Konstante)	37,112	10,260		3,617	,000		
	Alter	1,333	,393	,168	3,391	,001	,689	1,451
	Geschlecht	-3,465	1,290	-,141	-2,686	,007	,618	1,619
	Größe	,339	,067	,261	5,069	,000	,641	1,559
	BMI_Perzentile	,113	,020	,248	5,726	,000	,906	1,104
	PWC_Watt/kg	-3,642	1,258	-,150	-2,895	,004	,633	1,581
	TV/PC	,610	,379	,069	1,611	,108	,911	1,097

a. Abhängige Variable: sBD-Ruhe

Koeffizienten^a

Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Signifikanz	Kollinearitätsstatistik	
		B	Standardfehler	Beta			Toleranz	VIF
1	(Konstante)	18,958	15,679		1,209	,227		
	Alter	3,390	,601	,267	5,642	,000	,689	1,451
	Geschlecht	-6,154	1,971	-,156	-3,121	,002	,618	1,619
	Größe	,495	,102	,238	4,845	,000	,641	1,559
	BMI_Perzentile	,198	,030	,272	6,578	,000	,906	1,104
	PWC_Watt/kg	-6,578	1,923	-,169	-3,421	,001	,633	1,581
	TV/PC	1,169	,579	,083	2,019	,044	,911	1,097

a. Abhängige Variable: sBD-Belastung

Modell 1b

Modell	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Signifikanz	Korrelationen			Kollinearitätsstatistik		
	B	Standardfehler	Beta			Nullter Ordnung	Partiell	Teil	Toleranz	VIF	
1	(Konstante)	31,333	11,939								
	Alter	1,343	,415	,172	3,238	,001	,264	,167	,152	,783	1,277
	Geschlecht	-,943	1,278	-,039	-,738	,461	-,160	-,039	-,035	,793	1,261
	Größe	,358	,076	,272	4,695	,000	,342	,239	,220	,654	1,529
	Eltern Rauchen	1,234	1,266	,048	,975	,330	,117	,051	,046	,892	1,121
	ElternNGÜG	,519	1,199	,021	,433	,666	,051	,023	,020	,942	1,062
	Bluthochdruck	5,410	1,193	,216	4,536	,000	,169	,231	,213	,972	1,028
	sozial	-2,152	1,360	-,083	-1,582	,115	-,129	-,083	-,074	,791	1,265
	ElternSportverhalten	-,671	1,432	-,024	-,468	,640	-,063	-,025	-,022	,849	1,178

a. Abhängige Variable: sBD-Ruhe

Modell	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Signifikanz	Korrelationen			Kollinearitätsstatistik		
	B	Standardfehler	Beta			Nullter Ordnung	Partiell	Teil	Toleranz	VIF	
	(Konstante)	7,349	18,607		,395	,693					
	Alter	3,171	,654	,249	4,848	,000	,351	,250	,220	,782	1,279
	Geschlecht	-2,329	1,994	-,059	-1,168	,244	-,181	-,062	-,053	,802	1,248
	Größe	,568	,119	,267	4,768	,000	,380	,246	,217	,656	1,523
	Eltern Rauchen	3,996	1,993	,096	2,005	,046	,174	,106	,091	,903	1,107
	ElternNGÜG	3,228	1,884	,080	1,714	,087	,116	,091	,078	,938	1,066
	Bluthochdruck	6,333	1,868	,156	3,389	,001	,100	,178	,154	,968	1,033
	sozial	-4,869	2,142	-,116	-2,273	,024	-,204	-,120	-,103	,792	1,263
1	ElternSportverhalten	-2,982	2,256	-,065	-1,322	,187	-,135	-,070	-,060	,842	1,187

a. Abhängige Variable: sBD-Belastung

Modell 2

Modell	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Signifikanz	Korrelationen			Kollinearitätsstatistik		
	B	Standardfehler	Beta			Nullter Ordnung	Partiell	Teil	Toleranz	VIF	
1	(Konstante)	31,945	11,890								
	Alter	1,518	,441	,199	3,444	,001	,260	,190	,168	,711	1,407
	Geschlecht	-2,372	1,481	-,101	-1,602	,110	-,159	-,090	-,078	,601	1,665
	Größe	,353	,076	,279	4,646	,000	,348	,252	,226	,659	1,518
	BMI_Perzentile	,087	,024	,199	3,682	,000	,251	,203	,179	,811	1,233
	PWC_Watt/kg	-2,720	1,563	-,111	-1,740	,083	,001	-,097	-,085	,580	1,723
	TV/PC	,081	,452	,009	,178	,859	,118	,010	,009	,860	1,163
	Eltern Rauchen	-1,034	1,310	-,041	-,789	,431	,049	-,044	-,038	,869	1,151
	ElternNGÜG	,653	1,238	,027	,527	,598	,100	,030	,026	,891	1,122
	Bluthochdruck	3,978	1,205	,165	3,302	,001	,145	,182	,161	,954	1,049
	sozial	-,812	1,470	-,032	-,552	,581	-,107	-,031	-,027	,724	1,382
	ElternSportverhalten	-1,404	1,460	-,052	-,962	,337	-,081	-,054	-,047	,825	1,212

a. Abhängige Variable: sBD-Ruhe

Modell	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Signifikanz	Korrelationen			Kollinearitätsstatistik		
	B	Standardfehler	Beta			Nullter Ordnung	Partiell	Teil	Toleranz	VIF	
1	(Konstante)	4,448	18,239								
	Alter	3,869	,676	,305	5,723	,000	,378	,306	,257	,711	1,407
	Geschlecht	-4,259	2,272	-,109	-1,875	,062	-,177	-,105	-,084	,601	1,665
	Größe	,513	,116	,243	4,402	,000	,384	,240	,198	,659	1,518
	BMI_Perzentile	,174	,036	,239	4,803	,000	,305	,260	,216	,811	1,233
	PWC_Watt/kg	-3,623	2,398	-,089	-1,511	,132	,020	-,085	-,068	,580	1,723
	TV/PC	,892	,694	,062	1,286	,200	,207	,072	,058	,860	1,163
	Eltern Rauchen	2,265	2,010	,054	1,127	,261	,172	,063	,051	,869	1,151
	ElternNGÜG	1,607	1,899	,040	,846	,398	,124	,047	,038	,891	1,122
	Bluthochdruck	4,746	1,848	,118	2,567	,011	,090	,143	,115	,954	1,049
	sozial	-3,516	2,255	-,082	-1,559	,120	-,208	-,087	-,070	,724	1,382
	ElternSportverhalten	-2,360	2,239	-,052	-1,054	,293	-,137	-,059	-,047	,825	1,212

a. Abhängige Variable: sBD-Belastung

Unabhängigkeit der Residuen

Modell 1a

Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers	Durbin-Watson-Statistik
1	,496 ^a	,246	,236	10,773	1,804

a. Einflußvariablen : (Konstante), TV/PC, PWC_Watt/kg, BMI_Perzentile, Alter, Größe, Geschlecht

b. Abhängige Variable: sBD-Ruhe

Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers	Durbin-Watson-Statistik
1	,559 ^a	,312	,303	16,463	2,042

a. Einflußvariablen : (Konstante), TV/PC, PWC_Watt/kg, BMI_Perzentile, Alter, Größe, Geschlecht

b. Abhängige Variable: sBD-Belastung

Modell 1b

Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers	Durbin-Watson-Statistik
1	,447 ^a	,200	,182	10,983	1,788

a. Einflußvariablen : (Konstante), ElternSportverhalten, Bluthochdruck, Geschlecht, ElternNGÜG, Alter, Eltern Rauchen, sozial, Größe

b. Abhängige Variable: sBD-Ruhe

Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers	Durbin-Watson-Statistik
1	,523 ^a	,274	,257	16,953	2,063

a. Einflußvariablen : (Konstante), ElternSportverhalten, Bluthochdruck, Geschlecht, Alter, ElternNGÜG, Eltern Rauchen, sozial, Größe

b. Abhängige Variable: sBD-Belastung

Modell 2

Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers	Durbin-Watson-Statistik
1	,498 ^a	,248	,222	10,405	1,861

a. Einflußvariablen : (Konstante), ElternSportverhalten, Bluthochdruck, Geschlecht, BMI_Perzentile, Alter, ElternNGÜG, Eltern Rauchen, TV/PC, sozial, Größe, PWC_Watt/kg

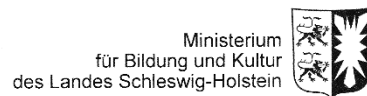
b. Abhängige Variable: sBD-Ruhe

Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers	Durbin-Watson-Statistik
1	,601 ^a	,361	,339	15,962	2,216

a. Einflußvariablen : (Konstante), ElternSportverhalten, Bluthochdruck, Geschlecht, BMI_Perzentile, Alter, ElternNGÜG, Eltern Rauchen, TV/PC, sozial, Größe, PWC_Watt/kg

b. Abhängige Variable: sBD-Belastung

Genehmigung Ministerium für Bildung und Kultur des Landes Schleswig-Holstein



Ministerium für Bildung und Kultur |
Postfach 7124 | 24171 Kiel

Frau
Claudia Hacke
Institut für Sportwissenschaft, Sportmedizin
Olshausenstraße 74
24098 Kiel

Ihr Zeichen: /
Ihre Nachricht vom: /
Mein Zeichen: III 406
Meine Nachricht vom: /

Telefon: 0431 988-2319
Telefax: 0431 988-613-2319

Wissenschaftliche Untersuchungen an Schulen des Landes Schleswig-Holstein

Sehr geehrte Frau Hacke,

die zuständige Schulaufsicht hat Ihrem Antrag zur Durchführung einer Befragung und der sportmedizinischen Untersuchung von Kindern und Jugendlichen zugestimmt.

Hiermit genehmige ich das Vorhaben unter dem Vorbehalt, dass die Bestimmungen der §§ 32 und 63 Abs. 2 Nr. 4 des Schleswig-Holsteinischen Schulgesetzes (vgl. Anlage) entsprechend eingehalten werden. Dies Schreiben dient gleichzeitig zur Vorlage in den Schulen.

Da die Untersuchungsergebnisse des von Ihnen geplanten Projekts auch für das Bildungsministerium von Interesse sein könnten, bitte ich nach Abschluss der Arbeiten um Übersendung der Ergebnisauswertung.

Mit freundlichen Grüßen



1 Anlage

Anschreiben Schule

Sehr geehrte/-r Frau/Herr _____,

zunächst möchte ich mich herzlich für Ihre Aufgeschlossenheit bezüglich meines Projektes bedanken.

Wussten Sie: Ein Bluthochdruck ist besonders bei Kindern und Jugendlichen ein wichtiger Risikofaktor für Herz-Kreislauf-Erkrankungen! Dennoch ist die Forschungslage dazu bisher unbefriedigend – und das obwohl die Hypertonie auch in Deutschland längst keine Erkrankung des Erwachsenen mehr ist. Ich widme mich diesem Thema in einem Forschungsprojekt der Abteilung Sportmedizin des Instituts für Sportwissenschaft an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. Die Studie schließt an meine Magisterarbeit an. Deren Untersuchungsergebnisse hat die Deutsche Hochdruckliga im November 2009 prämiert. Diese Tatsache ist einmal mehr der Grund dafür, die Forschung auf diesem Gebiet fortzusetzen.

Gesundheitliche Beschwerden infolge eines Bluthochdrucks werden oft erst nach Jahren erkennbar und einhergehende Folgeerkrankungen im fortgeschrittenen Alter manifest. In Anbetracht dieser Tatsache sollte die Diagnostik bzw. Prävention frühzeitig einsetzen. Erschwerend kommt hinzu, dass die Wurzeln des Bluthochdrucks nicht selten in der Kindheit liegen. Aufgrund dessen geht die frühe Diagnose in jedem Fall mit einem hohen Risiko für die Entwicklung einer späteren Hochdruckkrankheit einher. Da aus hypertensiven Kindern auch hypertensive Erwachsene werden, besteht die Notwendigkeit diesem Problem in Zukunft mehr Aufmerksamkeit zu schenken.

Das Promotionsvorhaben hat zum Ziel, den Forschungsstand zum Blutdruck im Kindes- und Jugendalter zu erweitern. Deshalb möchte ich Kinder und Jugendliche von 12-17 Jahren im Raum Kiel *einmalig* (sport-)medizinisch untersuchen und befragen. Die Studie umfasst somit etwa die Klassenstufen 7-11. Mit einem Fragebogen zur Familienanamnese und -situation werden auch die Eltern der Schüler und Schülerinnen in die Studie involviert. Das Forschungsprojekt ist vom Ministerium für Bildung und Kultur des Landes Schleswig-Holstein genehmigt worden. Die ersten Zwischenergebnisse wurden von der Deutschen Hochdruckliga erneut ausgezeichnet.

Die Blutdruckmessungen gewähren in ihrer Gesamtheit erstmals Aufschluss über das aktuelle Blutdruckniveau unserer Kinder und Jugendlichen. Ein hoher methodischer Anspruch ergibt sich aus der geplanten Konzeption von Normwerten für den Blutdruck im Kindes- und Jugendalter, da diese bislang bundesweit fehlen. Anhand der Daten

soll ein neuartiges Referenzsystem entwickelt werden, welches sich zur Risikostratifizierung gesundheitlich gefährdeter Kinder und Jugendlicher eignet. Da die frühzeitige Erfassung von Risikokindern zur Prävention gesundheitlicher Spätfolgen im Erwachsenenalter beiträgt, stellt dies das übergeordnete Ziel der Studie dar. Meinem Promotionsvorhaben kommt damit eine hohe Relevanz für die präventive Medizin zu. Die Studie trägt wesentlich zur Aufklärung eines Risikoprofils bei, welches in hohem Maße prognostisch bedeutsam für die spätere Gesundheit unserer Kinder und Jugendlichen ist.

Um die Forschung zum Krankheitsbild der arteriellen Hypertonie im Kindes- und Jugendalter voranzutreiben, bin ich auf die Unterstützung von Schulen im Raum Kiel angewiesen. Das Ziel besteht darin eine möglichst große im Vergleich zur Gesamtbevölkerung repräsentative Stichprobe zu erhalten, die Kinder und Jugendliche verschiedener Schulformen umfasst. Zur Rekrutierung der Probanden hoffe ich daher auch auf die Kooperation mit_____. Mit der Teilnahme am Forschungsprojekt beteiligt sich Ihre Schule an der positiven Zukunftsgestaltung unserer jungen Bevölkerung und unterstützt gleichzeitig die Forschung auf dem Gebiet der Pädiatrie. Eltern und Kind profitieren zweifellos von der Teilnahme am Forschungsprojekt. Aus diesem Grund wäre es umso erfreulicher für mich, wenn Sie mit Ihrer Zustimmung die Grundlage für die Realisierung der Studie schaffen. Um Sie umfassend über Zweck und Ablauf der Studie und der damit verbundenen Untersuchung zu informieren, bitte ich Sie um ein persönliches Treffen in Ihrem Hause. Sehr gerne würde ich Sie und das Kollegium für mein Vorhaben begeistern.

Weitere Informationen finden Sie im Internet unter www.blutdruckstudie-iss.jimdo.com. Ich danke Ihnen schon jetzt recht herzlich für Ihr Interesse, Engagement und Ihre Teilnahme am Forschungsprojekt.

Mit freundlichem Gruß,

Claudia Hacke

Anschreiben Eltern

Guten Tag, liebe Eltern,

wussten Sie: Ein Bluthochdruck ist besonders bei Kindern und Jugendlichen ein wichtiger Risikofaktor für Herz-Kreislauf-Erkrankungen! Dennoch ist die Forschungslage dazu bisher unbefriedigend – und das obwohl die Hypertonie auch in Deutschland längst keine Erkrankung des Erwachsenen mehr ist. Ich widme mich diesem Thema in einem Forschungsprojekt der Abteilung Sportmedizin des Instituts für Sportwissenschaft an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. Die Studie schließt an meine Magisterarbeit an. Deren Untersuchungsergebnisse hat die Deutsche Hochdruckliga im November 2009 prämiert. Diese Tatsache ist einmal mehr der Grund dafür, die Forschung auf diesem Gebiet fortzusetzen.

Das Promotionsvorhaben hat zum Ziel, den Forschungsstand zum Blutdruck im Kindes- und Jugendalter zu erweitern. Deshalb möchte ich Kinder und Jugendliche von 12-17 Jahren im Raum Kiel *einmalig* (sport-)medizinisch untersuchen und befragen. Um aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten, sind Angaben zur Familienanamnese von Bedeutung. Aufgrund dessen wird Ihnen ein Elternfragebogen über Ihr Kind ausgehändigt. Einzelheiten dazu finden Sie in dem beiliegenden Informationsblatt und der Broschüre.

Die Blutdruckmessungen gewähren in ihrer Gesamtheit erstmals Aufschluss über das aktuelle Blutdruckniveau unserer Kinder und Jugendlichen. Anhand der Daten soll ein neuartiges Referenzsystem konzipiert werden, welches sich zur Risikostratifizierung gesundheitlich gefährdeter Kinder und Jugendlicher eignet. Da die frühzeitige Erfassung von Risikokindern zur Prävention gesundheitlicher Spätfolgen im Erwachsenenalter beiträgt, stellt dies das übergeordnete Ziel der Studie dar.

Um die Forschung zum Krankheitsbild der Hypertonie im Kindes- und Jugendalter voranzutreiben, bin ich auf Ihre Hilfe und Unterstützung angewiesen. Das Ziel besteht darin eine möglichst große im Vergleich zur Gesamtbevölkerung repräsentative Stichprobe zu erhalten. Die Schulleitung _____ hat die Untersuchung im Dienste der Wissenschaft genehmigt. Ihre Zustimmung bildet

die Grundlage für die gesamte Realisierung des Projekts. Auf diese Weise wird Ihrem Kind eine kostenlose und individuelle Blutdruckdiagnostik ermöglicht. Mit Ihrer Einwilligung erhalten Sie Auskunft über den Gesundheitszustand Ihres Kindes und gestatten der noch unzulänglichen Forschung zu diesem Thema einen wichtigen Erkenntnisgewinn. Nicht zuletzt geben Sie den bedeutsamen und lebenswichtigen Anstoß in Richtung eines gesundheitsfördernden Verhaltens für Ihre ganze Familie.

Alle Daten unterliegen der Schweigepflicht und werden anonym verarbeitet. Auf Wunsch teile ich Ihnen die Ergebnisse Ihres Kindes mit. Es besteht die Möglichkeit diese auf der eigens für die Studie erstellten Homepage (www.blutdruckstudie-iss.jimdo.com) einzusehen. Auf diese Weise kann sich Ihre Familie problemlos über die Ergebnisse informieren. Selbstverständlich kann auch per Email Auskunft erteilt werden. Dazugehörige Informationen befinden sich in der Broschüre unter „Ablauf und wichtige Informationen“.

Mit Ihrer Fürsprache zur Teilnahme Ihres Kindes starten die Untersuchungen in der Woche ab _____. Frau/Herr _____ wird mich als Sportlehrer/-in Ihres Kindes unterstützen. Ich freue mich, wenn Sie die Untersuchung im Sinne der Prävention und Aufklärung des Krankheitsbildes befürworten.

Ich bitte Sie um Rückgabe der beigelegten Einverständniserklärung bis spätestens _____.

Ich danke Ihnen schon jetzt recht herzlich für Ihr Interesse, Engagement und Ihre Teilnahme am Forschungsprojekt.

Vielen Dank.

Mit freundlichem Gruß,

Claudia Hacke

Einwilligungserklärung der Eltern

Einwilligungserklärung

Liebe Eltern!

Die Abteilung Sportmedizin des Instituts für Sportwissenschaft der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel führt eine wissenschaftliche Untersuchung zum Gesundheitsrisiko bei Kindern und Jugendlichen – Schwerpunkt Blutdruck – durch. Wir möchten bei Kindern und Jugendlichen anhand weniger und nicht aufwendiger sportmedizinischer Messungen und Befragungen das aktuelle Gesundheitsrisiko, respektive das Blutdruckniveau erfassen. Eine Auflistung der von uns durchgeführten Messungen finden Sie auf der folgenden Seite.

Ich bitte Sie, diese Einwilligungserklärung vollständig auszufüllen und Ihrer/Ihrem Tochter/Sohn in die Schule bis spätestens _____ mitzugeben – auch wenn Sie mit der Teilnahme an der Studie nicht einverstanden sind! Während des Untersuchungszeitraums dürfen keine gesundheitlichen Einschränkungen bei Ihrem Kind vorliegen.

Sollten Sie Fragen zur Studie haben, wenden Sie sich bitte an:

Claudia Hacke, Sportwissenschaftlerin M.A.

Email: c.hacke@email.uni-kiel.de

Weitere Informationen finden Sie im Internet: www.blutdruckstudie-iss.jimdo.com

Herzlichen Dank!

Einwilligungserklärung

Hiermit erkläre ich mich mit der Untersuchung meines Kindes

_____ (Vor- und Zuname)

im Rahmen der oben genannten Studie einverstanden nicht einverstanden.

Bezüglich der Teilnahme am Sportunterricht bestehen keine Einschränkungen.

Hinweis: _____

Das Institut verpflichtet sich, die Daten vertraulich zu behandeln und die Vorschriften des Landesdatenschutzgesetzes zu beachten. In diesem Zusammenhang erlaube ich dem Institut, Daten zu meinem Kind und meiner Familie für die vorliegende wissenschaftliche Untersuchung *anonym* zu verarbeiten. Diese Einwilligung ist freiwillig und kann von mir jederzeit widerrufen werden.

_____, den _____

Ort, Datum

Unterschrift Erziehungsberechtigte(r)

Auflistung der Daten

Im Folgenden werden die Daten aufgelistet, die vom Institut erhoben werden. Es ist dem Institut nicht gestattet weitere Daten, die hier nicht aufgelistet werden, zu erheben.

NUR ZUR INFORMATION!

Daten der **Messungen**, die an Ihrem Kind durchgeführt werden:

- Alter
- Geschlecht
- Messung der Körpergröße, Körpergewicht, Taillenumfang
- Messung des Ruheblutdrucks
- Messung des Belastungsblutdrucks und der Herzfrequenz
- Messung der körperlichen Fitness/körperlichen Leistungsfähigkeit

Daten der **Fragebögen**, die von Ihrem Kind ausgefüllt werden:

- Kenngrößen zur körperlichen Aktivität
- Kenngrößen zum Ernährungsverhalten
- Kenngrößen zu Lebensgewohnheiten

Daten des **Fragebogens**, der von Ihnen ausgefüllt wird:

- Email-Adresse (nur wenn Mitteilung der Daten per Email gewünscht wird)
- Alter, Körpergröße, Körpergewicht der leiblichen Eltern
- Kenngrößen zur Familiensituation
- Erkrankungen in der Familie
- Kenngrößen zu Freizeit- und Lebensgewohnheiten

Aktivitätsfragebogen

Codierung: _____

Datum: _____

I. Körperlich sportliche Aktivität allgemein

Körperliche Aktivitäten schließen alle Tätigkeiten ein, bei denen das Herz schneller schlägt und du für einige Zeit außer Atem kommst. Zu den körperlichen Aktivitäten zählen beispielsweise Sport, Spielen mit Freunden oder der Fußweg zur Schule. Einige Beispiele hierfür sind: Laufen, anstrengendes Wandern, Rollschuh fahren, Rad fahren, Tanzen, Skateboarden, Schwimmen, Basketball, Fußball spielen, Surfen . . .

Frage 1 und 2 beziehen sich auf die gesamte Zeit, die du jeden Tag körperlich aktiv bist. Zähle die gesamte Zeit zusammen, die du jeden Tag mit körperlichen Aktivitäten verbringst, (den Sportunterricht in der Schule nicht mit eingeschlossen).

1. An wie vielen der letzten sieben Tage warst du für mindestens 60 min am Tag körperlich aktiv?

0 Tage 1 2 3 4 5 6 7 Tage

2. An wie vielen Tagen einer normalen Woche bist du für mindestens 60 min am Tag körperlich aktiv?

0 Tage 1 2 3 4 5 6 7 Tage

II. Sportliche Aktivität in der Schule

3. An wie vielen Tagen (pro Woche) hast du Sportunterricht in der Schule?

5x 4x 3x 2x 1x nie
pro Woche pro W. pro W. pro W. pro W.

4. Wie viele Unterrichtsstunden (à 45 min) pro Woche sind das in der Regel zusammen?

_____ Unterrichtsstunden (à 45 min)/Woche

5. Wie sehr strengst du dich dabei in der Regel an? *(Bitte kreuze nur eine Antwort an)*
- ohne zu schwitzen und ohne Kurzatmigkeit/schnaufen
 etwas schwitzen und etwas Kurzatmigkeit/schnaufen
 viel schwitzen und Kurzatmigkeit/schnaufen

6. Bist du in einer Sport-AG (z. B. Volleyball AG, Fußball AG...)?
- Nein (weiter bei Frage 9). Ja (weiter bei Frage 7).

7. In welcher AG bist Du?

8. Wie viele Unterrichtsstunden (à 45 min) pro Woche sind das in der Regel zusammen?

_____ Unterrichtsstunden (à 45 min)/Woche

III. Körperliche Aktivität im Alltag

9. Wie kommst du meistens zur Schule? *(Bitte kreuze nur eine Antwort an)*

zu Fuß

Wie viele Minuten brauchst du für eine Strecke ohne Rückweg? _____ Minuten

mit dem Fahrrad

Wie viele Minuten brauchst du für eine Strecke ohne Rückweg? _____ Minuten

mit dem Bus oder der Bahn

mit dem Auto

mit dem Mofa, Motorrad, Roller

10. Wie häufig spielst du pro Woche in der Regel im Freien (z. B. Fangen spielen, Spielplatz, Fußball, Inline-Skates, ins Schwimmbad gehen . . .)?

täglich 6x 5x 4x 3x 2x 1x nie

pro Woche pro W. pro W. pro W. pro W. pro W. pro W.

11. Wie groß ist die Entfernung, die du täglich zu Fuß gehst?

Ich gehe fast nie zu Fuß (nur im Haus).....

Ich gehe weniger als einen km/Tag zu Fuß.....

Ich gehe 1-2 km/Tag zu Fuß (15 bis 30 min pro Tag).....

Ich gehe 3-5 km/Tag zu Fuß (30 bis 60 min pro Tag).....

Ich gehe 6-9 km/Tag zu Fuß (1 bis 2h pro Tag).....

Ich gehe 10 km und mehr am Tag zu Fuß (mehr als 2 h pro Tag).....

12. Wie viele Stunden pro Tag verbringst du vor dem Fernseher bzw. Computer?

_____ Stunden pro Tag

IV. Sportliche Aktivität in der Freizeit organisiert in einem Verein

<p>13. Bist du Mitglied in einem <u>Sportverein</u>? (Bitte kreuze nur eine Antwort an)</p> <p><input type="checkbox"/> Ja, ich bin derzeit Mitglied in einem Sportverein.</p> <p><input type="checkbox"/> Ja, ich bin derzeit Mitglied in mehreren Sportvereinen: _____ (Anzahl)</p> <p><input type="checkbox"/> Ich war früher Mitglied in einem Sportverein, aber jetzt nicht mehr (weiter bei Frage 19).</p> <p><input type="checkbox"/> Nein, ich war noch nie Mitglied in einem Sportverein (weiter bei Frage 19).</p>				
14. Welche Sportart(en) betreibst du im Verein?	15. Wie häufig betreibst du die jeweilige Sportart pro Woche (<u>im Verein</u>)	16. Wie lange dauert das Training (ohne Wegzeit, Umziehen, Duschen)?	17. In welchen Monaten führst du die jeweilige Sportart aus?	18. Wie sehr strengst du dich bei der jeweiligen Sportart in der Regel an? (Bitte kreuze nur eine Antwort an)
a. _____ (Sportart)	_____ mal pro Woche	_____ min pro Training	<input type="checkbox"/> Januar <input type="checkbox"/> Juli <input type="checkbox"/> Februar <input type="checkbox"/> August <input type="checkbox"/> März <input type="checkbox"/> September <input type="checkbox"/> April <input type="checkbox"/> Oktober <input type="checkbox"/> Mai <input type="checkbox"/> November <input type="checkbox"/> Juni <input type="checkbox"/> Dezember	<input type="checkbox"/> ohne zu schwitzen und ohne Kurzatmigkeit/schnaufen <input type="checkbox"/> etwas schwitzen und etwas Kurzatmigkeit/schnaufen <input type="checkbox"/> viel schwitzen und Kurzatmigkeit/schnaufen
b. _____ (Sportart)	_____ mal pro Woche	_____ min pro Training	<input type="checkbox"/> Januar <input type="checkbox"/> Juli <input type="checkbox"/> Februar <input type="checkbox"/> August <input type="checkbox"/> März <input type="checkbox"/> September <input type="checkbox"/> April <input type="checkbox"/> Oktober <input type="checkbox"/> Mai <input type="checkbox"/> November <input type="checkbox"/> Juni <input type="checkbox"/> Dezember	<input type="checkbox"/> ohne zu schwitzen und ohne Kurzatmigkeit/schnaufen <input type="checkbox"/> etwas schwitzen und etwas Kurzatmigkeit/schnaufen <input type="checkbox"/> viel schwitzen und Kurzatmigkeit/schnaufen
c. _____ (Sportart)	_____ mal pro Woche	_____ min pro Training	<input type="checkbox"/> Januar <input type="checkbox"/> Juli <input type="checkbox"/> Februar <input type="checkbox"/> August <input type="checkbox"/> März <input type="checkbox"/> September <input type="checkbox"/> April <input type="checkbox"/> Oktober <input type="checkbox"/> Mai <input type="checkbox"/> November <input type="checkbox"/> Juni <input type="checkbox"/> Dezember	<input type="checkbox"/> ohne zu schwitzen und ohne Kurzatmigkeit/schnaufen <input type="checkbox"/> etwas schwitzen und etwas Kurzatmigkeit/schnaufen <input type="checkbox"/> viel schwitzen und Kurzatmigkeit/schnaufen
d. _____ (Sportart)	_____ mal pro Woche	_____ min pro Training	<input type="checkbox"/> Januar <input type="checkbox"/> Juli <input type="checkbox"/> Februar <input type="checkbox"/> August <input type="checkbox"/> März <input type="checkbox"/> September <input type="checkbox"/> April <input type="checkbox"/> Oktober <input type="checkbox"/> Mai <input type="checkbox"/> November <input type="checkbox"/> Juni <input type="checkbox"/> Dezember	<input type="checkbox"/> ohne zu schwitzen und ohne Kurzatmigkeit/schnaufen <input type="checkbox"/> etwas schwitzen und etwas Kurzatmigkeit/schnaufen <input type="checkbox"/> viel schwitzen und Kurzatmigkeit/schnaufen

V. Sportliche Aktivität in der Freizeit außerhalb des Vereins				
19. Betreibst du sonst irgendeine Sportart <u>außerhalb des Vereins</u> ?				
<input type="checkbox"/> Nein (Fragebogen beendet) <input type="checkbox"/> Ja (weiter bei Frage 20)				
20. Welche Sportart(en) betreibst du außerhalb des Vereins?	21. Wie häufig betreibst du die jeweilige Sportart pro Woche (<u>außerhalb des Vereins?</u>)	22. Wie viele Minuten sind das in der Regel pro Woche (ohne Wegzeit, Umziehen, Duschen)?	23. In welchen Monaten führst du die jeweilige Sportart aus?	24. Wie sehr strengst du dich bei der jeweiligen Sportart in der Regel an? (<i>Bitte kreuze nur eine Antwort an</i>)
a. _____ (Sportart)	_____mal pro Woche	_____min pro Woche	<input type="checkbox"/> Januar <input type="checkbox"/> Juli <input type="checkbox"/> Februar <input type="checkbox"/> August <input type="checkbox"/> März <input type="checkbox"/> September <input type="checkbox"/> April <input type="checkbox"/> Oktober <input type="checkbox"/> Mai <input type="checkbox"/> November <input type="checkbox"/> Juni <input type="checkbox"/> Dezember	<input type="checkbox"/> ohne zu schwitzen und ohne Kurzatmigkeit/schnaufen <input type="checkbox"/> etwas schwitzen und etwas Kurzatmigkeit/schnaufen <input type="checkbox"/> viel schwitzen und Kurzatmigkeit/schnaufen
b. _____ (Sportart)	_____mal pro Woche	_____min pro Woche	<input type="checkbox"/> Januar <input type="checkbox"/> Juli <input type="checkbox"/> Februar <input type="checkbox"/> August <input type="checkbox"/> März <input type="checkbox"/> September <input type="checkbox"/> April <input type="checkbox"/> Oktober <input type="checkbox"/> Mai <input type="checkbox"/> November <input type="checkbox"/> Juni <input type="checkbox"/> Dezember	<input type="checkbox"/> ohne zu schwitzen und ohne Kurzatmigkeit/schnaufen <input type="checkbox"/> etwas schwitzen und etwas Kurzatmigkeit/schnaufen <input type="checkbox"/> viel schwitzen und Kurzatmigkeit/schnaufen
c. _____ (Sportart)	_____mal pro Woche	_____min pro Woche	<input type="checkbox"/> Januar <input type="checkbox"/> Juli <input type="checkbox"/> Februar <input type="checkbox"/> August <input type="checkbox"/> März <input type="checkbox"/> September <input type="checkbox"/> April <input type="checkbox"/> Oktober <input type="checkbox"/> Mai <input type="checkbox"/> November <input type="checkbox"/> Juni <input type="checkbox"/> Dezember	<input type="checkbox"/> ohne zu schwitzen und ohne Kurzatmigkeit/schnaufen <input type="checkbox"/> etwas schwitzen und etwas Kurzatmigkeit/schnaufen <input type="checkbox"/> viel schwitzen und Kurzatmigkeit/schnaufen
d. _____ (Sportart)	_____mal pro Woche	_____min pro Woche	<input type="checkbox"/> Januar <input type="checkbox"/> Juli <input type="checkbox"/> Februar <input type="checkbox"/> August <input type="checkbox"/> März <input type="checkbox"/> September <input type="checkbox"/> April <input type="checkbox"/> Oktober <input type="checkbox"/> Mai <input type="checkbox"/> November <input type="checkbox"/> Juni <input type="checkbox"/> Dezember	<input type="checkbox"/> ohne zu schwitzen und ohne Kurzatmigkeit/schnaufen <input type="checkbox"/> etwas schwitzen und etwas Kurzatmigkeit/schnaufen <input type="checkbox"/> viel schwitzen und Kurzatmigkeit/schnaufen



Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Philosophische Fakultät

**Institut für Sportwissenschaft
Abteilung Sportmedizin
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel**

Schülerfragebogen

– Erfassung der Lebens- und Ernährungsgewohnheiten –

Codierung: _____

Datum: _____

Alle Angaben auf diesem Fragebogen sind freiwillig. Bitte beantworte möglichst alle Fragen. Es gibt keine richtigen oder falschen Antworten. Die Daten werden vertraulich behandelt, die Auswertung erfolgt anonym.

1. Wie häufig hast du in den letzten 6 Monaten folgende Lebensmittel zu dir genommen? (Bitte setze ein Kreuz in das entsprechende Kästchen)

	täglich	mehrmals pro Woche	etwa 1x pro Woche	weniger oder nie
Vollkornbrot, Schwarzbrot				
Weißbrot, Mischbrot				
Nussnougatcreme („Nutella“ etc.)				
Marmelade, Honig				
Cornflakes, Smacks, Schoko-Pops etc.				
Müsli				
Käse oder Quark (auch Frischkäse)				
Fleisch				
Wurst /Schinken				
Frisches Obst				
Gemüse, Salat				
Nudeln (jede Form und Farbe)				
Kartoffeln, Reis				
Süßigkeiten, Kuchen, Kekse				
Salziges Gebäck (z. B. Chips, Erdnüsse)				
Limonaden (z. B. Cola, Fanta, Sprite)				
Joghurt				
Pommes Frites				
Fisch				
Pizza				
Currywurst				
Frikadellen				

2. Wie viele **verschiedene Portionen Obst** isst du am Tag? (1 Portion entspricht der Größe deiner Hand, z. B. Apfelsine, Apfel, Mandarine, Banane, Kiwi, Birne, Pfirsich, Nektarine, Handvoll Kirschen, Handvoll Erdbeeren etc.)

1x 2x 3x 4x 5x nicht täglich

3. Wie viele **verschiedene Portionen Gemüse** isst du am Tag? (1 Portion=eine Handvoll, z. B. Möhren, Paprika, Tomaten, Brokkoli, Erbsen, Bohnen, Linsen, Kohlrabi, Spinat, Pilze, Salat)

1x 2x 3x 4x 5x nicht täglich

4. Trinkst du Alkohol? nie 1x im Monat 2-3x im Monat
1-2x pro Woche öfter pro Woche täglich

5. Rauchst du? nein ja, Anzahl der Zigaretten pro Tag:_____

Elternfragebogen

– Erfassung der Familiensituation und Familienanamnese –

Codierung: _____

Datum: _____

Liebe Eltern,
alle Angaben auf diesem Fragebogen sind freiwillig. Bitte beantworten Sie möglichst alle Fragen. Es gibt keine richtigen oder falschen Antworten. Die Daten werden vertraulich behandelt, die Auswertung erfolgt anonymisiert.

1. Zunächst bitten wir Sie um einige Angaben zur Familiensituation:

1.1 Wer füllt diesen Fragebogen aus? Mutter Vater1.2 Ernährungszustand leiblicher Eltern:

a) Mutter: Alter: _____Jahre

b) Vater: Alter: _____Jahre

Größe: _____cm

Größe: _____cm

Gewicht: _____kg

Gewicht: _____kg

1.3 Welchen Schulabschluss haben Sie? _____

1.4 Welchen Schulabschluss hat Ihr/e Ehe-/Lebenspartner/-in? _____

1.5 Haben Sie eine abgeschlossene Berufsausbildung? nein ja1.6 Hat Ihr/e Ehe-/Lebenspartner/-in eine Berufsausbildung? nein ja1.7 Sind Sie momentan berufstätig? nein ja1.8 Ist Ihr/e Ehe-/Lebenspartner/-in momentan berufstätig? nein ja

2. Fragen zur Lebensweise und zu Erkrankungen in Ihrer Familie:

2.1 Trinken Sie Alkohol? nie 1x im Monat 2-3x im Monat1-2x pro Woche öfter pro Woche täglich2.2 Trinkt Ihr Ehe-/Lebenspartner/-in Alkohol? nie 1x im Monat2-3x im Monat 1-2x pro Wocheöfter pro Woche täglich2.3 Rauchen Sie? nein ja, Anzahl Zigaretten: _____/Tag2.4 Raucht Ihr Ehe-/Lebenspartner/-in? nein ja, Anzahl Zigaretten: _____/Tag

2.5 Hat ein Arzt bei Ihnen (*leibliche* Mutter bzw. *leiblicher* Vater) oder Ihren Angehörigen (*leibliche* Großeltern) eine der folgenden Erkrankungen/Risiken festgestellt?

	leibliche Mutter	leiblicher Vater	leibliche Großeltern
erhöhtes Cholesterin (Fettstoffwechselstörung)	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> weiß nicht	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> weiß nicht	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> weiß nicht
erhöhter Blutdruck (Bluthochdruck)	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> weiß nicht	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> weiß nicht	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> weiß nicht
Zuckerkrankheit (Diabetes)	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> weiß nicht	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> weiß nicht	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> weiß nicht
Übergewicht	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> weiß nicht	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> weiß nicht	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> weiß nicht
Koronare Herzkrankheit (Arteriosklerose)	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> weiß nicht	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> weiß nicht	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> weiß nicht
Herzinfarkt	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> weiß nicht	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> weiß nicht	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> weiß nicht
Schlaganfall	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> weiß nicht	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> weiß nicht	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> weiß nicht

2.6 Wie schätzen Sie Ihre eigene körperliche Aktivität ein?

wenig aktiv/inaktiv mittelmäßig aktiv aktiv

2.7 Treiben Sie Sport?

ja Sportart(en): _____
Stunden pro Woche: _____

nein

2.8 Treibt Ihr Ehe-/Lebenspartner Sport?

ja Sportart(en): _____
Stunden pro Woche: _____

nein

Bitte kreuzen Sie an:

Ich möchte von den Untersuchungsergebnissen meines Kindes in Kenntnis gesetzt werden.

über die Internetseite (passwortgeschützter Teilnehmerbereich)

Im „Teilnehmerbereich“ werden die Messergebnisse aller untersuchten Schüler der Schule Ihres Kindes (in tabellarischer anonymer bzw. codierter Form mit kurzer Auswertung) als Datei zum Download zur Verfügung gestellt

per Email

Emailadresse (in Druckbuchstaben): _____

Ich möchte von den Untersuchungsergebnissen meines Kindes nicht in Kenntnis gesetzt werden.

Bitte geben Sie Ihrem Kind den ausgefüllten Fragebogen innerhalb der nächsten 2 Wochen in die Schule mit! Das Blatt mit dem Zugangspasswort für die Homepage behalten Sie.

Vielen Dank für Ihre Unterstützung!



Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Philosophische Fakultät

**Institut für Sportwissenschaft
Abteilung Sportmedizin
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel**

Testerfassungsbogen

Codierung: _____

Datum: _____ Uhrzeit: _____

Schule: _____

Alter: _____

Geschlecht: männlich weiblich

Körpergröße: _____ cm

BMI: _____ kg/m² (P.)

Körpergewicht: _____ kg

Taillenumfang: _____ cm ()

Ruheherzfrequenz: _____ Schläge/Minute

Ruheblutdruck: Messung 1: _____ mmHg

Messung 2: _____ mmHg (P.)

Messung 3: _____ mmHg

Testprotokoll PWC 170

Datum:

Grundlast: 0,5-1Watt/kg KG

Laststufe: 0,5W/kg

Stufendauer: 3min.

	Herzfrequenz			RR
	1'	2'	3'	
Watt				
Watt				
Watt				
Watt				
Watt				

PWC 170 bei _____ Watt = _____ Watt/kg Körpergewicht Bewertung: _____

 Abbruch: Schwindel
 HF
 Atemnot Erschöpfung RRsys>250mmHg und/oder RRdia>120mmHg

Lebenslauf

<i>Name</i>	Claudia Hacke
<i>Geburtsdatum</i>	20.01.1986
<i>Geburtsort</i>	Rathenow
<i>Nationalität</i>	deutsch
<i>1992 - 1998</i>	Grundschule Geschwister-Scholl, Rathenow
<i>1998 - 2005</i>	Friedrich-Ludwig-Jahn Gymnasium, Rathenow
<i>2005</i>	Allgemeine Hochschulreife am Friedrich-Ludwig-Jahn Gymnasium, Rathenow
<i>Oktober 2005 - Mai 2010</i>	Studium der Fächer Sportwissenschaften, Psychologie und Ökotoxikologie an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
<i>Mai 2010</i>	Studienabschluss durch Erlangung des Grades eines Magistra Artium (M.A.) der Philosophischen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
<i>ab Juni 2010</i>	Promotion am Institut für Sportwissenschaft an der Philosophischen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
<i>Januar 2011 - Juli 2013</i>	Stipendium der FAZIT-STIFTUNG
<i>Juli 2014</i>	Abschluss der Promotion durch Erlangung des Doktorgrades der Philosophischen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel