

**Jahreszeitliche Variation des immunsuppressiven Hormons  
Cortisol und des Entzündungsmarkers C-reaktives Protein (CRP)**

**im Vergleich:**

**Eine Längsschnittstudie an älteren und jüngeren Erwachsenen  
zum Entzündungsaltern**

**Dissertation**

**zur Erlangung des Doktorgrades der Mathematisch-  
Naturwissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrechts-  
Universität zu Kiel**

**Vorgelegt von Lisa Steffens**

**Kiel, 2020**

Erste Gutachterin:

Zweiter Gutachter:

Tag der mündlichen Prüfung:

Prof. Dr. Manuela Dittmar

Prof. Dr. Thomas Roeder

17.06.2020

# Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis .....	vi
Abbildungsverzeichnis .....	viii
Tabellenverzeichnis.....	xiv
1 Einleitung .....	1
1.1 Chronobiologie und biologische Rhythmen .....	1
1.1.1 Uhrengene .....	2
1.2 Hormonsystem und Cortisol.....	3
1.3 Haare.....	7
1.4 Immunsystem und C-reaktives Protein.....	9
1.4.1 C-reaktives Protein .....	11
1.5 Circannualer Rhythmus von Cortisol, CRP, weiteren Immunparametern und Uhrengenen .....	15
1.6 Körperzusammensetzung.....	17
1.7 Sonneneinstrahlung .....	17
1.8 Zusammenführung.....	18
1.9 Körpertemperatur.....	20
1.10 Altern .....	21
1.11 Entzündungsaltern .....	25
2 Zielsetzung .....	27
3 Probanden.....	30
3.1 Rekrutierung .....	30
3.2 Ein- und Ausschlusskriterien.....	31
4 Materialien .....	33
5 Methoden.....	35
5.1 Studiendesign und Durchführung .....	35
5.2 Fragebögen .....	37
5.3 Tagesprotokoll .....	39

5.4	Bestimmung der Cortisolkonzentration.....	39
5.5	Bestimmung der Konzentration des C-reaktiven Proteins .....	43
5.6	Aktigrafie.....	45
5.7	Sonneneinstrahlung .....	48
5.8	Messung der circadianen Rhythmik der Hauttemperatur .....	50
5.9	Anthropometrie und Bioimpedanzanalyse .....	51
5.10	Statistische Methoden.....	56
6	Ergebnisse .....	58
6.1	Deskriptive Kennzeichen der Probandinnen .....	58
6.1.1	Zusammensetzung und Altersverteilung des Kollektivs .....	58
6.1.2	Aufgetretene Krankheiten des Probandinnenkollektivs.....	59
6.1.3	Anthropometrische Merkmale und Körperzusammensetzung.....	60
6.1.3.1	Körperzusammensetzung .....	64
6.1.4	Allgemeine Kennzeichen des Probandinnenkollektivs .....	66
6.1.5	Gruppenunterschiede in Bezug auf Morgen- und Abendpräferenz und subjektive Tagesschläfrigkeit .....	71
6.1.6	Gruppenunterschiede in Bezug auf die subjektive Schlafqualität.....	75
6.1.7	Gruppenunterschiede in Bezug auf die Erfassung des Stresslevels .....	83
6.2	Gruppenvergleiche nach Cortisolkonzentration, CRP-Konzentration, Sonneneinstrahlung und die periphere Hauttemperatur .....	85
6.2.1	Gruppenunterschiede in Bezug auf Cortisol .....	85
6.2.2	Gruppenunterschiede in Bezug auf das C-reaktive Protein .....	97
6.2.3	Gruppenunterschiede in Bezug auf die Cortisol/CRP Ratio .....	104
6.2.4	Gruppenunterschiede in Bezug auf die Lichtstrommenge und die Lichtexposition .....	107
6.2.4.1	Allgemeine Daten .....	107
6.2.4.2	Lichtstrommenge .....	109
6.2.4.3	Lichtexposition .....	117
6.2.5	Gruppenunterschiede in Bezug auf die Messung der circadianen distalen Hauttemperatur.....	126
6.3	Zusammenhänge zwischen den untersuchten Variablen .....	129

6.3.1	Zusammenhänge zwischen der CRP-Konzentration und anthropometrischen Merkmalen sowie der Fettmasse .....	130
6.3.2	Zusammenhänge zwischen der Cortisol-Konzentration und anthropometrischen Merkmalen sowie der Fettmasse .....	133
6.3.3	Zusammenhänge zwischen Haarcortisol und Speichelcortisol .....	134
6.3.4	Zusammenhang zwischen Cortisol- und CRP-Konzentrationen.....	134
6.3.4.1	Zusammenhang zwischen Speichelcortisol- und CRP-Konzentrationen..	134
6.3.4.2	Zusammenhang zwischen Haarcortisol- und CRP-Konzentrationen .....	135
6.3.5	Zusammenhang zwischen der jahreszeitlichen Sonneneinstrahlung und der Cortisol- und CRP-Konzentration .....	136
6.3.5.1	Zusammenhang zwischen der Haarcortisolkonzentration und dem Sonnenauf-, dem Sonnenuntergang und der Tageslänge .....	136
6.3.5.2	Zusammenhang zwischen den Speichelcortisolkonzentrationen und dem Sonnenauf- und Sonnenuntergang und der Tageslänge .....	137
6.3.5.3	Zusammenhang zwischen den Speichelcortisolkonzentrationen und der Lichtstrommenge.....	139
6.3.5.4	Zusammenhang zwischen den Speichelcortisolkonzentrationen und der Lichtexposition (lx × min).....	141
6.3.5.5	Zusammenhang zwischen der CRP-Konzentration und dem Sonnenauf- und Sonnenuntergang und der Tageslänge.....	143
6.3.5.6	Zusammenhang zwischen der CRP-Konzentration und der Lichtexposition (lx × min) .....	144
6.3.5.7	Zusammenhang zwischen der CRP-Konzentration und der Lichtstrommenge.....	145
7	Diskussion .....	147
7.1	Anmerkungen zum Studiendesign.....	147
7.2	Anthropometrische, physiologische, soziale und Lebensstil-bezogene Merkmale im Zusammenhang mit dem Altern .....	148
7.2.1	Altersstruktur.....	148
7.2.2	Vergleich der anthropometrischen und physiologischen Kennzeichen der Probandinnen.....	148
7.2.3	Vergleich der sozialen und Lebensstil-bezogenen Merkmale der Probandinnengruppen.....	150

7.3	Wie sieht die jahreszeitliche Variation der Cortisolkonzentration bei jüngeren und älteren Erwachsenen aus? Gibt es Altersunterschiede? .....	153
7.3.1	Jahreszeitliche Unterschiede .....	154
7.3.2	Altersgruppenunterschiede.....	157
7.4	Wie sieht die jahreszeitliche Variation der CRP-Konzentration bei jüngeren und älteren Erwachsenen aus? Gibt es Altersunterschiede? .....	159
7.4.1	Jahreszeitliche Unterschiede .....	159
7.4.2	Altersgruppenunterschiede.....	161
7.5	Gibt es einen Zusammenhang zwischen Cortisol- und CRP-Konzentrationen? Liegen Altersunterschiede vor?.....	161
7.5.1	Altersgruppenunterschiede.....	164
7.6	Gibt es einen Zusammenhang zwischen der jahreszeitlichen Sonneneinstrahlung und der Cortisol- und CRP-Konzentration? .....	165
7.6.1	Zu Zusammenhang zwischen den Speichelcortisolkonzentrationen und dem Sonnenauf- und Sonnenuntergang und der Tageslänge .....	165
7.6.2	Zu Zusammenhang zwischen den Speichelcortisolkonzentrationen und der Lichtstrommenge.....	166
7.6.3	Zu Zusammenhang zwischen den Speichelcortisolkonzentrationen und der Lichtexposition (lx × min).....	168
7.6.4	Zu Zusammenhang zwischen der CRP-Konzentration und dem Sonnenauf- und Sonnenuntergang und der Tageslänge.....	170
7.6.5	Zu Zusammenhang zwischen der CRP-Konzentration und der Lichtstrommenge .....	171
7.6.6	Zu Zusammenhang zwischen der CRP-Konzentration und der Lichtexposition (Lx × min) .....	172
7.7	Methodenkritik .....	174
7.8	Ausblick.....	177
8	Zusammenfassung .....	179
9	Summary .....	181
10	Literaturverzeichnis.....	183
11	Anhang .....	199
	A 1 Probandeninformation (verkleinert) .....	199
	A 2 Einverständniserklärung (verkleinert) .....	201

A 3 Datenbogen (verkleinert).....	202
A 4 Allgemeiner Fragebogen .....	210
A 5 Pittsburgh-Sleep-Quality-Index (PSQI) (verkleinert) .....	214
A 6 Morningness-Eveningness Questionnaire (MEQ) (deutsche validierte Version, D-MEQ) (verkleinert).....	218
A 7 Eppworth Sleepiness Scale (ESS) (verkleinert) .....	223
A 8 Perceived Stress Scale PSS-10 (verkleinert) .....	224
A 9 Tagesprotokoll (verkleinert).....	225
11.1 Tabellen zur Normalverteilung.....	227
11.2 Tabellen zu den Korrelationskoeffizienten.....	238
Danksagung .....	258
Eidesstattliche Erklärung.....	259

## Abkürzungsverzeichnis

ACTH	Adrenocorticotropines Hormon
BIA	Bioelektrische Impedanzanalyse
BMI	Body-Mass-Index
BZfE	Bundeszentrum für Ernährung
CAR	„Cortisol Awakening Response“, Cortisolaufwachreaktion
<i>Clock</i>	Circadian Locomotor Output Cycles Kaput
CRH	Corticotropin Releasing Hormon
CRP	C-reaktives Protein
<i>CRY</i>	Cryptochrom
FG	Freiheitsgrade
DC1	„Diurnal Decline 1“, Tagesabfall 1
DC2	„Diurnal Decline 2“, Tagesabfall 2
dL	Deziliter
D-MEQ	Deutsche Version des “Morningness-Eveningness Questionnaire”
DNA	Desoxyribonukleinsäure
E-Boxen	Enhancer-Boxen
ELISA	„Enzyme Linked Immunosorbent Assay“
GR	Glucocorticoidrezeptor
GRE	„Glucocorticoid Response Element“
HPAA	„Hypothalamus-Pituitary-Adrenal-Axis“, Hypothalamus-Hypophysen-Nebennieren-Achse
HRP	„Horse Radish Peroxidase“, Meerrettich Peroxidase
hsCRP	high sensitive C-reaktives Protein
ESS	„Eppworth Sleepiness Scale“
<i>hBmal1</i>	Humanes Brain and muscle aryl hydrocarbon receptor nuclear translocator-like 1
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Schwefelsäure
Hz	Hertz
IL-2	Interleukin 2
IL-6	Interleukin 6
KKT	Körperkerntemperatur
lm	Lumen
lx	Lux
M	Mol

m <sup>2</sup>	Quadratmeter
MEMS	„Medication Event Monitoring Systems“
mg	Milligramm
min	Minuten
mL	Milliliter
L	Liter
NF-κB	„Nuclear Factor Kappa B“
nm	Nanometer
PER	Period
PHT	periphere Hauttemperatur
PRR	„Pattern Recognition Receptor“, Mustererkennungsrezeptoren
RFID	„Radio Frequency Identification“, Identifizierung mit Hilfe elektromagnetischer Wellen
RORγ	„Retinoic acid receptor-related orphan nuclear receptor γ
PSQI	„Pittsburgh Sleep Quality Index“
PSS-10	„Percieved Stress Scale“ 10
Rpm	„Rounds per minute“
s	Sekunden
SCN	Suprachiasmatischer Nucleus
Std.	Stunden
TNF α	Tumornekrosefaktor α
U	Umdrehungen
W	Watt

## Abbildungsverzeichnis

Nummer	Titel der Abbildung	Seite
Abb. 1	Darstellung eines oszillierenden Rhythmus (Refinetti 2010)	1
Abb. 2	Das Uhrengensystem	3
Abb. 3	Schematische Darstellung der Hypothalamus-Hypophysen Nebennierenrinden-Achse = (HHPA)	4
Abb. 4	Täglicher Plasma-CRH, ACTH- und Cortisolrhythmus eines gesunden Menschen	4
Abb. 5	Aufbau des Haares	8
Abb. 6	Aufbau des Haares (2)	9
Abb. 7	Lage des CRP-Gens auf dem Chromosom 1	11
Abb. 8	Kristallstruktur des CRP Proteins gebunden an Phosphocholin	11
Abb. 9	Bildung der Proteine der Akut Phase Antwort	13
Abb. 10	Zusammenhang der einzelnen Faktoren der HPAA und des Immunsystems	19
Abb. 11	Circadianer Rhythmus der oralen Körperkerntemperatur und der peripheren Hauttemperatur gemessen am Handgelenk	21
Abb. 12	A) Vergleich der CAR (Cortisolaufwachreaktion) jüngere versus ältere Erwachsene (nach Pruessner et al. 1997) B) Vergleich der Speichelcortisolkonzentration von Jüngeren und Älteren (nach Heaney et al. 2010)	23
Abb. 13	Mittelwerte und Standardabweichungen von Speichelcortisolkonzentrationen bei Männern (48,4%) und Frauen (51,6%) an drei Untersuchungstagen	24
Abb. 14	Studiendesign	36
Abb. 15	Exemplarisches Pipettierschema	42
Abb. 16	Materialien Haarprobennahme	43
Abb. 17	Minivette® (Sarstedt, Nümbrecht)	44
Abb. 18	Sicherheitslanzette Unistik® 3, 21 G 2.0 mm (Owen Mumford, Großostheim-Ringheim)	44
Abb. 19	Eurolyser CUBE-S (Eurolyser Diagnostica GmbH, Salzburg)	44
Abb. 20	SOMNOWatch™ plus (SOMNOmedics)	46
Abb. 21	Darstellung der Daten mit der Software DOMINO light (SOMNOmedics)	48
Abb. 22	Thermochron iButton®: DS1921H (Maxim/Dallas Semiconductor Corp., USA), ein Temperaturchip zur Messung der peripheren Hauttemperatur	50
Abb. 23	Körperfettanalysewaage TANITA BC 418MA	52
Abb. 24	Schaltfläche der Körperfettanalysewaage TANITA BC 418MA	53
Abb. 25	Beispielausdruck der Körperfettanalysewaage TANITA BC 418MA	55
Abb. 26	Jahreszeitenvergleich in Bezug auf die mittleren Punktwerte des D-MEQ und der subjektiven Tagesschläfrigkeit separat nach Altersgruppen, angegeben sind Mittelwert und Standardabweichung	74
Abb. 27	Vergleich schlafbezogener Merkmale nach PSQI zwischen jüngeren (N = 22) und älteren Probandinnen im Winter (N = 16 bei genuiner Schlafdauer), A) Zubettgeh- und Aufstehzeit, B) aktuelle Schlafdauer und genuine Schlafdauer, * = p < 0,05, C)	77

	Schlafeffizienz und D) Schlaflatenz (Einschlafdauer), angegeben sind Mittelwerte und Standardabweichungen	
Abb. 28	Vergleich schlafbezogener Merkmale nach PSQI zwischen jüngeren (N = 16 bei Schlafdauer und N = 15 bei genuiner Schlafdauer) und älteren Probandinnen (N = 17) im Sommer, A) mittlere Zubettgeh- und Aufstehzeit, B) mittlere aktuelle Schlafdauer und genuine Schlafdauer, * = $p \leq 0,05$ , C) mittlere Schlafeffizienz und D) mittlere Schlaflatenz (Einschlafdauer), angegeben sind Mittelwerte und Standardabweichungen	80
Abb. 29	Jahreszeitenvergleich in Bezug auf schlafbezogene Merkmale nach PSQI separat nach Altersgruppen, A) mittlere Zubettgeh- und Aufstehzeit, B) mittlere aktuelle Schlafdauer und genuine Schlafdauer, * = $p \leq 0,05$ , C) mittlere Schlafeffizienz und D) mittlere Schlaflatenz (Einschlafdauer), angegeben sind Mittelwerte $\pm$ Standardabweichungen	83
Abb. 30	A) Jahreszeitenvergleich in Bezug auf die Erfassung des subjektiven Stresslevels separat nach Altersgruppen, B) Jahreszeitenvergleich in Bezug auf die Erfassung des subjektiven Stresslevels separat nach Altersgruppen, angegeben sind Mittelwerte und Standardabweichungen	85
Abb. 31	Vergleich von jüngeren und älteren Probandinnen betreffend der Speichelcortisolkonzentrationen zu den verschiedenen Probensammelzeiten im Winter, * = $p < 0,050$ , angegeben sind Mittelwert und Standardabweichungen	88
Abb. 32	Vergleich von jüngeren und älteren Probandinnen betreffend der CAR = Cortisolawachreaktion, DC1 = Tagesabfall 1 (T0 – TAbend) und DC2 = Tagesabfall 2 (T45 – TAbend) im Winter, angegeben sind Mittelwerte und Standardabweichungen	88
Abb. 33	Vergleich von jüngeren und älteren Probandinnen betreffend der Speichelcortisolkonzentrationen zu den verschiedenen Probensammelzeiten im Sommer. * = $p < 0,050$ , angegeben sind Mittelwerte und Standardabweichungen	91
Abb. 34	Vergleich von jüngeren und älteren Probandinnen betreffend der CAR = Cortisolawachreaktion, DC1 = Tagesabfall 1 (T0 – TAbend) und DC2 = Tagesabfall 2 (T45 – TAbend) im Sommer, angegeben sind Mittelwerte und Standardabweichungen	91
Abb. 35	Jahreszeitenvergleich in Bezug auf die Speichelcortisolkonzentrationen zu den verschiedenen Probensammelzeiten separat nach Altersgruppen. A) Jüngere Probandinnen, B) Ältere Probandinnen. * = $p < 0,050$ , ** = $p < 0,010$ , *** = $p < 0,001$ , angegeben sind Mittelwerte und Standardabweichungen	94
Abb. 36	Jahreszeitenvergleich in Bezug auf die CAR = Cortisolawachreaktion, DC1 = Tagesabfall 1 (T0 – TAbend) und DC2 = Tagesabfall 2 (T45 – TAbend) separat nach Altersgruppen. A) Jüngere Probandinnen, B) Ältere Probandinnen, ** = $p < 0,010$ , angegeben sind Mittelwerte und Standardabweichungen	95
Abb. 37	Jahreszeitenvergleich in Bezug auf die mittlere separat nach Altersgruppen, * = $p < 0,050$ , ** = $p < 0,010$ , angegeben sind Mittelwerte und Standardabweichungen	97

Abb. 38	Verlauf Mittelwerte der CRP-Konzentrationen der verschiedenen Untersuchungsmonate im Winter für das gesamte Probandinnenkollektiv und die beiden Altersgruppen	98
Abb. 39	Verteilung der beiden Probandinnengruppen auf die C-reaktives-Protein-Gruppen im Winter	99
Abb. 40	Verlauf der Mittelwerte der CRP-Konzentrationen der verschiedenen Untersuchungsmonate im Sommer für das gesamte Probandinnenkollektiv und die beiden Altersgruppen.	100
Abb. 41	Verteilung der beiden Probandinnengruppen auf die C-reaktives-Protein-Gruppen im Sommer	102
Abb. 42	Jahreszeitenvergleich in Bezug auf die mittlere CRP-Konzentration separat nach Altersgruppen, angegeben sind Mittelwerte und Standardabweichungen	104
Abb. 43	Vergleich der solaren Einstrahlung Tag 1 im Winter und im Sommer. A) Summenwert gesamter Tag, B) Mittelwert gesamter Tag, angegeben sind Mittelwerte und Standardabweichungen	107
Abb. 44	Sonnenaufgang, Sonnenuntergang und die Tageslänge an allen Untersuchungstagen im Winter und im Sommer an Tag 1 in Minuten. A) Sonnenaufgang Tag 1 Winter, B) Sonnenuntergang Tag 1 Winter, C) Sonnenaufgang Tag 1 Sommer, D) Sonnenuntergang Tag 1 Sommer, E) Tageslänge Tag 1 Winter, F) Tageslänge Tag 1 Sommer	108
Abb. 45	Vergleich der Lichtstrommenge der beiden Probandinnengruppen in den verschiedenen Zeiträumen im Winter, Tag 1 und Tag 2 gemittelt, * = $p < 0,050$ , angegeben sind Mittelwerte und Standardabweichungen	112
Abb. 46	Vergleich der Lichtstrommenge der beiden Probandinnengruppen in den verschiedenen Zeiträumen im Sommer, Tag 1 und Tag 2 gemittelt, angegeben sind Mittelwerte und Standardabweichungen	114
Abb. 47	Jahreszeitenvergleich in Bezug auf die mittlere Lichtstrommenge separat nach Altersgruppen A) Jüngere Probandinnen, B) Ältere Probandinnen, ** $p < 0,010$ , *** = $p < 0,001$ , angegeben sind Mittelwerte und Standardabweichungen	117
Abb. 48	Vergleich der mittleren Lichtexposition zwischen den jüngeren und älteren Probandinnen im Winter, angegeben sind Mittelwerte und Standardabweichungen	120
Abb. 49	Vergleich der mittleren Lichtexposition zwischen den jüngeren und älteren Probandinnen im Sommer, * = $p < 0,050$ , angegeben sind Mittelwerte und Standardabweichungen	122
Abb. 50	Jahreszeitenvergleich in Bezug auf die mittlere Lichtexposition separat nach Altersgruppen A) Jüngere Probandinnen, B) Ältere Probandinnen, angegeben sind Mittelwerte und Standardabweichung	126
Abb. 51	Zusammenhang zwischen der mittleren CRP-Konzentration und dem Körpergewicht in kg sowie dem Bauchumfang in cm bei älteren Probandinnen im Winter. A) Zusammenhang zwischen CRP-Konzentration und der prozentualen	131

	Fettmasse bei jüngeren Probandinnen ( $r_s = 0,61$ , $p = 0,021$ ), B) Zusammenhang zwischen CRP-Konzentration und dem Körpergewicht bei älteren Probandinnen ( $r_s = 0,56$ , $p = 0,046$ ), C) Zusammenhang zwischen CRP-Konzentration und dem Bauchumfang bei älteren Probandinnen ( $r_s = 0,60$ , $p = 0,032$ )	
Abb. 52	Zusammenhang zwischen der mittleren CRP-Konzentration und verschiedenen anthropometrischen Merkmalen sowie der Körperfettmasse in % bei älteren Probandinnen im Sommer A) Zusammenhang zwischen mit CRP-Konzentration und Körpergewicht in ( $r_s = 0,73$ , $p = 0,001$ ), B) Zusammenhang zwischen CRP-Konzentration und dem Bauchumfang ( $r_s = 0,67$ , $p = 0,004$ ), C) Zusammenhang zwischen CRP-Konzentration und dem BMI ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) ( $r_s = 0,73$ , $p = 0,001$ ), D) Zusammenhang zwischen CRP-Konzentration und der prozentualen Fettmasse ( $r_s = 0,57$ , $p = 0,026$ ), E) Zusammenhang zwischen CRP-Konzentration und der Fettmasse in kg ( $r_s = 0,67$ , $p = 0,007$ )	132
Abb. 53	Zusammenhang zwischen den Speichelcortisolkonzentrationen und Körpergewicht sowie BMI bei jüngeren Probandinnen im Winter A) Zusammenhang zwischen Speichelcortisolkonzentration zum Zeitpunkt $T_{45}$ Körpergewicht in ( $r_s = 0,47$ , $p = 0,041$ ), B) Zusammenhang zwischen Speichelcortisolkonzentration zum Zeitpunkt $T_{45}$ und dem BMI ( $r_s = 0,52$ , $p = 0,023$ ), C) Zusammenhang zwischen Speichelcortisolkonzentration zum Zeitpunkt $T_{60}$ und dem Körpergewicht in kg ( $r_s = 0,45$ , $p = 0,047$ )	133
Abb. 54	Zusammenhang zwischen der CAR und dem Körpergewicht bei jüngeren Probandinnen im Sommer ( $r_s = 0,49$ , $p = 0,048$ )	134
Abb. 55	Zusammenhang zwischen der Cortisolkonzentration zum Zeitpunkt $T_{\text{Abend}}$ und der CRP-Konzentration bei jüngeren Probandinnen im Winter ( $r_s = 0,79$ , $p = 0,004$ )	135
Abb. 56	A) Zusammenhang zwischen der Speichelcortisolkonzentration zum Zeitpunkt $T_0$ und der mittleren CRP-Konzentration im Sommer bei älteren Probandinnen ( $r_s = -0,73$ , $p = 0,004$ ), B) Zusammenhang zwischen der Speichelcortisolkonzentration der DC1 und der mittleren CRP-Konzentration ( $r_s = -0,71$ , $p = 0,010$ )	135
Abb. 57	Zusammenhang zwischen der Haarcortisolkonzentration und dem Sonnenuntergang im Winter bei älteren Probandinnen ( $r_s = -0,52$ , $p = 0,026$ )	136
Abb. 58	A) Zusammenhang zwischen der Haarcortisolkonzentration und dem Sonnenuntergang bei jüngeren Probandinnen im Sommer ( $r_s = -0,53$ , $p = 0,028$ ), B) Zusammenhang zwischen der Haarcortisolkonzentration und der Tageslänge bei jüngeren Probandinnen im Sommer ( $r_s = -0,48$ , $p = 0,049$ )	137
Abb. 59	Zusammenhang zwischen den Speichelcortisolkonzentrationen und dem Sonnenauf- und Sonnenuntergang und der Tageslänge im Winter. A) Speichelcortisolkonzentration zum Zeitpunkt $T_0$ und dem Sonnenuntergang ( $r_s = -0,49$ , $p = 0,047$ ), B) Speichelcortisolkonzentration zum Zeitpunkt $T_{30}$ und dem Sonnenuntergang ( $r_s = -0,50$ , $p = 0,036$ ), C) Speichelcortisolkonzentration zum Zeitpunkt $T_{\text{Abend}}$ und dem Sonnenuntergang ( $r_s = -0,53$ , $p = 0,028$ )	138

Abb. 60	Zusammenhang zwischen der Speichelcortisolkonzentration zum Zeitpunkt $T_0$ und dem Sonnenaufgang an Tag 1 bei älteren Probandinnen im Sommer	139
Abb. 61	Zusammenhänge zwischen der mittleren Lichtstrommenge und der Speichelcortisolkonzentration zu verschiedenen Zeitpunkten im Winter. A) Zusammenhang zwischen dem mittleren Lichtstrom während des Aufwachens und der Speichelcortisolkonzentration $T_{45}$ bei jüngeren Probandinnen ( $r_s = -0,56$ , $p = 0,021$ ), B) Zusammenhang zwischen dem mittleren Lichtstrom während des Aufwachens und der Speichelcortisolkonzentration zum Zeitpunkt $T_{60}$ bei jüngeren Probandinnen ( $r_s = -0,562$ , $p = 0,034$ ), C) Zusammenhang zwischen dem mittleren Lichtstrom während des Aufwachens und der DC2 bei jüngeren Probandinnen ( $r_s = -0,49$ , $p = 0,048$ ), D) Zusammenhang zwischen dem mittleren Lichtstrom während der ersten Stunde nach dem Aufwachen und der Speichelcortisolkonzentration zum Zeitpunkt $T_{45}$ bei älteren Probandinnen ( $r_s = 0,56$ , $p = 0,046$ ), E) Zusammenhang zwischen dem mittleren Lichtstrom während der ersten Stunde nach dem Aufwachen und der Speichelcortisolkonzentration zum Zeitpunkt $T_{60}$ ( $r_s = 0,59$ , $p = 0,035$ ), F) Zusammenhang zwischen dem mittleren Lichtstrom abends und der DC2 ( $r_s = 0,58$ , $p = 0,039$ )	140
Abb. 62	A) Zusammenhang zwischen der Lichtexposition ( $lx \times min$ ) von 08:00 Uhr bis 11:59 Uhr und dem Speichelcortisol-Zeitpunkt $T_0$ bei jüngeren Probandinnen ( $r_s = 0,51$ , $p = 0,038$ ), B) Zusammenhang zwischen der Lichtexposition ( $lx \times min$ ) von 08:00 Uhr bis 11:59 Uhr und dem Speichelcortisol-Zeitpunkt $T_{30}$ bei jüngeren Probandinnen ( $r_s = 0,51$ , $p = 0,035$ ), C) Zusammenhang zwischen der Lichtexposition ( $lx \times min$ ) von 08:00 Uhr bis 11:59 Uhr und dem Speichelcortisol-Zeitpunkt $T_{45}$ bei jüngeren Probandinnen ( $r_s = 0,67$ , $p = 0,003$ ), D) Zusammenhang zwischen der Lichtexposition ( $lx \times min$ ) von 08:00 Uhr bis 11:59 Uhr und dem Speichelcortisol-Zeitpunkt $T_{60}$ bei jüngeren Probandinnen ( $r_s = 0,65$ , $p = 0,005$ ), E) Zusammenhang zwischen der Lichtexposition ( $lx \times min$ ) von 08:00 Uhr bis 11:59 Uhr und der DC2 bei jüngeren Probandinnen ( $r_s = 0,54$ , $p = 0,024$ ), F) Zusammenhang zwischen der Lichtexposition ( $lx \times min$ ) des gesamten Tages und dem Speichelcortisol-Zeitpunkt $T_0$ bei älteren Probandinnen ( $r_s = -0,61$ , $p = 0,027$ ), G) Zusammenhang zwischen der Lichtexposition ( $lx \times min$ ) von 12:00 Uhr bis 16:00 Uhr und der DC1 ( $r_s -0,70$ , $p = 0,007$ )	142
Abb. 63	Zusammenhang zwischen der CRP-Konzentration und dem Sonnenuntergang bei jüngeren Probandinnen ( $r_s = -0,78$ , $p = 0,001$ ) B) Zusammenhang zwischen der CRP-Konzentration und der Tageslänge bei den jüngeren Probandinnen im Winter ( $r_s = -0,66$ , $p = 0,011$ )	143
Abb. 64	Zusammenhang zwischen der CRP-Konzentration und Sonnenuntergang bei den jüngeren Probandinnen im Sommer ( $r_s = -0,57$ , $p = 0,043$ )	144
Abb. 65	Zusammenhang zwischen CRP-Konzentration und der Lichtexposition zu den verschiedenen Zeiträumen im Sommer. A) Zusammenhang zwischen der mittleren CRP-Konzentration und der mittleren Lichtstrommenge über den gesamten Tag ( $r_s$	145

	= -0,66, p = 0,006), B) Zusammenhang zwischen der mittleren CRP-Konzentration und der mittleren Lichtstrommenge zwischen 12:00 Uhr und 16:00 Uhr (nachmittags) ( $r_s = 0,69$ , p = 0,003)	
Abb. 66	Zusammenhang zwischen CRP-Konzentration und der Lichtstrommenge in verschiedenen Zeiträumen im Sommer. A) Zusammenhang zwischen der mittleren CRP-Konzentration und der mittleren Lichtstrommenge in der ersten Stunde nach dem Aufwachen im Sommer ( $r_s = 0,74$ , p = 0,001), B) Zusammenhang zwischen der mittleren CRP-Konzentration und der mittleren Lichtstrommenge von 12:00 Uhr bis 16:00 Uhr ( $r_s = 0,54$ , p = 0,029) C) Zusammenhang zwischen der mittleren CRP-Konzentration und der mittleren Lichtstrommenge von 16:00 Uhr bis 19:59 Uhr ( $r_s = 0,60$ , p = 0,024)	146

## Tabellenverzeichnis

Nummer	Titel der Tabelle	Seite
Tab. 1	Krankheitsbilder und die dazugehörigen Haarcortisolveränderungen (nach van Rossum et al. 2015)	7
Tab. 2	Studien zu CRP	16
Tab. 3	Studien zu Cortisol	16
Tab. 4	Veränderungen des Urinary Free Cortisol/Kreatinin Verhältnisses über die verschiedenen Altersgruppen (verändert nach Moffat et al. 2019)	24
Tab. 5	Ausschlusskriterien	32
Tab. 6	Verwendete Chemikalien	33
Tab. 7	Verwendete Geräte	33
Tab. 8	Verwendete Materialien	34
Tab. 9	Bestandteile des ELISA (Kit RE52611, IBL International, Hamburg)	41
Tab. 10	Referenzbereiche des ELISA (Kit RE52611, IBL International, Hamburg)	42
Tab. 11	Untersuchte Variablen in Bezug auf die Sonneneinstrahlung	49
Tab. 12	Untersuchte Variablen in Bezug auf die distale periphere Hauttemperatur	51
Tab. 13	Messgrößen und Definitionen der TANITA BC 418MA	54
Tab. 14	Abstufung der Stärke von Korrelationskoeffizienten nach Bühl	56
Tab. 15	Anzahl und mittleres Alter der Probandinnen im Untersuchungszeitraum Winter	58
Tab. 16	Anzahl und mittleres Alter der Probandinnen im Untersuchungszeitraum Sommer	58
Tab. 17	Anthropometrische Merkmale der Probandinnen im Winter	61
Tab. 18	Vergleich der jüngeren und älteren Probandinnen in Bezug auf die anthropometrischen Merkmale der im Sommer	62
Tab. 19	Jahreszeitenvergleich in Bezug auf die anthropometrischen Merkmale separat nach Altersgruppen	63
Tab. 20	Vergleich der jüngeren und älteren Probandinnen in Bezug auf die Körperzusammensetzung der im Winter	64
Tab. 21	Vergleich der jüngeren und älteren Probandinnen in Bezug auf die Körperzusammensetzung im Sommer	65
Tab. 22	Jahreszeitenvergleich in Bezug auf die Körperzusammensetzung separat nach Altersgruppen	66
Tab. 23	Angegebener Zeitraum im Freien der Probandinnen im Winter	67
Tab. 24	Selbsteinschätzung des Gesundheitszustandes der Probandinnen im Winter	68
Tab. 25	Konsum anregender Getränke und Alkohol im Winter	68
Tab. 26	Schlafverhalten im Winter	69
Tab. 27	Zeitraum im Freien im Sommer	69
Tab. 28	Selbsteinschätzung des Gesundheitszustandes im Sommer	70
Tab. 29	Konsum anregender Getränke und Alkohol im Sommer	70
Tab. 30	Schlafverhalten im Sommer	71

Tab. 31	Häufigkeitsverteilung der Tagesschläfrigkeit nach jüngeren und älteren Probandinnen im Winter	72
Tab. 32	Vergleich der mittleren Punktwerte betreffend Morgen- und Abendpräferenz und Tagesschläfrigkeit zwischen jüngeren und älteren Probandinnen im Winter	72
Tab. 33	Häufigkeitsverteilung der Tagesschläfrigkeit nach jüngeren und älteren Probandinnen im Sommer	73
Tab. 34	Vergleich der mittleren Punktwerte betreffend Morgen- und Abendpräferenz und Tagesschläfrigkeit zwischen jüngeren und älteren Probandinnen im Sommer	73
Tab. 35	Jahreszeitenvergleich in Bezug auf D-MEQ und ESS-Punkte separat nach Altersgruppen	74
Tab. 36	Vergleich von jüngeren und älteren Probandinnen betreffend schlafbezogener Variablen nach PSQI-Fragebogen im Winter	76
Tab. 37	Vergleich von jüngeren und älteren Probandinnen betreffend schlafbezogener Variablen nach PSQI-Fragebogen im Sommer	79
Tab. 38	Jahreszeitenvergleich in Bezug auf schlafbezogene Variablen nach PSQI-Fragebogen separat nach Altersgruppen	82
Tab. 39	Gruppenunterschiede in Bezug auf die Erfassung des Stresslevels im Winter	84
Tab. 40	Gruppenunterschiede in Bezug auf die Erfassung des subjektiven Stresslevels im Sommer	84
Tab. 41	Jahreszeitenvergleich in Bezug auf die Erfassung des subjektiven Stresslevels separat nach Altersgruppen	85
Tab. 42	Vergleich von jüngeren und älteren Probandinnen betreffend der Speichelcortisolkonzentrationen zu den verschiedenen Probensammelzeiten, der CAR, dem DC1 und dem DC2 im Winter	87
Tab. 43	Vergleich von jüngeren und älteren Probandinnen betreffend der Speichelcortisolkonzentrationen zu den verschiedenen Probensammelzeiten, CAR, DC1 und DC2 im Sommer	90
Tab. 44	Jahreszeitenvergleich in Bezug auf Speichelcortisol separat nach Altersgruppen	93
Tab. 45	Vergleich der Cortisolkonzentration im Haar im Winter der beiden Probandinnengruppen	95
Tab. 46	Vergleich der Cortisolkonzentration im Haar im Sommer der beiden Probandinnengruppen	96
Tab. 47	Jahreszeitenvergleich in Bezug auf Haarcortisol separat nach Altersgruppen	96
Tab. 48	Mittelwerte und Standardabweichungen der CRP-Konzentrationen der verschiedenen Untersuchungsmonate im Winter für das gesamte Probandinnenkollektiv und die beiden Altersgruppen	98
Tab. 49	Verteilung der beiden Probandinnengruppen auf die CRP-Gruppen an Tag 1 und Tag 2 im Winter	99

Tab. 50	Mittelwerte und Standardabweichungen der CRP-Konzentrationen der verschiedenen Untersuchungsmonate im Sommer für das gesamte Probandinnenkollektiv und die beiden Altersgruppen	100
Tab. 51	Verteilung der beiden Probandinnengruppen auf die CRP-Gruppen an Tag 1 und Tag 2 im Sommer	101
Tab. 52	3 × 2 Felder Vergleich (3 CRP-Gruppen × 2 Jahreszeiten) für Tag 1 und Tag 2 separat nach Altersgruppen	103
Tab. 53	Jahreszeitenvergleich in Bezug auf die mittlere CRP-Konzentration separat nach Altersgruppen	103
Tab. 54	Vergleich der jüngeren und älteren Probandinnen in Bezug auf die Cortisol/CRP Ration im Winter	105
Tab. 55	Vergleich der jüngeren und älteren Probandinnen in Bezug auf die Cortisol/CRP Ration im Sommer	105
Tab. 56	Jahreszeitenvergleich in Bezug auf die Cortisol/CRP Ratio separat nach Altersgruppen	106
Tab. 57	Vergleich solare Einstrahlung gesamt und Mittelwert Tag 1 im Winter und im Sommer	107
Tab. 58	Photoperiode im Winter und im Sommer	109
Tab. 59	Vergleich der Lichttrommenge der beiden Probandinnengruppen in den verschiedenen Zeiträumen im Winter	111
Tab. 60	Vergleich der Lichtstrommenge der beiden Probandinnengruppen in den verschiedenen Zeiträumen im Sommer	113
Tab. 61	Jahreszeitenvergleich in Bezug auf die mittlere Lichtstrommenge gemittelt aus Tag 1 und Tag 2 separat nach Altersgruppen	117
Tab. 62	Vergleich der mittleren Lichtexposition der beiden Probandinnengruppen in den verschiedenen Zeiträumen im Winter	119
Tab. 63	Vergleich der mittleren Lichtexposition der beiden Probandinnengruppen in den verschiedenen Zeiträumen im Sommer	121
Tab. 64	Jahreszeitenvergleich in Bezug auf die mittlere Lichtexposition separat nach Altersgruppen	124
Tab. 65	Jahreszeitenvergleich in Bezug auf die mittlere Lichtexposition separat nach Altersgruppen (2)	125
Tab. 66	Vergleich der beiden Probandinnengruppen in Bezug auf die circadiane distale Hauttemperatur im Winter	127
Tab. 67	Vergleich der beiden Probandinnengruppen in Bezug auf die circadiane distale Hauttemperatur im Sommer	128
Tab. 68	Jahreszeitenvergleich in Bezug auf die distale periphere Hauttemperatur separat nach Altersgruppen	129

# 1 Einleitung

## 1.1 Chronobiologie und biologische Rhythmen

Die Chronobiologie befasst sich mit der Erforschung physiologischer Prozesse in lebenden Organismen, die eine gleichbleibende Rhythmik aufweisen (Hildebrandt et al. 2013). Ein biologischer Rhythmus ist eine „identische Wiederholung der zeitlichen Abfolge von Änderungen einer Variablen“ (Fleissner 1996). In Abbildung 1 sind die Kenngrößen eines solchen Rhythmus dargestellt. Eine Periode ist hier der Zeitraum, in dem ein kompletter Zyklus durchlaufen wird (Refinetti 2010). Der Mesor ist der mittlere Wert, um den die untersuchte Variable schwingt. Die Amplitude beschreibt die Hälfte der Distanz zwischen Maximum (Peak) und Minimum (Nadir). Die Akrophase gibt den Zeitpunkt des Peaks in Bezug zu einem Referenzpunkt (Uhrzeit).

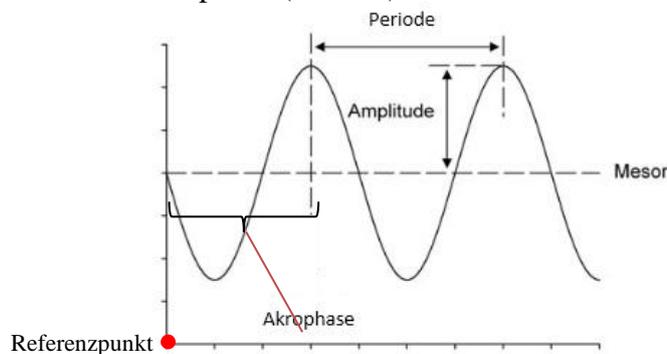


Abbildung 1 Darstellung eines oszillierenden Rhythmus (verändert nach Refinetti 2010)

Die Periodenlängen der biologischen Rhythmen bewegen sich zwischen weniger als einer Sekunde - wie die Nervenreaktionen - über Minuten, Stunden und Tagen bis hin zu mehreren Jahren. Rhythmen mit einer Periodenlänge kürzer als 20 Stunden nennt man ultradiane Rhythmen und Rhythmen Periodenlängen von über 28 Stunden nennt man infradiane Rhythmen (Middeke 2005). Zu den beim Menschen am meisten untersuchten Rhythmen gehören solche mit einer Periodenlänge von ungefähr 24-Stunden-Rhythmen, sogenannte circadiane Rhythmen. Die Jahresrhythmen wurden dagegen selten untersucht. Hier geht es vor allem um das Verstehen bzw. Finden der endogenen und exogenen Zeitgeber. Beispiele für circadiane Rhythmen sind der Schlaf-Wach-Rhythmus, der Körpertemperaturrhythmus und verschiedenen Stoffwechselrhythmen. Auch Hormone wie Cortisol und Melatonin unterliegen circadianen Rhythmen. Die exogenen Zeitgeber sind der Hell-Dunkel-Rhythmus sowie soziale Faktoren wie Berufstätigkeit und kulturelles Leben (Aschoff 1962). Sind diese exogenen Zeitgeber nicht vorhanden, so werden circadiane Rhythmen dennoch durch endogene Prozesse aufrechterhalten (Aschoff 1960).

Die circannualen Rhythmen werden durch die jahresrhythmisch schwankende Beleuchtungsdauer und -intensität der Sonne verursacht (Hildebrandt et al. 2013; Castro Dopico et al. 2014). Diese Schwankungen sind Breitengradabhängig. Sie verlaufen in der nördlichen und südlichen Hemisphäre jeweils umgekehrt und können am Äquator bzw. an den Polen nicht mehr nachgewiesen werden. Es wird vermutet, dass auch diese Rhythmen durch endogene Zeitgeber aufrechterhalten werden können (Adamsson et al. 2017; Castro Dopico et al. 2014).

Der zentrale endogene Zeitgeber im menschlichen Organismus ist der *Suprachiasmatische Nucleus* (SCN). Er liegt paarig im ventralen Hypothalamus über dem *Chiasma opticum* und erhält u. a. Informationen über die Umwelt durch die Lichtsinneszellen der Retina, welche durch die Beleuchtungsdauer ausgelöste Signale über die retino-hypothalamische Bahn zum SCN leiten (Rusak und Zucker 1979). Das Lichtsignal führt zur Reizweiterleitung bis zum SCN und aktiviert dort eine Signalkaskade, an deren Ende die zentralen Uhrengene stehen (De Vries et al. 1994; Rhegunandanan und Rhegunandanan 2006). Es wird vermutet, dass zusätzlich in jeder Körperzelle ein endogener Zeitgeber vorhanden ist und dass sie sich miteinander vernetzen (Schibler und Sassone-Corsi 2002, Dibner et al. 2010).

### **1.1.1 Uhrengene**

Die endogene Rhythmik beruht auf der rhythmischen Expression von Uhrengenen (Albrecht und Eichele 2003; Nader 2010). Ihre Expression wird durch das Zusammenwirken von positiven und negativen Feedback-Schleifen reguliert, wodurch eine selbstständige Regulation im 24-Stunden Rhythmus entsteht (Abb. 2). Zum positiven Teil gehören die Uhrengene „Human Brain and muscle aryl hydrocarbon receptor nuclear translocator-like 1“ (*hBmal1*) und „Circadian locomotor output cycles kaput“ (*Clock*). Diese beiden Transkriptionsfaktoren bilden ein Heterodimer, welches an die Enhancer-Boxen (E-Boxen) im Promotor der Uhrengene *Period* (*PER*) und *Cryptochrom* (*CRY*) bindet und so ihre Transkription fördert. PER- und CRY-Proteine bilden den negativen Teil der Feedback-Schleife und inhibieren den hBMAL1 – CLOCK-Transkriptionsfaktor und dadurch die Aktivierung ihrer eigenen Transkription.

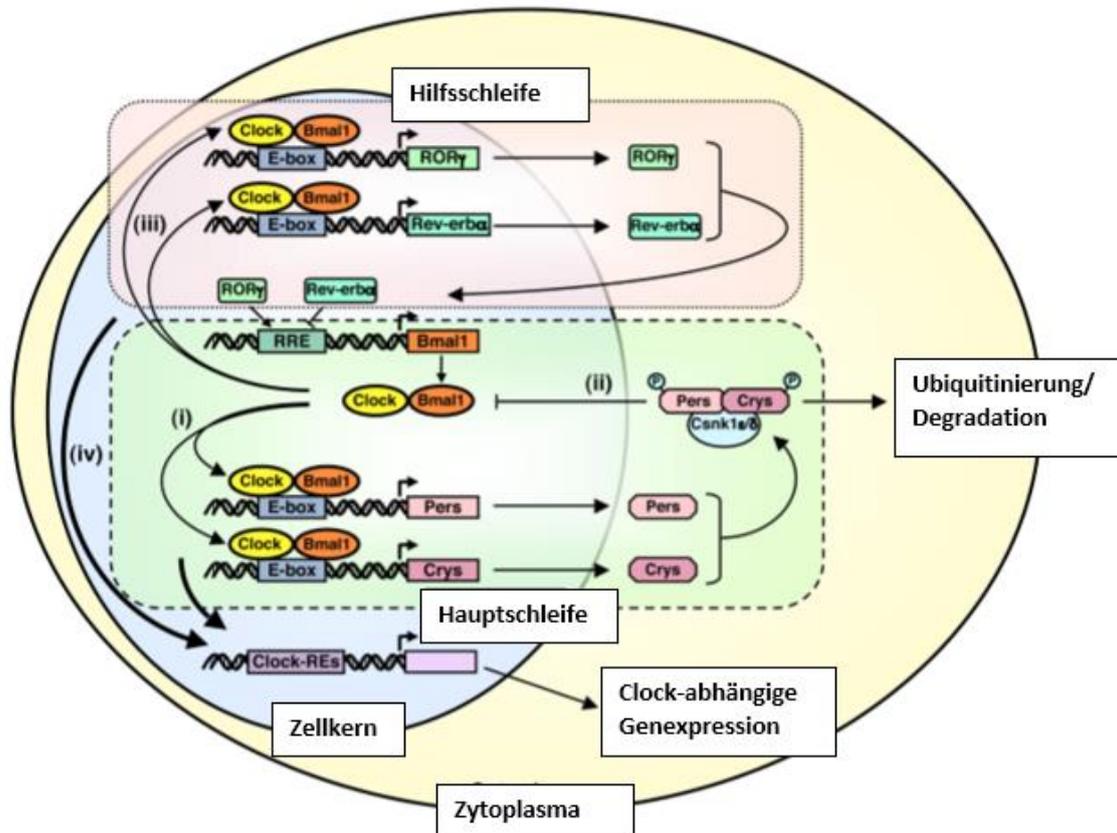
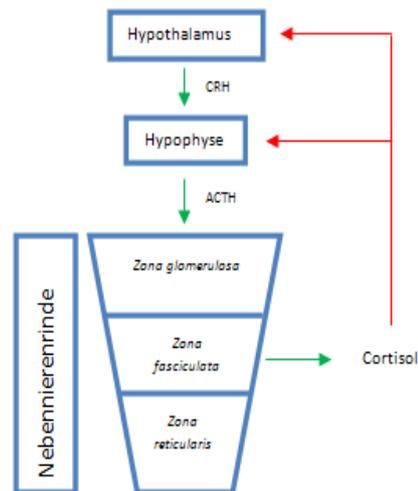


Abbildung 2 Das Uhrsystem wird durch eine eigene Transkriptions-Translations-Feedbackschleife reguliert. Das CLOCK/BMAL1-Heterodimer bindet an Enhancer-Box-Elemente in der Promotorregion der Transkriptionsfaktoren *Period (Per)* und *Cryptochrome (CRY)* (i). PER und CRY hemmen wiederum die Transkriptionsaktivität von CLOCK/BMAL1 durch Phosphorylierung (ii). CLOCK/BMAL1 aktivieren außerdem die Expression der Gene *Rev-erba* und *RORγ* (iii). Diese bilden eine Hilfsschleife und stabilisieren dadurch die Regulation der Hauptschleife. Diese Transkriptionsfaktoren aktivieren weiterhin Gene, die mit Clock in Verbindung stehen, und nehmen so Einfluss auf diverse weitere Prozesse im menschlichen Organismus Clock = Circadian Locomotor Output Cycles Kaput, hBmal1 = Humanes Brain and muscle aryl hydrocarbon receptor nuclear translocator-like 1, Cry = Chryptochrom, Per = Period, RORγ: „retinoic acid receptor-related orphan nuclear receptor γ“. (verändert nach Nader et al. 2010).

## 1.2 Hormonsystem und Cortisol

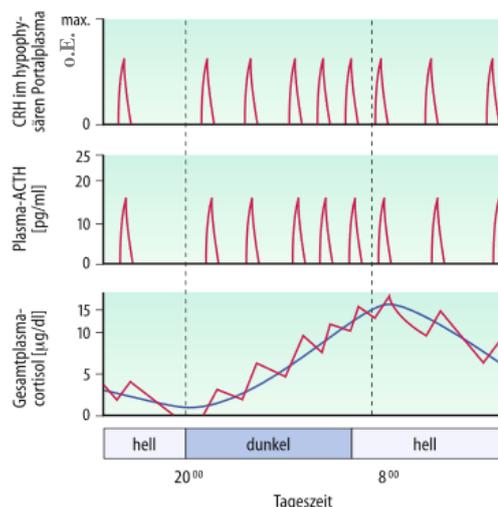
Cortisol gehört zur Klasse der Steroidhormone und hier zu den Glucocorticoiden (Silbernagl und Despopoulos 2012; Müller-Esterl et al. 2011). Es wird über mehrere Zwischenstufen in der Nebennierenrinde aus Cholesterin gebildet. Die Nebenniere besteht aus der Rinde und dem Mark. Diese stellen jeweils eine unabhängige endokrine Drüse dar. Die Nebennierenrinde besteht aus drei unabhängigen Zonen, nämlich der *Zona glomerulosa*, der *Zona fasciiculata* und der *Zona reticularis*. Cortisol wird in der *Zona fasciiculata* gebildet. Cortisol kann nicht in den Zellen gespeichert werden, sondern wird bei Bedarf produziert. Der Transport von Cortisol im Blut erfolgt mittels Bindung an Transcortin. Cortisol liegt in gebundener (90%) oder freier Form (10%) vor, wobei nur die freie Form aktiv ist (Levine et al. 2007). Die Ausschüttung erfolgt hierbei ca. alle zwei bis drei Stunden. Im ersten Schritt setzt der Hypothalamus das Corticotropin-Releasing-Hormon (CRH) frei (Buckingham et al. 1996; Silbernagl und Despopoulos 2012; Balletshofer et al. 2009). Dieses stimuliert die

Freisetzung des Adrenocorticotropes Hormons (ACTH) in der Adenohypophyse, welche im Zwischenhirn liegt. ACTH regt die Bildung von Cortisol in der Nebennierenrinde an. Diese Signalkaskade wird auch als Hypothalamus-Hypophysen-Nebennieren-Achse (Hypothalamus-Pituitary-Adrenal-Axis = HPAA) bezeichnet. Die HPAA ist in Abbildung 3 schematisch dargestellt.



**Abbildung 3** Schematische Darstellung der Hypothalamus-Hypophysen Nebennierenrinden-Achse = (HPAA) Cortisolsignalwege, CRH = „Corticotropin-Releasing-Hormone“, ACTH = Adrenocorticotropes Hormon, grün = Aktivierung, rot = Hemmung (Quelle: Autorin)

Die Regulierung der Cortisolkonzentration im Blut erfolgt über eine negative Rückkopplungsschleife, welche Einfluss auf die Freisetzung von CRH und ACTH hat. Darüber hinaus werden CRH und ACTH in einem circadianen Rhythmus ausgeschüttet (Köhrle und Petrides 2007). Das Minimum wird in diesem Rhythmus gegen 24 Uhr erreicht. Die Cortisolkonzentration steigt dann während der Nacht an und erreicht 30-45 Minuten nach dem Aufwachen ihr Maximum (Persson et al. 2008). Der circadiane Rhythmus von Cortisol ist in Abbildung 4 dargestellt.



**Abbildung 4** Täglicher Plasma-CRH, ACTH- und Cortisolrhythmus eines gesunden Menschen, ACTH = Adrenocorticotropes Hormon, CRH = „Corticotropin-Releasing-Hormone“ (verändert nach Köhrle und Petrides 2007 S.863)

Eine Besonderheit im Rhythmus ist der schnelle Anstieg von Cortisol direkt nach dem Aufwachen (Pruessner et al. 1997; Fries et al. 2009). Dies wird als Cortisol-Aufwachreaktion (Cortisol Awakening Response = CAR) bezeichnet. Die Cortisol-Konzentration erreicht ca. 30 bis 45 Minuten nach dem Aufwachen ihr Maximum mit einer 50 - 70%igen Konzentrationszunahme.

Der Abbau von Cortisol erfolgt in der Leber. Dort wird es in Glucuronid- und Sulfatester umgewandelt und dann größtenteils über die Nieren ausgeschieden (Köhrle und Petrides 2007).

### Bedeutung von Cortisol

Cortisol entfaltet seine Wirkung, indem es im Zytoplasma der Zielzellen an den Glucocorticoidrezeptor (GR) bindet (Goulding et al. 2004; Müller-Esterl et al. 2011; Köhrle und Petrides 2007). Dieser Rezeptor ist in nahezu allen Zellen vorhanden, was auf die Vielzahl an Wirkungen von Cortisol im Organismus hindeutet. Der Cortisol-Rezeptor-Komplex transloziert daraufhin in den Zellkern und bindet dort u. a. als Heterodimer an den distalen Promotorbereich der Zielgene an sogenannte „glucocorticoid response elements“ (GREs), wo er als Transkriptionsfaktor wirkt. Dadurch wird die Modifikation der Genexpression und der Zellantwort ausgelöst. Hauptfunktion des Cortisols ist die Aktivierung des Energiestoffwechsels durch Freisetzung von Glucose. Dies geschieht, indem es als Gegenspieler von Insulin wirkt und so den Plasmaglucoosespiegel durch Gluconeogenese und Glycogenolyse erhöht (Köhrle und Petrides 2007). Weiterhin beeinflusst Cortisol das Immunsystem, wo es immunsuppressiv wirkt (Goulding 2004, Köhrle und Petrides 2007).

Darüber hinaus hat Cortisol Einfluss auf circadiane Rhythmen, indem es Clock-abhängige Gene in peripheren Organen beeinflusst (Nader et al. 2010).

### Vorkommen von Cortisol im menschlichen Körper

Messbares Cortisol kommt im menschlichen Körper im Blut, im Speichel und in den Haaren vor. Abbauprodukte des Cortisols können im Urin analysiert werden. 90% des Cortisols im Blut ist an Proteine gebunden. Die übrigen 10% liegen frei vor und stellen die aktive Form dar (Levine et al. 2007). Die Probennahme aus Blut kann ausschließlich unter Versuchsbedingungen in einer Klinik oder in einem Labor durchgeführt werden, da die Entnahme von Blut durch medizinisches Personal durchgeführt werden muss. Hierbei kommt es zu dem Problem, dass die Cortisolkonzentration im Blut aufgrund des Stresses durch die Probennahme erhöht wird und die Messwerte dadurch verzerrt werden (Levine et al. 2007; Gao et al. 2010).

Durch die Steroidstruktur ist es Cortisol möglich, direkt durch die Zellen der Mundschleimhaut in den Speichel zu diffundieren (Levine et al. 2007). Der Speichel enthält nur ungebundenes Cortisol. Die Cortisolkonzentrationsbestimmung aus Speichel ist ein gutes Mittel um Tagesrhythmen von den Probanden zu erstellen (Stalder et al. 2016). Hier ist es von Vorteil, dass die Probanden die Proben zu Hause sammeln können. Wichtig ist hierbei, dass die genauen Uhrzeiten der Probennahmen eingehalten und dokumentiert werden. Genau wie bei der Bestimmung aus Blut kann mit dieser Methode nur die aktuelle Cortisolkonzentration bestimmt werden. Aus diesem Grund wird diese Methode in dieser Studie verwendet, um ein Tagesprofil im Winter und im Sommer zu erstellen (s. Kapitel 6.3). Haare werden bereits seit über zwanzig Jahren zur Analyse von körperfremden Stoffen in den Bereichen Toxikologie, Forensik, Doping-Kontrollen und medizinischer Diagnostik verwendet (Kirschbaum 2009). Der Vorteil von Haaren ist das regelmäßige Wachstum von ca. 1 cm/Monat, wodurch der mittlere Hormonwert rückblickend über Monate erfasst werden kann. Auch die langfristige und einfache Lagerung ist ein großer Vorteil von Haarproben. Andere Untersuchungsmethoden hingegen, wie beispielsweise Blutproben, bedeuten größtenteils invasiven Aufwand für die Probanden und es kann nur eine kurze Periode von höchstens 24 Stunden betrachtet werden (Urinanalysen), welche sehr anfällig für spontane Stressreaktionen sind. Cortisol in Haaren dient also als biologischer Langzeitmarker für z. B. Stress und weitere mit Cortisol in Zusammenhang stehenden Parametern.

Cortisol wird wie körperfremde Stoffe durch die Blutkapillaren an der Haarpapille in die Haare eingebaut. Eine weitere Möglichkeit ist die Einlagerung von Cortisol durch Talg oder Schweiß während der Haarbildung. Das Cortisol in Haaren steht in engem Zusammenhang mit freiem Cortisol im Blut (Gao et al. 2010).

Im medizinischen Bereich wird diese Methode zur Untersuchung unterschiedlicher Krankheiten verwendet, welche auf Veränderungen der Cortisolkonzentration beruhen (van Rossum 2015). Einige dieser Krankheiten sind in Tabelle 1 aufgelistet.

Studien zeigten, dass die Haarcortisolkonzentration im Alter signifikant zunimmt (Dettenborn et al. 2011; Feldman et al. 2002; Feller et al. 2014). In dieser Studie wird die Konzentrationsbestimmung aus Haaren rückblickend für drei Monate verwendet, um eine mittlere Cortisolkonzentration für den Winter und den Sommer zu erhalten (s. Kapitel 5.4).

**Tabelle 1 Krankheitsbilder und die dazugehörigen Haarcortisolveränderungen (nach van Rossum et al. 2015)**

Krankheitsbild	Haarcortisol erhöht	Haarcortisol erniedrigt
<b>Körperliche Faktoren</b>	Morbus Cushing Übergewicht Metabolisches Syndrom Diabetes mellitus Herz-Kreislauf-Erkrankungen	Kinderasthma mit Glucocorticoidinhalation
<b>Stress (Chronisch und akut)</b>	Traumata Schichtarbeit Lebensereignisse Arbeitslosigkeit Chronischer Schmerz	Traumatische Erfahrungen
<b>Psychopathologie</b>	PTBS Manisch-depressive Erkrankungen Bipolare Störungen	PTBS Generalisierte Angststörung Panikstörung

### 1.3 Haare

#### Aufbau des Haares

Haare sind zylindrische Strukturen, die aus der Haut herausragen und einen Durchmesser von ca. 50-120 µm haben (Lachenmeier 2003, Madea und Musshof 2004). Das eigentliche Haar besteht aus einer Zusammenlagerung von abgestorbenen Zellen. Sie werden in Haarfollikeln gebildet, welche ca. 4 mm tief in der Haut eingebettet sind. Haarfollikel setzen sich aus drei Komponenten zusammen: Die becherartige Haarzwiebel (Bulbus pili), die Haarpapille, welche aus Bindegewebe und Blutgefäßen besteht, und dem umgebenden Bindegewebsmantel (Madea und Musshof 2004, Rohen und Lütjen-Drecoll 2000). Hier entstehen das Haarwachstum und die Entwicklung neuer Haare. Sie sind auch für die Haarfarbe zuständig, indem sie Melaningranula aus den Granulozyten für Farbe oder Luftbläschen für graue Haare in die Fibrillen einlagern. Die Haarzwiebel und der darüberliegende Haarschaft werden von zwei Wurzelscheiden umhüllt. Am Boden der Haarzwiebel befindet sich die bereits erwähnte Haarpapille. Hier findet das Haarwachstum durch Zellteilung statt.

Das eigentliche Haar besteht aus drei Schichten. Die äußere Schicht ist die Schuppenschicht (Cuticula), darauf folgt weiter innen der zentrale Cortex (Faserschicht) und ganz innen die Medulla (Mark). Die Cuticula besteht aus flachen, dachziegelartig übereinandergelegten keratinisierten Schuppzellen. Sie schützt die darunterliegenden Fasern. Haare bestehen zu 65-95% aus Proteinen (90% Keratin), 15-35% aus Wasser und

zu 1-9% aus Lipiden (Sebum), welche von Talgdrüsen gebildet werden. Die Haarproteine werden durch kovalente Disulfidbrücken zwischen Cysteinresten zusammengehalten. In Abbildung 5 ist die Einbettung und der Aufbau eines Haares in der Epidermis dargestellt.

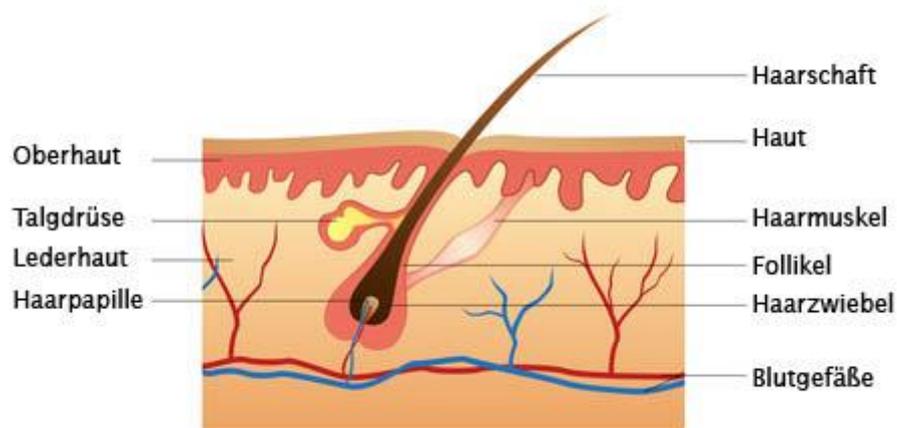


Abbildung 5 Aufbau des Haares [URL 1]

### Haarwachstum

Das Haarwachstum findet im Haarfollikel statt (Lachenmeier 2003, Madea und Musshof 2004). Es kann in drei Phasen unterteilt werden. Die erste Phase ist die Wachstumsphase, auch Anagenstadium genannt, und dauert bis zu 6 Jahre. Danach folgt als zweite Phase das Katagenstadium, welches 4-6 Wochen andauert. Dieses Stadium wird auch als Mischstadium bezeichnet. Die dritte und letzte Phase ist das Telogenstadium. Es dauert ca. 10 Wochen. In dieser Phase findet kein Haarwachstum mehr statt und endet mit dem Ausfall des Haares. 85-90% der Haare befinden sich im Anagenstadium, 1-3% im Katagenstadium und 7-9% im Telogenstadium.

Die Haarzellen verlängern sich in der Haarpapille und gelangen dadurch in die Keratinisierungszone. Hier nehmen die Zellen Melaningranula auf und verhornen. Danach sterben die Zellen ab und verhärten durch Dehydratisierung. Die Bausteine für das Haarwachstum erhalten die Haarpapillen aus feinen Blutkapillaren. Hier werden auch körperfremde oder andere Stoffe (z. B. Cortisol) in die Haare eingebaut oder sie werden durch Kontakt mit einem Emulsionsfilm (Schweiß, Sebum) aufgenommen.

Man geht im Allgemeinen von einer Wachstumsgeschwindigkeit von 1cm/Monat aus (Madea und Musshof 2004). Der genauere Aufbau eines Haares ist in Abbildung 6 dargestellt. In dieser Arbeit soll die Cortisolkonzentration im Haar rückblickend über drei Monate analysiert werden.

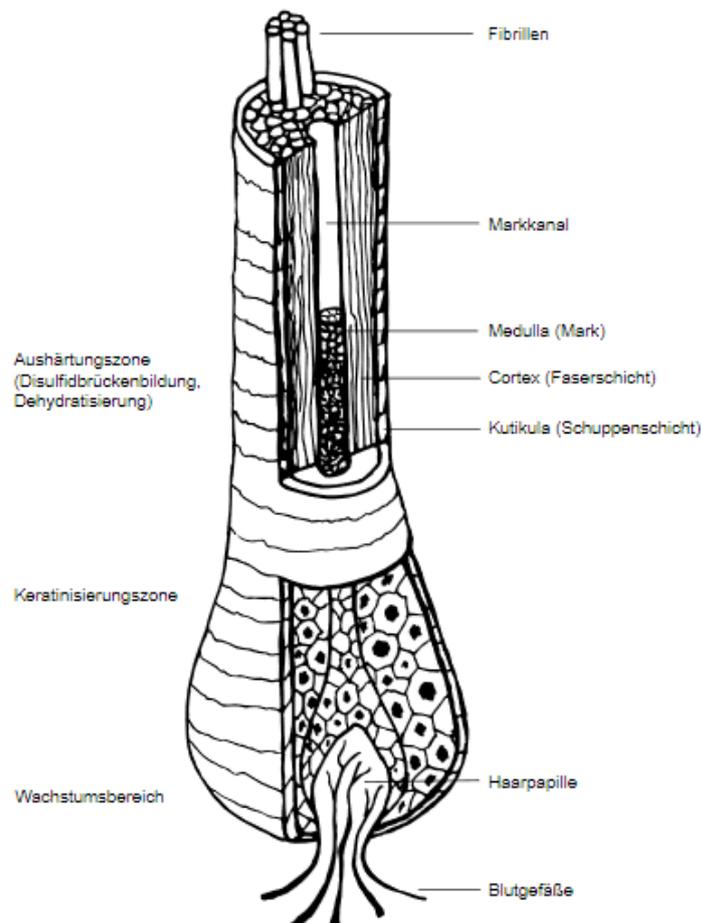


Abbildung 6 Aufbau des Haares (2) (Madea und Musshof 2004)

#### 1.4 Immunsystem und C-reaktives Protein

Das Immunsystem ist eine Art Verbindung von Zellen, verschiedenen Geweben und einzelnen Molekülen (Ferencík et al. 2004; Sorg und Sorg 2011). Eine Aufgabe des Immunsystems ist es, Pathogene und von Pathogenen infizierte Körperzellen zu erkennen und danach zu eliminieren. Zu den Pathogenen gehören Viren, Bakterien, Pilze und Parasiten sowie Allergene. Diese Pathogene können entweder extrazellulär an der Zellmembran von Wirtszellen sitzen, die Wirtszelle intrazellulär befallen oder aber frei in Körperflüssigkeiten oder interstitiellen Räumen vorkommen. Die Hauptagonisten des Immunsystems befinden sich in den primären und sekundären lymphatischen Organen (Ansorge 2007). Zu den Primären gehören das Knochenmark und die Thymusdrüse und zu den Sekundären Lymphknoten, Schleimhäute, Milz und andere. Man unterscheidet zwischen der angeborenen Immunantwort und der nicht-angeborenen Immunantwort, die miteinander gekoppelt sind.

##### Angeborenes Immunsystem

Die erste Stufe der Immunabwehr ist die physiochemische Barriere oder auch die natürliche Abgrenzung nach außen (Ansorge 2007; Sorg und Sorg 2011). Der erste Mechanismus sind

hierbei die Epithelien der Haut (Epidermis) und der inneren Organsysteme (Mucosa). Dem Anheften der Pathogene an diese wird durch Luft- und Flüssigkeitsströme entgegengewirkt. Außerdem bindet der von der Mucosa gebildete Schleim die Pathogene und transportiert diese ab.

Die zweite Stufe sind antimikrobielle Substanzen (Sorg und Sorg 2011). Hierzu gehören die Fettsäuren der Haut, Enzyme (z. B. Lysozym im Speichel und in der Tränenflüssigkeit, Salzsäure im Magen und Pepsin) sowie andere Verdauungsenzyme im Magen-Darm-Trakt. Auch die normalen Mikroorganismen tragen ihren Teil zur Abwehr bei, indem sie mit den Pathogenen um Nährstoffe konkurrieren.

Die dritte Stufe umfasst die Zellen des Immunsystems und deren Wechselwirkungen (Ferencík et al. 2004; Sorg und Sorg 2011; Ebersole und Cappelli 2000). Nach der Identifikation der Pathogene werden Endothelzellen, Makrophagen und Fibroblasten aktiviert, die durch Aktivierung von Cytokinen den Entzündungsprozess einleiten. Im Rahmen dieses Entzündungsprozesses steigt auch die Konzentration des C-reaktiven Proteins im Blut an.

#### Cortisol und das Immunsystem

Cortisol beeinflusst das Immunsystem (Goulding 2004, Köhrle und Petrides 2007). Es hemmt entzündliche und immunologische Prozesse. Außerdem hemmt es die Transkription von „Nuclear Factor Kappa B“ (NF-kB)-Inhibitorproteinen. NF-kB ist ein Transkriptionsfaktor für proinflammatorische Proteine und fördert somit Entzündungen. Cortisol wirkt hier als Transrepressor, indem es NF-kB blockiert. Darüber hinaus unterdrückt es die Produktion entzündungsfördernder Cytokine und die Proliferation von Lymphozyten. Dies geschieht, indem das Cytokin IL-2 durch Cortisol gehemmt wird und somit die Weiterleitung der Immunantwort auf T-Lymphozyten blockiert. Zusätzlich wird auch die Freisetzung des autokrinen Wachstumsfaktors  $\gamma$ -Interferon blockiert. Dies führt dazu, dass die T-Lymphozyten keine Makrophagen mehr aktivieren können. Cortisol wird daher auch in synthetischer Form als Hydrocortison in der Medizin verwendet, wenn die Entzündungsreaktionen und Immunantworten zu einer Schädigung des Gewebes führen (Köhrle und Petrides 2007; Buckingham 2006; Li et al. 2009).

Die durch den Entzündungsprozess aktivierten Cytokine Tumornekrosefaktor  $\alpha$  (TNF- $\alpha$ ), Interleukin-2 (IL-2) und Interleukin-6 (IL-6), welche von den Zellen des Immunsystems gebildet werden, stimulieren umgekehrt die Freisetzung von Cortisol durch Förderung der Freisetzung durch CRH (Köhrle und Petrides 2007). Eine physiologische Dosis von Cortisol im Blut ist also notwendig für die Aktivität des Immunsystems, wohingegen eine zu hohe

Konzentration, z. B. bedingt durch Stress, das Immunsystem inhibiert, indem sie mit NF- $\kappa$ B des Immunsystems interagiert (Nader et al.2010).

Cortisol hemmt zudem die Transkription der Gene für die Bildung von Kollagen und Enzymen in Fibroblasten. Dies führt häufig zu Wundheilungsstörungen (Ansorge 2007).

### 1.4.1 C-reaktives Protein

Das C-reaktive Protein (CRP) ist ein Protein, das bei entzündlichen Prozessen im Körper gebildet wird und als Parameter der unspezifischen Immunantwort dient (Ansorge 2007; Petrides 2007; Black et al. 2004; Tillet und Francis 1930). Es gehört zur Familie der Pentraxine und das Molekül hat eine Masse von ca. 23 kDa. Das Gen befindet sich auf dem Chromosom 1q23.2 und besteht aus 4 Exons [URL 2]. Die Lage des Gens auf dem Chromosom ist in Abbildung 7 dargestellt. Es hat eine Länge von 537199 Basenpaaren (NC\_000001.11) [URL 2]. Abbildung 8 zeigt die Kristallstruktur von CRP gebunden an Phosphocholin. Jede der fünf Untereinheiten besitzt eine Bindungsstelle für Phosphorylcholin-Reste (Black et al. 2004; Bansal et al. 2014 Shrive 1996). Phosphorylcholin-Reste befinden sich auf der Oberfläche von vielen Pathogenen. Auf der anderen Seite des Proteins befinden sich C<sub>1q</sub> Bindungsstellen.

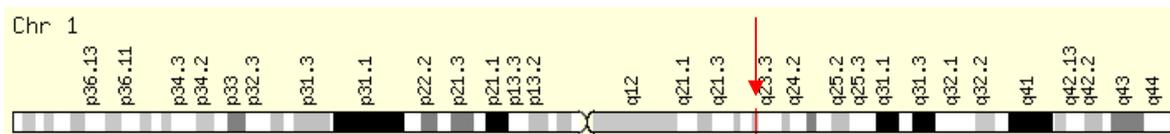


Abbildung 7 Lage des CRP-Gens auf dem Chromosom 1, Quelle: [URL 3]

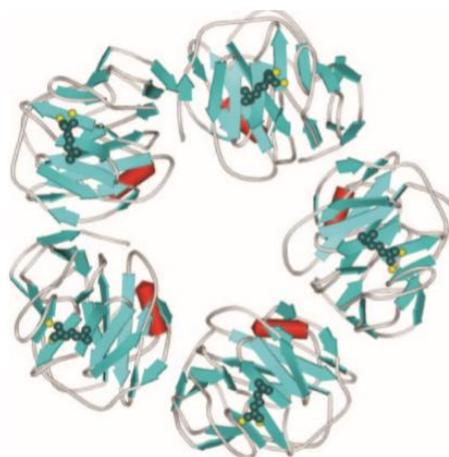


Abbildung 8 Kristallstruktur des CRP Proteins gebunden an Phosphocholin, gelb = Calcium, grün = Phosphocholin, blau = CRP (Black et al. 2004)

### Funktionsweise von CRP

In den entzündeten Bereichen werden Endothelzellen, Makrophagen und Fibroblasten durch Pathogene aktiviert (Ebersole und Cappelli 2000). Sie setzen daraufhin inflammatorische Cytokine frei, die über das Blut zur Leber gelangen. Der wichtigste Botenstoff für CRP ist hierbei Interleukin-6 (IL-6) (Black et al. 2004, Agrawal et al. 2003). IL-6 aktiviert die CRP-Transkriptoren NF- $\alpha$ B, C/EBP $\beta$  und C/EBP $\delta$ . Hier lösen sie in Anwesenheit von Cortisol als Cofaktor für die Genexpression die Synthese von den Akut-Phase-Proteinen aus, zu denen auch CRP gehört (Ebersole und Cappelli 2000, Petrides 2007). Die Bildung der Akut-Phase-Proteine ist in Abbildung 9 dargestellt. Die Akut-Phase-Proteine haben ihren Namen dadurch erhalten, dass sie die früheste immunologische Antwort auf eine Infektion sind. Die Synthese erfolgt in den Parenchymzellen (Hepatozyten) der Leber. Nach einer Infektion steigt die Anzahl der Akut-Phase Proteine, also auch CRP, innerhalb von 6-48 Stunden auf das 2-1000-fache an.

In Anwesenheit von Calcium bindet CRP an diese und wirkt so als löslicher „Pattern Recognition Receptor“ (PRR) (Ansorge 2007; Sorg und Sorg 2011, Black et al. 2004). Das Pathogen wird dadurch als „fremd“ markiert (Opsonierung). Durch Bindung an C<sub>1q</sub> wird die Komplementaktivierung induziert.

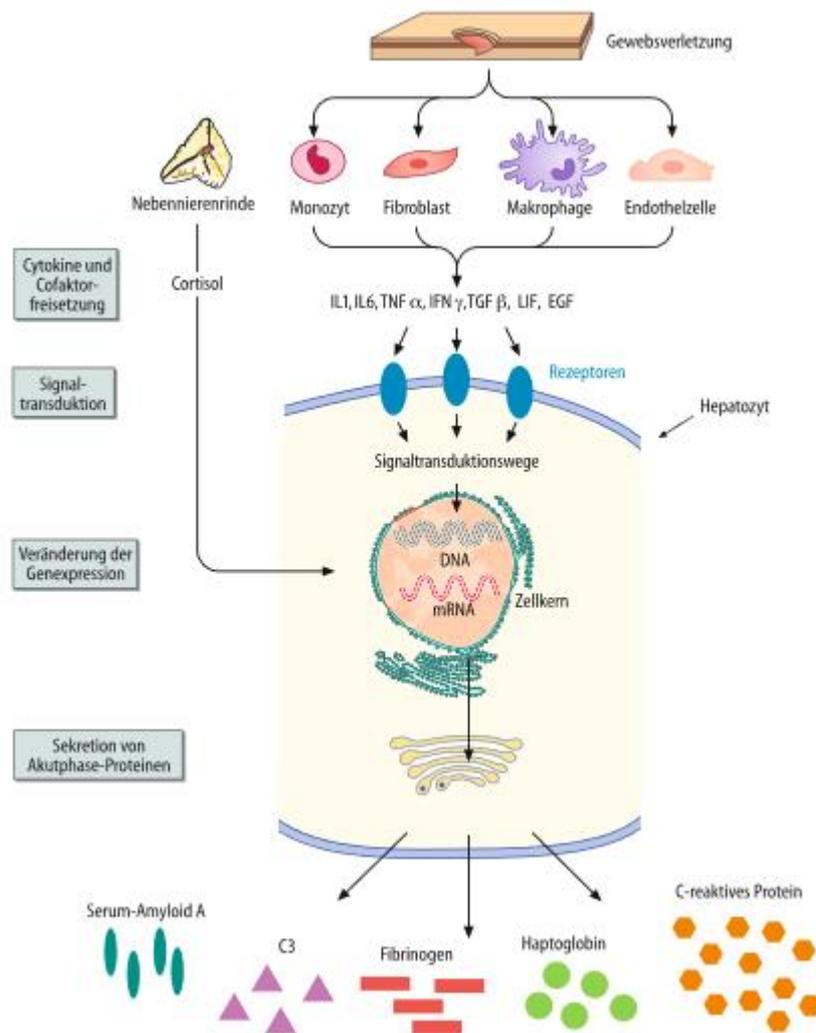


Abbildung 9 Bildung der Proteine der Akut Phase Antwort (Petrides 2007 S. 997)

### Normwerte von CRP

Angaben zu Normalwerten von CRP variieren in der Literatur. Der CRP-Wert ist ein unspezifischer Parameter und gibt keine Information über die Art der Erhöhung und kann daher als Marker für die Aktivität des Immunsystems betrachtet werden.

Die angegebenen Werte liegen zwischen 0,2 mg/L und <10 mg/L (Black et al. 2004; Gomes-Filho 2011; Meier-Ewert et al. 2001; Gani et al. 2004; Ahmadi-Abhari et al. 2013). Werte >10 mg/L werden als Zeichen für eine Infektion gesehen, wobei Werte über 100 mg/L als Zeichen für eine akute bakterielle Infektion gedeutet werden (Craig et al. 2003). Mit fortschreitendem Alter steigt CRP im Normalzustand an. Die Frauen in der Studie von Ahmadi-Abhari et al. (2013) waren in den Kategorien CRP 3,1-10 mg/L und >10 mg/L zusammen im Mittel 60,3 Jahre alt, wohingegen das mittlere Alter der Frauen CRP <1 mg/L bis 3 mg/L zusammen bei 57,6 Jahren lag. Bei älteren gesunden Probandinnen zwischen 64 und 97 Jahren lag der mittlere CRP bei 2,4 mg/L (Kuoppamäki et al. 2015). Geschlecht, Alkoholkonsum und Rauchen haben nach Ahmadi-Abhari et al. (2013) keinen Einfluss auf

den CRP-Wert, wohingegen Shiels et al. (2014) herausgefunden haben, dass CRP-Werte bei Rauchern signifikant erhöht sind. Eine weitere Studie hat gezeigt, dass die CRP-Konzentration im Alter zunimmt, bei Rauchern und bei einem erhöhten BMI (Wium-Andersen et al. 2013).

#### Veränderungen des CRP-Wertes durch Krankheiten

Der CRP-Wert ist bei Krankheiten, die mit geringgradigen Entzündungen einhergehen, erhöht (Trayhurn und Wood 2004, Capuron et al. 2008). Dazu gehören u. a. Adipositas, Herz-Kreislaufkrankungen und das metabolische Syndrom. Bei Adipositas besteht der Verdacht, dass die Fettzellen selbst in der Lage sind, CRP zu produzieren. Ein erhöhter Body Mass Index (BMI) ( $>25 \text{ kg/m}^2$ ) und ein höherer Taillenumfang gehen ebenfalls mit einem höheren CRP-Wert einher (Trayhurn und Wood 2004). Ein höherer CRP-Normalwert ist auch ein Risikofaktor für kardiovaskuläre Erkrankungen, was auch mit geringgradigen Entzündungen einhergeht (Pearson et al. 2003, Jialal et al. 2004; Ridker et al. 2017). Die CRP-Werte werden hierfür in die Kategorien „Geringes Risiko  $< 1 \text{ mg/L}$ “, „Mittleres Risiko  $1-3 \text{ mg/L}$ “ und „Erhöhtes Risiko  $>3 \text{ mg/L}$ “ eingeteilt und dienen hier als Indikator. Diese Einteilung gilt vor allem für junge und mittelalte Menschen (NACB LMPG Committee Members 2009). Bei den Probandinnen mit kardiovaskulärer Erkrankung lag der CRP um  $0,2 \text{ mg/L}$  höher als bei Probandinnen ohne kardiovaskuläre Erkrankung. Dieser Wert war allerdings statistisch nicht signifikant. Außerdem scheinen Depressionen und andere psychische Erkrankungen zu erhöhten CRP-Konzentrationen zu führen (Wium-Andersen et al. 2013).

#### Cortisol/CRP-Verhältnis (Cortisol/CRP Ratio)

Das Verhältnis von Cortisol zu CRP gibt Aufschluss über die Regulierung der Hypothalamus-Hypophysen-Nebennieren-Achse und des Immunsystems (Suarez et al. 2015). Eine Störung dieses Systems ist durch eine Veränderung des Verhältnisses gekennzeichnet, was entweder durch zu viel oder zu wenig Cortisolproduktion im Verhältnis zum proinflammatorischen Protein CRP verursacht wird (Straub et al. 2011). Dieses Verhältnis wird schon länger als Marker für das Risiko, an entzündlichen Krankheiten und Depressionen zu erkranken, verwendet (Miller et al. 2005; Suarez et al. 2015). Hierbei hat sich außerdem gezeigt, dass bei steigendem Alter und bei steigendem BMI das Cortisol/CRP-Verhältnis statistisch signifikant sinkt. Das Verhältnis von Cortisol zu CRP wird häufig in drei Bereiche eingeteilt. Diese stehen für „pro-entzündlich“ bei einem niedrigen Verhältnis, für „Homöostase“, also für Gleichgewicht im mittleren Bereich, und für „anti-entzündlich“ bei einem hohen Verhältnis (Sharpley et al. 2019). Sharpley et al.

(2019) zum Beispiel haben ihre eigenen logarithmierten Cortisol/CRP-Werte ( $\log(\text{Cortisol/CRP})$ ) -1,28 bis 0,49 nmol/mg für pro-entzündlich, für ein Gleichgewicht von 0,50 bis 1,02 und für zu viel Cortisol, also anti-entzündlich, von 1,03 bis 1,53 nmol/mg eingeteilt.

### **1.5 Circannualer Rhythmus von Cortisol, CRP, weiteren Immunparametern und Uhrengenen**

Die jahreszeitlichen Unterschiede der Transkription von Genen, die das Immunsystem betreffen, haben Einfluss auf die Immunantwort (Castro Dopico et al. 2014). Es gibt diverse Studien, die darauf hindeuten, dass Cortisol im Winter eine höhere Konzentration hat als im Sommer (Hansen et al. 2001; Persson et al. 2009; Del Ponte et al. 1984; Walker et al. 1997; Hadlow et al. 2014).

CRP weist jahreszeitliche Schwankungen auf (Guinsburg et al. 2015; Liu et al. 2015; Rudnicka 2006). Danach sind bei Gesunden die CRP-Werte höher als im Sommer. Ein circadianer Rhythmus hingegen konnte nicht gefunden werden (Rudnicka 2006; Meier-Ewert 2001).

Das Immunsystem ist im Winter stärker aktiv als im Sommer, was sich durch erhöhte IL-6- und CRP-Konzentrationen im Winter zeigt (Castro Dopico et al. 2014). Weiterhin hat sich gezeigt, dass der anti-inflammatorische circadiane Transkriptionsfaktor BMAL1 im Winter am niedrigsten exprimiert wurde. Die genaue Wirkung von BMAL1 auf das Immunsystem ist allerdings nicht bekannt. Die Expression des Glucocorticoidrezeptors, welcher die Wirkung von Cortisol vermittelt, war ebenfalls im Winter am niedrigsten und im Sommer am höchsten. Auch weitere Aspekte des Immunsystems, wie Chemokine, Phagosome und Lysosome, weisen mit einer höheren Aktivität im Winter einen jahreszeitlichen Rhythmus auf. Die Ergebnisse verschiedener Studien zu CRP und Cortisol sind in den Tabellen 2 und 3 aufgelistet.

**Tabelle 2 Studien zu CRP**

<b>Probanden N Geschlecht</b>	<b>Probe</b>	<b>Alter (Jahre)</b>	<b>Ergebnis</b>	<b>Quelle</b>
25639 m/w	Blut	40-79	CRP-Wert im Alter: 55,9 Jahre < 59,3 Jahre < 60,4 Jahre < 60,2 Jahre	Ahmadi-Abhari (2013)
87399 m/w	Blut	-	Sommer < Winter	Guinsburg (2015)
29440 m/w	Blut	>18	Sommer/Herbst < Winter/Frühling	Liu (2015)
10m/3w	Blut	21-55	kein circadianer Rhythmus	Meier-Ewert (2001)
7669 m/w	Blut	44-45	kein circadianer Rhythmus/Sommer < Winter	Rudnicka (2006)

**N = Probandinnenanzahl, m = männlich, w = weiblich, CRP = C-reaktives Protein**

**Tabelle 3 Studien zu Cortisol**

<b>Probanden N Geschlecht</b>	<b>Probe</b>	<b>Alter (Jahre)</b>	<b>Ergebnis</b>	<b>Quelle</b>
4 m	Blut	24-28	April < Dezember	Del Ponte et al. (1984)
105 m	Urin/Blut	24-33	Sommer < Winter	Walker et al. (1997)
11 w	Urin	26-42	Dezember/Januar > Sommer	Hansen et al. (2001)
17 m/w	Speichel	-	Juli/August < Februar/März/April	Persson et al. (2009)
52 m/w	Speichel	26-75	CAR kein jahreszeitlicher Unterschied	Thorn et al. (2011)
27569 m/w	Blut	49,5	Sommer < Winter	Hadlow et al. 2014
13 w/2 m	Speichel	28-61	Tagesverlauf kein Unterschied	Adamsson et al. (2017)

**N = Probandinnenanzahl, m = männlich, w = weiblich, CAR = Cortisolawachreaktion**

Diese jahreszeitlichen Schwankungen weisen ein gegensätzliches Muster in der nördlichen und südlichen Hemisphäre auf. Darüber hinaus wurden in Island weniger starke Schwankungen entdeckt. Dies weist darauf hin, dass die Sonneneinstrahlung eine Ursache für die Schwankungen sein könnte (Castro Dopico et al. 2014). Außerdem fanden Hadlow et al. (2014) heraus, dass auch die Uhrzeit des Sonnenaufgangs eine wichtige Rolle spielt. Hier wurde herausgefunden, dass für jede Stunde, die die Sonne früher aufgeht der Median der Cortisolkonzentration um 5% ansteigt.

## 1.6 Körperzusammensetzung

Die Körperzusammensetzung gibt in der Biologie Rückschlüsse auf Entwicklungs- und Alternsvorgänge des Menschen. Sie wird auch in der Medizin verwendet, da sie Hinweise auf bestimmte Krankheiten und den körperlichen Zustand nach Erkrankungen gibt (Müller 2009). Als Grundlage für Rückschlüsse auf den Fettmassenanteil wird häufig noch der Body-Mass-Index (BMI) verwendet. Er berechnet sich aus dem Körpergewicht und der Körperhöhe. Das Problem bei dieser Methode ist jedoch, dass das gleiche Körpergewicht durch unterschiedliche Anteile an Fettmasse oder Muskelmasse zustande kommen kann. Personen mit viel Muskelmasse und wenig Fettmasse werden ebenso als „übergewichtig“ eingestuft wie Personen mit wenig Muskelmasse und viel Fettmasse (Romero-Corral et al. 2008). Die Bioimpedanzanalyse stellt durch eine speziellere Messtechnik eine deutlich genauere Methode dar. Durch neuere Methoden kann die Körperzusammensetzung nach dem 3-Kompartimenten-Modell aufgeteilt werden in das Körperfett, die extrazelluläre Masse und die Körperzellmasse. Die extrazelluläre Masse umfasst zusätzlich noch das extrazelluläre Wasser, während die Körperzellmasse zusätzlich das intrazelluläre Wasser erfasst. Das extrazelluläre Wasser setzt sich aus allen Flüssigkeiten zusammen, die außerhalb der Zellen sind (z. B. Blutplasma, Lymphe und interstitielle Flüssigkeiten). Die Körperzellmasse und die extrazelluläre Masse ergeben zusammen die Magermasse. Diese Kompartimente werden abgeleitet durch die Bestimmung des Gesamtkörperwassers. Das Gesamtkörperwasser gibt das im Körpergewebe enthaltene Elektrolytwasser wieder. Die Körperzellmasse gibt Auskunft über die Masse der sauerstoffoxidierenden und stoffwechselaktiven Zellen. Hierzu gehört die Muskulatur, das zentrale Nervensystem und die inneren Organe. Die extrazelluläre Masse umfasst Skelett, Bindegewebe und den Bereich zwischen den Zellen und dem Transzellularraum. Die Magermasse bezeichnet die gesamte fettfreie Masse (vgl. URL [4]).

Die Körperzusammensetzung ist abhängig von Alter, Geschlecht, dem körperlichen Aktivitätsgrad, welche zu mehr Muskelmasse führt, und dem Ernährungsverhalten (Drenowatz et al. 2015; Heitmann und Garby 2002).

## 1.7 Sonneneinstrahlung

Der menschliche Organismus synchronisiert seine innere Uhr an die Außenwelt durch Licht, das auf die Netzhaut trifft. Der endogene Hauptzeitgeber im menschlichen Organismus ist der *Suprachiasmatische Nucleus* (SCN). Er liegt paarig im ventralen Hypothalamus über dem *Chiasma opticum* und erhält u. a. Informationen über die Umwelt durch die Lichtsinneszellen der Retina, welche durch die Beleuchtungsdauer ausgelöste Signale über

die retino-hypothalamische Bahn zum SCN leiten (Rusak und Zucker 1979). Hierbei ist die Intensität, die Dauer, die spektrale Zusammensetzung und die Tageszeit der Einstrahlung auf das Auge entscheidend für die Stärke der Reizweiterleitung (Adamson et al. 2017). Das Lichtsignal führt zur Reizweiterleitung bis zum SCN und aktiviert dort eine Signalkaskade, an deren Ende die zentralen Uhrengene stehen (De Vries et al. 1994; Rhegunandanan und Rhegunandanan 2006).

Die gesamte Sonneneinstrahlung wird in Watt (Strahlungsleistung) pro Fläche angegeben ( $\text{W}/\text{m}^2$ ). An einem klaren Sommertag erreicht die Strahlung einen Wert von ca.  $900 \text{ W}/\text{m}^2$  bis  $1000 \text{ W}/\text{m}^2$  ([URL 5]; [URL 6]). Im Winter hingegen beträgt die Strahlung um die Wintersonnenwende weniger als  $200 \text{ W}/\text{m}^2$ .

Das Spektrum der Sonneneinstrahlung erstreckt sich im für den Menschen sichtbaren Bereich von etwa  $400 \text{ nm}$  (violett) bis  $750 \text{ nm}$  (rot). Das Maximum der Strahlung liegt bei  $500 \text{ nm}$ . Das menschliche Auge ist bei einer Wellenlänge von  $555 \text{ nm}$  am empfindlichsten (Stroppe et al. 2012).

Die Beleuchtungsstärke (Lux = lx) wird in Lumen pro Fläche angegeben ( $\frac{\text{lm}}{\text{m}^2} = 1 \text{ lx}$ ). Sie gibt an, welcher Lichtstrom einer Lichtquelle auf eine Fläche fällt. Sie gibt somit die Intensität des Lichtes an. Die Lichtexposition gibt an, wie lange eine Person einer gewissen Beleuchtungsstärke ausgesetzt war ( $\text{lx} \times \text{min}$ ).

Im Sommer ist die Lichtexposition ( $\text{lx} \times \text{min}$ ) signifikant höher als im Winter (Adamsson et al. 2017). Im Frühling und im Herbst ist sie ähnlich. Außerdem wurde in dieser Studie die Lichtexposition zu verschiedenen Tageszeiten erfasst. Hier hat sich gezeigt, dass die Probanden im Sommer zwischen 16 Uhr und 20 Uhr die höchste Lichtexposition hatten ( $726,036 \text{ lx} \times \text{min}$ ) und im Winter zwischen 12 Uhr und 16 Uhr ( $39225 \text{ lx} \times \text{min}$ ). Dies ist vermutlich auf die unterschiedliche Photoperiode der Jahreszeiten zurückzuführen, da sie durch einen späteren Sonnenauf- und einen früheren Sonnenuntergang verkürzt wird. Cortisol hat in dieser Studie keine jahreszeitlichen Veränderungen gezeigt.

## 1.8 Zusammenführung

Der Zusammenhang aller Komponenten ist in Abbildung 10 dargestellt. Sie zeigt, dass am Beginn der dargestellten Signalwege die Sonne steht, deren Signale über die retino-hypothalamische Bahn zum SCN weitergeleitet werden (Rusak und Zucker 1979). Der eine Signalweg beeinflusst das Uhrengen *hBmal1* und der zweite beschriebene Signalweg aktiviert die Hypothalamus-Hypophysen Nebennierenrinden-Achse. Es wird deutlich, dass Cortisol über zwei verschiedene Wege das Immunsystem beeinflusst. Beide Wege haben

Einfluss auf die Bildung von CRP. Da CRP ein Entzündungsmarker ist, steigt es mit dem Vorhandensein einer Entzündung an. Cortisol ist ein Entzündungshemmer und hemmt als dieser die Aktivität des Immunsystems. Einerseits hemmt es die Bildung von CRP, indem es das Immunsystem hemmt, andererseits ist Cortisol als Kofaktor an der Bildung von CRP beteiligt. Im Winter sind die CRP-Konzentrationen und die Cortisolkonzentrationen erhöht (Hansen et al. 2001; Persson et al. 2009; Del Ponte et al. 1984; Walker et al. 1997; Hadlow et al. 2014; Guinsburg et al. 2015; Liu et al. 2015; Rudnicka 2006). Die Abbildung 10 zeigt, wie Cortisol und CRP durch das Netzwerk aktiviert werden. Die erhöhte Erkrankungsgefahr im Winter und die niedrigeren Temperaturen erhöhen also die Konzentrationen beider Parameter.

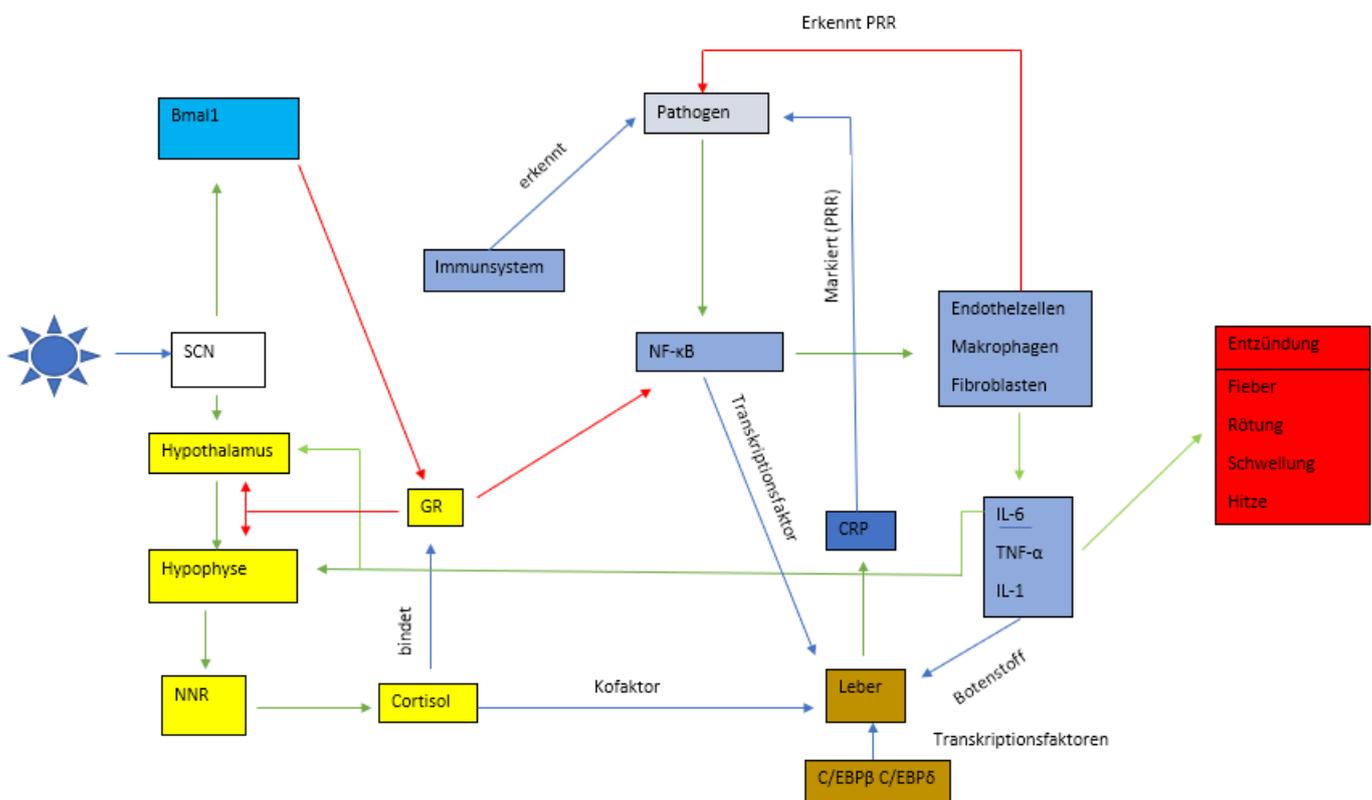


Abbildung 10 Zusammenhang der einzelnen Faktoren der HPA-Achse und des Immunsystems. Das Sonnenlicht aktiviert die Freisetzung von Cortisol in der Nebennierenrinde (NNR) über den Suprachiasmatischen Nucleus (SCN), den Hypothalamus und die Hypophyse. Cortisol bindet an den Glucocorticoidrezeptor (GR) und hemmt so über verschiedene Mechanismen NF-kB. Das Immunsystem erkennt ein Pathogen, wodurch die Expression von NF-kB aktiviert wird. Dadurch werden Endothelzellen, Makrophagen und Fibroblasten aktiviert und wandern in das Pathogen-befallene Gewebe. Außerdem setzen sie die Cytokine Interleukin-6 (IL-6), Tumornekrosefaktor  $\alpha$  (TNF- $\alpha$ ) und Interleukin-1 (IL-1) frei. Diese leiten die typischen Entzündungsreaktionen Fieber, Rötung, Schwellung und Hitze ein. Zusätzlich aktivieren sie die Freisetzung der Akute-Phase-Proteine in der Leber, zu denen auch das C-reaktive Protein (CRP) gehört. Hierfür wird NF-kB als Transkriptionsfaktor, sowie die Transkriptionsfaktoren C/EBP $\beta$  und C/EBP $\delta$  benötigt sowie Cortisol als Kofaktor. Die Cytokine aktivieren zusätzlich die Freisetzung von Cortisol, indem sie die HPA-Achse stimulieren. Pfeile: Rot = Hemmung, grün = Aktivierung, blau = Weiteres, Kästen: gelb = Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse, blau = Immunsystem, rot = Entzündung, braun = Leberprozesse, hellblau = *hBmal1* Quelle: Autorin

## 1.9 Körpertemperatur

Die Körperkerntemperatur (KKT) folgt einem circadianen Rhythmus, der auch ohne exogene Zeitgeber aufrechterhalten wird (Aschoff 1955). Bei einem erwachsenen Menschen mit einem normalen Schlaf-Wach-Rhythmus liegt das Minimum der KKT bei ca. 36,5 °C gegen 04 Uhr morgens (Aschoff et al. 1967). Danach steigt es bis ca. 09 Uhr bis auf 37,2 °C an und erreicht am Abend gegen 20 Uhr ihr Maximum mit ca. 37,4 °C. Danach sinkt sie stetig, bis sie wieder ihr Minimum um 04:00 Uhr morgens erreicht. Die Messung erfolgt hierbei rektal oder alternativ oral. Im Hypothalamus sitzen Thermosensoren, die die Körperkerntemperatur und die Außentemperatur wahrnehmen und mit dem Sollwert von ca. 37 °C abgleichen (Silbernagl und Despopoulos 2012, Morf und Schibler 2013).

Eine neuere Studie an 93255 Probanden in Boston hat gezeigt, dass der Mittelwert der Körpertemperatur bei 36,7 °C liegt (Harding et al. 2019). Das Minimum wurde hier zwischen 06:00 Uhr und 08:00 Uhr erreicht und das Maximum zwischen 18:00 Uhr und 20:00 Uhr. Über eine Woche konnten hier keine statistisch signifikanten Unterschiede gefunden werden, obwohl es Veränderungen im Schlafverhalten und dem Tagesablauf gab. Über das Jahr betrachtet, lag die mittlere Körperkerntemperatur im Winter etwa 0,2 °C niedriger als im Sommer. Bei der distalen peripheren Hauttemperatur (PHT) wurde herausgefunden, dass sie im Winter statistisch signifikant niedriger ist als im Sommer (Martinez-Nicolas et al. 2015). Der Rhythmus wird durch Abgabe oder Produktion von Wärme erzeugt. Eine Verringerung der Körperkerntemperatur geschieht über die Erweiterung der Hautgefäße in der Peripherie. Hierbei wird entweder die proximale periphere Hauttemperatur (proximale PHT), z. B. am Oberschenkel, oder aber die distale periphere Hauttemperatur (distale PHT) an den Händen und Füßen betrachtet. Die Regulation der distalen PHT erfolgt durch Öffnen von arteriovenösen Anastomosen. Dadurch wird die Durchblutung erhöht und die Wärmeabgabe erleichtert. Am Fuß erreicht die PHT in Laborstudien ihr Minimum mit 33,39 °C zwischen 15 Uhr und 16 Uhr (Kräuchi und Wirz-Justice 1994). Das Maximum beträgt 34,83 °C und wird zwischen 06 und 07 Uhr morgens erreicht.

Die Rhythmen der PHT und der KKT sind voneinander abhängig. Der Verlauf der beiden Parameter ist in Abbildung 11 dargestellt. Bevor am Abend die KKT sinkt, um den Schlaf einzuleiten, steigt die PHT an, um Wärme abzugeben. Sie sind also beide von der Wärmeproduktion des Körperkerns abhängig (Jang et al. 2017).

Der circadiane Rhythmus der Körperkerntemperatur ist von der Informationsweiterleitung des SCN abhängig (Dibner et al. 2010, Morf und Schibler 2013). Er ist also eine gute Variable zur Beschreibung der circadianen Rhythmik der Probandinnen in dieser Studie.

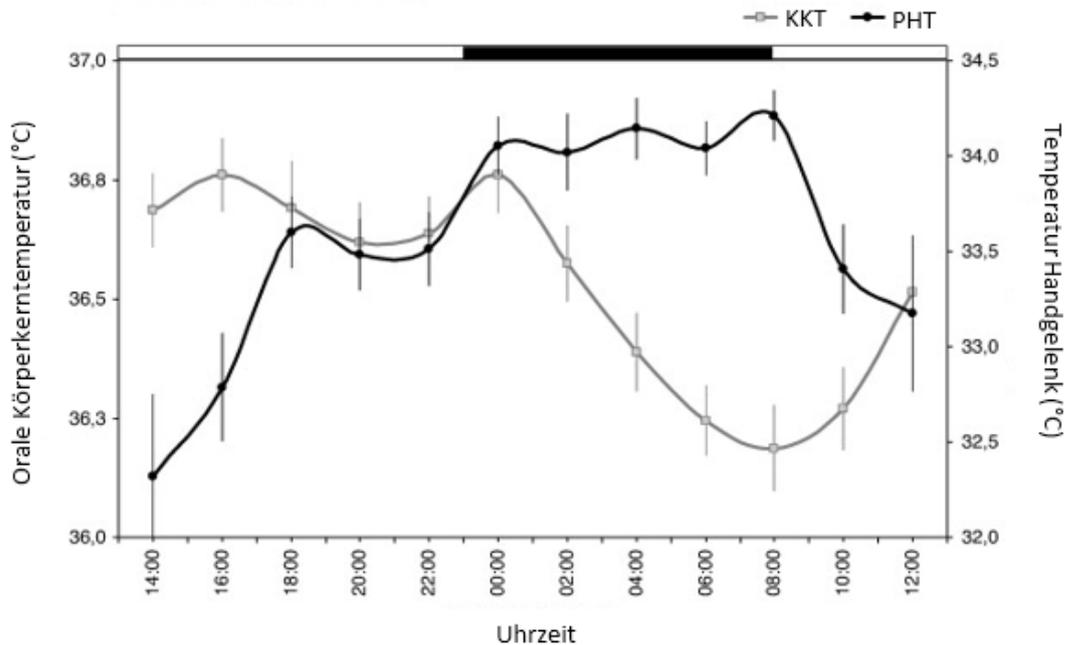


Abbildung 11 Circadianer Rhythmus der oralen Körperkerntemperatur und der peripheren Hauttemperatur gemessen am Handgelenk, KKT = Körperkerntemperatur, PHT = periphere Hauttemperatur, schwarzer Balken = Schlaf (Sarabia et al. 2008)

## 1.10 Altern

Seit 1980 befindet sich Deutschland in einem starken demografischen Wandel. Dies bedeutet, dass die Geburtenrate in Deutschland niedrig bleibt und die Bevölkerung immer älter wird ([URL 7]). Im Jahr 2016 betrug der Anteil an über 60-jährigen in der Bevölkerung 22,79% ([URL 8]). Aus biologischer Sicht ist das Altern ein Prozess, indem es zu einer Reduktion der Effektivität vieler Körperfunktionen kommt (Silbernagl und Despopoulos 2012). Hierzu gehören der Energiestoffwechsel und das Immunsystem. Weiterhin nehmen Muskelkraft, Gleichgewichtssinn, Reflexe und Ausdauer ab. Dies geschieht durch eine Anhäufung von irreversiblen Veränderungen im menschlichen Körper, die z. B. durch DNA-Schäden oder oxidativen Stress verursacht werden (Kurth 2011).

### Alternstheorien

Zum Altern gibt es verschiedene Theorien, die sich mit den Ursachen des Alterns beschäftigen (Lipsky und King 2015). Die bekanntesten Alternstheorien sind die genetischen oder „programmierten“ Theorien, wie die Telomerhypothese und die zelluläre Seneszenz, die Schadenstheorien und das Entzündungsaltern.

Bei der genetischen Theorie wird das Altern auf vorprogrammierte Prozesse zurückgeführt. Zu diesen gehört die Telomer-Hypothese. Als Telomere werden „Kappen“ am Ende von Chromosomen bezeichnet. Die Telomer-Hypothese besagt, dass sich nach jeder Zellteilung die Telomere an den Enden der Chromosomen verkürzen und das Alter der Zellen dadurch begrenzt wird. Das Enzym Telomerase kann diesen Prozess in Grenzen aufhalten.

Die Schadenstheorien führen den Vorgang des Alterns auf eine Anhäufung von Schäden durch oxidativen Stress und fehlerhafte Stoffwechselprodukte zurück. Außerdem wird angenommen, dass die Reparaturmechanismen im Alter abnehmen.

Auf das Entzündungsaltern wird in Kapitel 1.11 ausführlich eingegangen.

Ein weiterer Aspekt sind die Evolutionstheorien, welche sich mit dem Sinn des Alterns beschäftigen (Kirkwood 1997). Altern ist erst im Laufe der Evolution bei höheren Organismen entstanden und scheint daher ein evolutionärer Vorteil zu sein. Dies scheint nicht dem Prinzip des „Survival oft he fittest“ nach Darwin zu entsprechen. Ein Ansatz in diesem Zusammenhang ist das „Platzmachen“ für folgende Generationen, um nicht mit ihnen in Konkurrenz zu stehen (Francheschi et al. 2007).

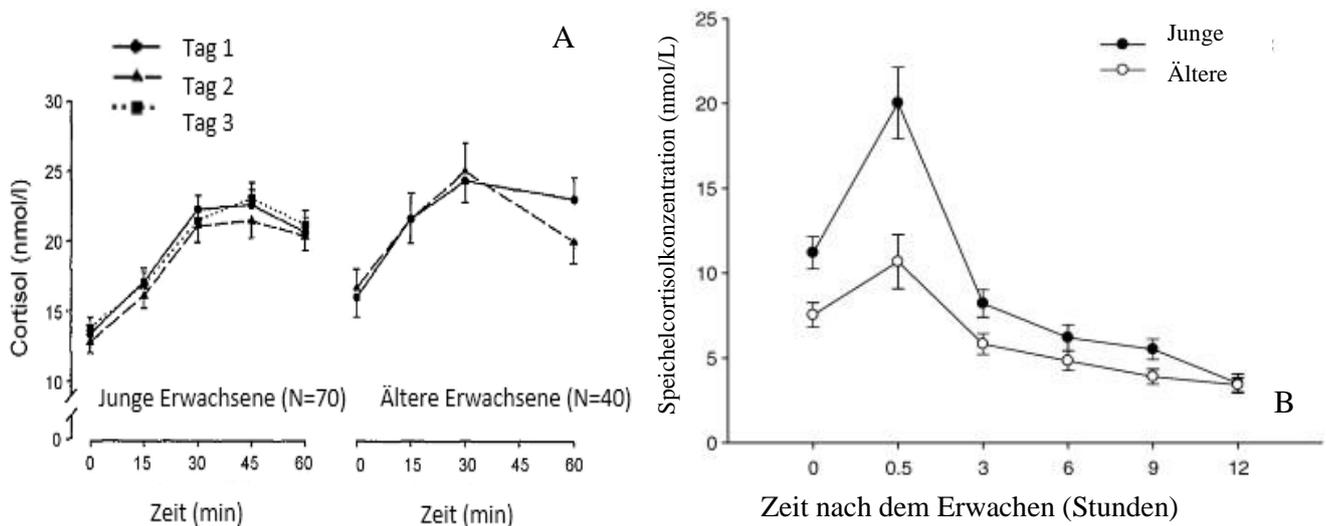
#### Altern und biologische Rhythmen

Im Alter werden viele biologische Rhythmen schwächer, wie der Schlaf-Wach-Rhythmus, der Körpertemperaturrhythmus und hormonelle Rhythmen. Dies geschieht u. a. dadurch, dass im Alter die Expression einiger Uhrengene behindert wird (Hofman und Swaab 2006). Zur Erklärung für diese Veränderungen gibt es verschiedene Ansätze. Der erste Ansatz ist eine Veränderung im SCN. Hierbei kommen unterschiedliche Studien zu unterschiedlichen Ergebnissen. Myers und Badia (1995) fanden heraus, dass die Zellanzahl des SCN im Alter abnimmt und dadurch weniger Reize aufgenommen und weitergeleitet werden können. Weiterhin kommt es nach Hofman und Swaab (2006) zu degenerativen Veränderungen der SCN-Zellen, was zu einer Störung der Reizweiterleitung führt. Eine andere Studie fand im Nagermodell heraus, dass es zu keiner Veränderung des Volumens, der Zellanzahl oder der Zellgröße des SCN im Alter kommt (Madeira et al. 1995). Der zweite Ansatz ist die Veränderung in der Reizweiterleitung des SCN (Hofmann und Swaab 1995). Es wurde herausgefunden, dass die Anzahl der Zellen für die Vasopressin-Produktion von einer neuronalen Unterordnung des SCN, bei jungen Menschen einen jahreszeitlichen Rhythmus aufweist. Die älteren Menschen hingegen zeigten keinen signifikanten jahreszeitlichen Rhythmus. Der dritte Erklärungsansatz ist eine verminderte Wahrnehmung von äußeren Reizen. Hierbei könnte eine altersbedingte Trübung der Linse, Katarakte oder Netzhauterkrankungen die Ursache für eine verringerte Wahrnehmung des Lichts sein

(Münch et al. 2005). Eine weitere Möglichkeit ist, dass ältere Menschen weniger Zeit im Freien und zu viel Zeit in zu dunklen Räumen verbringen, was eine unzureichende Wirkung von Licht als exogener Zeitgeber zur Folge haben könnte.

### Altern und Cortisol

Über die Veränderung der Cortisolkonzentration im Alter gibt es verschiedene Ergebnisse. Eine Studie fand heraus, dass sich die Cortisolkonzentration im Alter dahingehend ändert, dass sie über den Tag höher ist als bei jungen Menschen, einen höheren Anstieg am Morgen und einen abgeschwächten Abfall am Abend sowie eine höhere Konzentration am circadianen Minimum (Nadir) aufweist (Karlmanngla et al. 2014). Diese Unterschiede zeigen sich auch in der CAR. Auch hier weisen ältere Probanden höhere Konzentrationen auf als jüngere Probanden (Pruessner et al 1997). Der Vergleich der CAR zwischen jüngeren und älteren Erwachsenen nach Pruessner et al. (1997) ist in Abbildung 12 dargestellt. Die Ursache hierfür könnte durch Veränderungen in der HPAA erklärt werden (Gupta und Morley 2014). Es konnte z. B. eine Verminderung der Feedbackschleife beobachtet werden. Auch hier spielt die verminderte Wahrnehmung oder Weiterleitung von Licht eine Rolle (Münch et al. 2005; Gaffey 2016). Eine andere Studie fand heraus, dass die Cortisolkonzentrationen im Morgenprofil von älteren gesunden Erwachsenen im Vergleich zu jüngeren Erwachsenen zu jedem Messzeitpunkt signifikant niedriger waren (Heaney et al. 2010; Olbrich und Dittmar 2012).



**Abbildung 12 A) Vergleich der CAR (Cortisolaufwachreaktion) jüngerer versus älterer Erwachsene (nach Pruessner et al. 1997) B) Vergleich der Speichelcortisolkonzentration von Jüngeren und Älteren (nach Heaney et al. 2010)**

Bei Längsschnittstudien an älteren Probanden kommen unterschiedliche Studien zu unterschiedlichen Ergebnissen. Eine Studie aus dem Jahr 1997 fand heraus, dass es über eine

Zeitspanne von vier Jahren zum Anstieg oder auch zum Abfall der Cortisolkonzentration kommen kann (Seeman et al. 1997). Rueggeberg et al. untersuchten 157 Probanden (Männer und Frauen) mit einem mittleren Alter von 71,72 Jahren über eine Zeitspanne von vier Jahren. Sie fanden heraus, dass die mittlere Cortisolkonzentration mit fortschreitendem Alter ansteigt, der diurnale Verlauf jedoch erhalten bleibt. Dies ist in Abbildung 13 grafisch dargestellt. Ähnliches fanden auch Mossat et al. (2018) heraus. Sie untersuchten ebenfalls gemischte Altersgruppen und kamen auch zu dem Ergebnis, dass die Cortisolkonzentration im Alter ansteigt. Die Veränderungen der Cortisolkonzentration im Verlauf des Alterns sind in Tabelle 4 aufgelistet. In diesem Fall wurde keine Längsschnittstudie durchgeführt. An anderer Stelle wurde an Männern anhand einer Längsschnittstudie nach sieben bis zehn Jahren ein Abfall der Cortisolkonzentration beobachtet (Feldman et al. 2002).

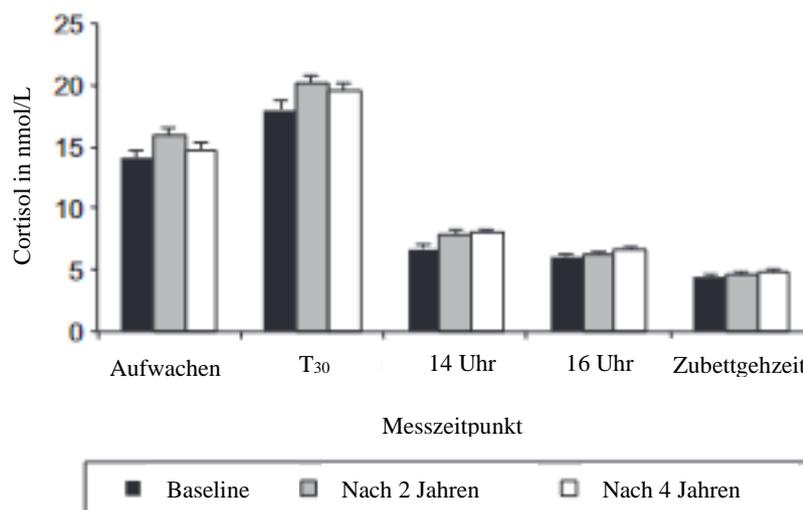


Abbildung 13 Mittelwerte und Standardabweichungen von Speichelcortisolkonzentrationen bei Männern (48,4%) und Frauen (51,6%) an drei Untersuchungstagen, Anzahl = 157, mittleres Alter = 71,72 (verändert nach Rueggeberg et al. 2012)

Tabelle 4 Veränderungen des Freien Cortisols im Urin/Kreatinin Verhältnisses über die verschiedenen Altersgruppen (verändert nach Moffat et al. 2019)

Alter	N	Veränderung des UFC/Cr Verhältnis	p
20er	127	-1,14	0,033
30er	114	-0,74	0,074
40er	216	-0,34	0,210
50er	518	0,06	0,740
60er	665	0,46	0,009
70s	691	0,86	0,001
80s	427	1,26	0,001

N = Anzahl an Probandinnen, UFC/Cr = Freies Cortisol im Urin/Kreatinin Verhältnis, p = Irrtumswahrscheinlichkeit

### Altern, Körperkerntemperatur und periphere Hauttemperatur

Die basale KKT scheint sich zwischen gesunden älteren und jüngeren Erwachsenen nicht zu unterscheiden (Kenney und Munce 2003). Allerdings beeinflussen diverse Faktoren die KKT von älteren Erwachsenen (Marion et al. 1991). Hierzu gehören der Zeitpunkt der Nahrungsaufnahme und die Anzahl der Mahlzeiten, Krankheiten (z. B. Diabetes), Armut, verminderte Selbstständigkeit, Alkohol, Rauchen und die Einnahme von Medikamenten. Der Rhythmus der KKT scheint sich allerdings dahingehend zu verändern, dass sie eine flachere Amplitude und frühere Phase aufweisen (Kenney und Munce 2003). Bei der Anpassung an äußere Temperaturveränderungen zeigen sich bei Kältestress Unterschiede zwischen jungen und älteren Erwachsenen. Ältere Erwachsene verlieren sowohl an den akralen als auch an den nicht-akralen Hautoberflächen mehr Wärme, da sich die Veränderung der Weite der Hautblutgefäße verschlechtert (Kenney und Armstrong 1996). Außerdem wird weniger Hitze zusätzlich als Ausgleich produziert, da ältere Erwachsene weniger Muskelmasse aufweisen als jüngere Erwachsene (Horvath et al. 1955). Bei Hitzestress weisen ältere Erwachsene schwächeres Schwitzen auf, reduzierten Blutfluss in der Haut und verringerte Herzleistung (Kenney und Munce 2003).

#### **1.11 Entzündungsaltern**

Ähnlich wie bei allen Organen nimmt auch die Leistung des Immunsystems im Alter ab. Diesen Prozess bezeichnet man als Immunseneszenz (Rink 2015; Panda et al. 2009). Dies zeigt sich vor allem daran, dass die Anzahl an Infektionen und weiteren Erkrankungen im Alter stark zunimmt. Darüber hinaus liegt die Sterberate infolge von Infektionen bei über 80-jährigen um das 10-fache höher als bei jungen Menschen. Die adaptive Immunantwort verändert sich im Alter dahingehend, dass die Haut und die Schleimhäute als erste Barriere dünner bzw. trockener werden (Rink 2015). Außerdem nimmt bei Älteren die Cilientätigkeit in der Lunge stark ab, was zu einer schlechteren Abwehr gegen Erreger und somit zu häufigen Pneumonien führt (Rink 2015). Ab dem 65. Lebensjahr steigt das Risiko, an Pneumonie zu erkranken, um das 3-5-fache und ab dem 84. Lebensjahr steigt die Mortalitätsrate der Pneumonie von 5–8% auf 38%. Auch die weiteren Abwehrmechanismen des Magen-Darm-Traktes nehmen ab. Das Komplementsystem des adaptiven Immunsystems ist hingegen nicht beeinflusst.

Auch die Gefahr, an Krebs zu erkranken, steigt mit dem Alter stark an (Rink 2015). Der Anteil der über 65-jährigen liegt bei Prostatakrebs bei ca. 81%, bei Blasenkrebs bei ca. 70%, bei Dickdarmkrebs bei ca. 74% und bei Bauchspeicheldrüsenkrebs bei ca. 72%. Es wird vermutet, dass dies im direkten Zusammenhang mit der Abnahme der Aktivität des

Immunsystems steht und genauer mit der Abnahme von T-Zellen und NK-Zellen (Rink 2015, Shaw et al. 2010). Hierfür spricht, dass besonders gesunde ältere 100-jährige Menschen, auch Centenarians genannt, eine hohe Aktivität an T-Zellen und NK-Zellen besitzen.

Die proinflammatorischen Cytokine nehmen im Alter zu (Rink 2015; Panda et al. 2009 Vasto et al. 2007). Dies ist ein Zeichen für chronische Entzündungen im Alter und wird als Entzündungsaltern oder „Inflammaging“ bezeichnet. Durch die vermehrte Produktion von IL-6 erhöht sich auch die CRP-Konzentration im Alter (Rink 2015; Ahmadi-Abhari et al. 2013; Wium-Andersen et al. 2013). Diese chronischen Entzündungen werden auch mit Erkrankungen des Alters wie Alzheimer, Arteriosklerose, Diabetes, starker Sarkopenie und Krebs in Verbindung gebracht (Vasto et al. 2007). Die vielen zusätzlichen Pathogene infolge dieser Entzündungen, führen dazu, dass der Körper auch unter erhöhtem Stress steht und somit vermehrt Cortisol als Stressantwort als auch als Entzündungshemmer freigesetzt wird (Franceschi et al. 2000) Dies kann auch eine Ursache für die erhöhten Cortisolkonzentrationen bei älteren Menschen sein (vgl. Kap. 3.8). Außerdem wird dieser Vorgang selbst als mögliche Ursache fürs Altern als Alternstheorie diskutiert

## 2 Zielsetzung

Circadiane Rhythmen werden durch die innere menschliche Uhr im SCN erzeugt (Rusak und Zucker 1979). Die Synchronisation mit der Außenwelt erfolgt hierbei durch den Hell-Dunkel-Zyklus und die Wahrnehmung von Licht. Dies beeinflusst die Expression von Uhrengenen, von denen *hBMAL1* eine wichtige Rolle spielt. Das Protein hBMAL1 hat sowohl Einfluss auf die Signalweiterleitung von Cortisol als auch auf die Expression von Cytokinen (Nader et al. 2009). Bei älteren Erwachsenen kommt es häufig zu einer Abschwächung oder Desynchronisation circadianer Rhythmen, zu denen der Cortisolrhythmus, der Schlaf-Wach-Rhythmus, und der Körpertemperaturrhythmus gehören (Hofman und Swaab 2006; Hofmann und Swaab 1995; Ando et al. 2010; Nader et al. 2009). Bisherige Untersuchungen haben gezeigt, dass Cortisol eine wichtige Rolle bei der Regulierung des Immunsystems bzw. bei entzündlichen Prozessen spielt, da es ein Entzündungshemmer ist (Goulding 2004, Köhrle und Petrides 2007). Als genereller unspezifischer Marker für die Aktivität des Immunsystems wird häufig die CRP-Konzentration im Blut verwendet, da sie zuverlässig einen entzündlichen Prozess widerspiegelt (Ansorge 2007; Petrides 2007; Black et al. 2004; Tillet und Francis 1930). Hierbei gibt es Unterschiede zwischen jüngeren und älteren Erwachsenen. Im Alter steigt die CRP-Konzentration an, was darauf hindeutet, dass vermehrt kleine oder größere Entzündungen vorliegen, was auch als Entzündungsaltern bezeichnet wird (Rink 2015; Ahmadi-Abhari et al. 2013; Wium-Andersen et al. 2013). Nach einigen Studien steigt auch die Cortisolkonzentration im Alter an (Karlamangla et al. 2014; Pruessner et al. 1997, Hollerbuhl 2015). Eine andere wiederum zeigte, dass sie bei älteren gesunden Menschen niedriger ist (Olbrich und Dittmar 2012).

Einige Studien haben herausgefunden, dass Cortisol und CRP nicht nur einen circadianen Rhythmus, sondern auch circannuale Rhythmen aufweisen. Castro Dopico et al. (2014) haben herausgefunden, dass das Immunsystem im Winter stärker aktiv ist als im Sommer, was sich durch erhöhte IL-6- und CRP-Konzentrationen im Winter zeigt. Weiterhin hat sich gezeigt, dass der anti-inflammatorische circadiane Transkriptionsfaktor hBMAL1 im Winter am niedrigsten exprimiert wurde. Die Expression des Glucocorticoidrezeptors, welcher die Wirkung von Cortisol vermittelt, war ebenfalls im Winter am niedrigsten und im Sommer am höchsten. Exogene Ursachen für die Schwankungen könnten die unterschiedliche Sonneneinstrahlung im Sommer und im Winter sein, wie Adamson et al. 2017 für das Merkmal Melatoninkonzentration annehmen.

Das Verhältnis von Cortisol zu CRP gibt Aufschluss über die Regulierung der Hypothalamus-Hypophysen-Nebennieren-Achse und des Immunsystems (Suarez et al. 2015). Eine Störung dieses Systems ist durch eine Veränderung des Verhältnisses gekennzeichnet, was entweder durch zu viel oder zu wenig Cortisolproduktion im Verhältnis zum proinflammatorischen Protein CRP verursacht wird (Straub et al. 2011).

Nach Kenntnis der Autorin wurden die jahreszeitlichen Schwankungen von CRP- und Cortisolkonzentrationen und deren Verhältnis zueinander noch nicht in einer Längsschnittstudie untersucht. Außerdem fehlt in diesem Bereich auch der Vergleich von jüngeren und älteren Erwachsenen. Die Langzeitcortisolkonzentrationen über die Jahreszeiten Winter und Sommer durch Haarcortisolanalysen wurden ebenfalls noch nicht untersucht. Es liegen weiterhin keine Untersuchungen zu den Unterschieden der jahreszeitlichen Sonneneinstrahlung und den Veränderungen der CRP- und Cortisolkonzentration im Vergleich von jüngeren und älteren Erwachsenen sowie mit weiteren circadianen Rhythmen wie Schlaf und Körpertemperatur vor. Außerdem ist der Zusammenhang zwischen diesen Variablen noch nicht endgültig erforscht. Daraus ergeben sich folgende zentrale Fragestellungen:

1. Wie sieht die jahreszeitliche Variation der Cortisolkonzentration bei jüngeren und älteren Erwachsenen aus? Gibt es Altersunterschiede?
2. Wie sieht die jahreszeitliche Variation der CRP-Konzentration bei jüngeren und älteren Erwachsenen aus? Gibt es Altersunterschiede?
3. Gibt es einen Zusammenhang zwischen Cortisol- und CRP-Konzentrationen? Liegen Altersunterschiede vor?
4. Gibt es einen Zusammenhang zwischen der jahreszeitlichen Sonneneinstrahlung und der Cortisol- sowie der CRP-Konzentration?

Erwartet wird, dass die Cortisol- und CRP-Konzentrationen bei jüngeren und älteren Probandinnen im Winter höher ist als im Sommer, da die Immunabwehr durch Kälte und die erhöhte Gefahr an Krankheiten zu erkranken im Winter stärker aktiviert ist (Del Ponte et al. 1987, Walker et al. 1997). Außerdem wird erwartet, dass die Cortisol- und CRP-Konzentration der jüngeren Probandinnen in beiden Jahreszeiten niedriger ist als bei den älteren Probandinnen, da diese Werte aufgrund des Entzündungsalterns bei älteren

Menschen erhöht sein sollten (Rink 2015; Ahmadi-Abhari et al. 2013; Wium-Andersen et al. 2013).

Zwischen der Cortisolkonzentration und der CRP-Konzentration (Cortisol/CRP-Verhältnis) wird ein Zusammenhang erwartet, da das Verhältnis dieser beiden Werte Aufschluss über die richtige homöostatische Regulierung der Hypothalamus-Hypophysen-Nebennieren-Achse und des Immunsystems gibt (Suarez et al. 2015). Hierbei wird erwartet, dass ältere Probandinnen ein niedrigeres Cortisol/CRP-Verhältnis aufweisen, mit einer Verschiebung hin zu mehr entzündlichen Prozessen im Körper und geringerer Cortisolproduktion.

Die Cortisolkonzentrationen sollten bei jungen und älteren Menschen von der Sonneneinstrahlung und Lichtexposition abhängig sein, da Licht ein wichtiger exogener Zeitgeber ist (Adamsson et al 2017).

## 3 Probanden

### 3.1 Rekrutierung

Untersucht werden sollte der Zusammenhang zwischen Cortisol- und CRP-Werten bei jüngeren und älteren Probandinnen in Bezug auf jahreszeitliche Veränderungen. Dies erfolgte in Form einer Längsschnittstudie. Hierbei sollten die gleichen Probandinnen im Winter (November 2018, Dezember 2018, Januar 2019) und im darauffolgenden Sommer (Juni, Juli, August 2019) untersucht werden. Im Rahmen dieser Langzeitstudie sollten zwanzig junge (20-35 Jahre) und zwanzig ältere (>60) Probandinnen im Winter und im Sommer untersucht werden. Als Winter wird hierbei der Zeitraum um die Wintersonnenwende, welche am 21.12.2018 ist, bezeichnet. Der Sommer ist der Zeitraum um die Sommersonnenwende am 21.06.2019. Dieser Zeitraum wurde gewählt, da nicht Temperatureinflüsse, sondern der Einfluss der Sonneneinstrahlung untersucht werden sollte. Die Sonneneinstrahlung ist zum Zeitpunkt der Wintersonnenwende am niedrigsten und zum Zeitpunkt der Sommersonnenwende am höchsten. Die Rekrutierung der Probandinnen erfolgte in universitären Lehrveranstaltungen und über soziale Netzwerke (junge Probandinnen) sowie in der Seniorenveranstaltung „Alter, Gesundheit und aktiver Lebensstil“ an der Universität Kiel im November 2018. Ergänzend wurden Flyer an Kieler Apotheken und Sportvereine verteilt.

Die Probandinnen trugen sich entweder mit ihrer Telefonnummer oder E-Mail-Adresse in eine Liste ein, oder schrieben der Untersucherin eine E-Mail oder meldeten sich telefonisch. Auf dem telefonischen Weg wurde zunächst eine genaue Erklärung der Studie durchgeführt und anschließend ein mündliches Abfragen der Ein- und Ausschlusskriterien. Bei Interesse wurde dann ein Termin für die Untersuchung vereinbart oder je nach Wunsch ein weiterer Termin für Fragen.

Die Probandinnen, die sich per E-Mail meldeten, erhielten eine ausführliche schriftliche Information über die Studie und ihren Verlauf und darüber hinaus noch die Ein- und Ausschlusskriterien sowie weitere Informationen als PDF-Datei.

Vor jeder Untersuchung im Winter bzw. im Sommer erhielten alle Probandinnen eine schriftliche Probandeninformation (Anhang A 1) und unterschrieben eine Einverständniserklärung (Anhang A 2). Außerdem wurden die Probandinnen abermals mündlich und schriftlich über die Inhalte der Studie und ihren Ablauf informiert und mussten noch einmal einen Fragebogen zu den Kriterien beantworten. Jeder Probandin wurden die Untersuchungsmethoden erklärt und die von den Probandinnen auszuführenden Aufgaben wurden mündlich und schriftlich erläutert.

Nach Abschluss der zweiten Untersuchungsrunde erhielten alle Probandinnen ihre persönlichen Ergebnisse per Post oder per E-Mail.

### **3.2 Ein- und Ausschlusskriterien**

Die Untersuchung wurde auf weibliche Probandinnen beschränkt, da es Geschlechtsunterschiede gibt. Außerdem weisen ältere Männer nur selten eine Haarlänge von über 3 cm auf.

Die jungen Probandinnen sollten im Altersbereich von 20-35 Jahre liegen und die älteren Probandinnen sollen mindestens 60 Jahre alt sein. Es wurden nur gesunde Probandinnen untersucht, die Nicht-Raucher waren, einen regelmäßigen Tag-Nacht-Rhythmus aufweisen und einen BMI  $\leq 28$  kg/m<sup>2</sup> aufweisen

In der Studie wurden inflammatorische, endokrinologische und physiologische Rhythmen untersucht. Um diese Parameter bei jungen und älteren Probandinnen vergleichen zu können, müssen für die Probandenrekrutierung umfassende Ausschlusskriterien aufgestellt werden, die die Cortisolkonzentration, die CRP-Konzentration und weitere Rhythmen beeinflussen können. Diese können in Verhaltensmuster, Krankheiten und Medikation eingeteilt werden.

Damit der Cortisolspiegel nicht beeinflusst wird, durften die Probandinnen nicht unter einer akuten Erkrankung leiden, keine endokrine Erkrankung, kein Diabetes, keine psychischen Erkrankungen, keinen Krebs in den letzten fünf Jahren, keine Herz-Kreislauf-Erkrankungen mit Ausnahme von medikamentös eingestelltem Bluthochdruck, kein Zahnfleischbluten und keine Schwangerschaft aufweisen (Stalder et al. 2016; Lee et al. 2011). Außerdem durften die Probandinnen keine Medikamente einnehmen, die Einfluss auf die Cortisolkonzentration haben (Stalder et al. 2016). Weiterhin durften die Probandinnen keine akuten oder chronischen Entzündungen aufweisen und keine akute oder chronische entzündliche Erkrankung und sie durften in den letzten 12 Monaten nicht operiert worden sein, da diese Faktoren Einfluss auf die CRP-Konzentration haben (Craig et al. 2003; Akashi et al. 2015). Außerdem mussten die Haare mindestens 3 cm lang sein, da nur dann ein ausreichender Zeitraum betrachtet werden kann. Jetlag in den letzten drei Monaten und Schichtarbeit haben Einfluss auf die untersuchten circadianen Rhythmen und gelten daher ebenfalls als Ausschlusskriterium (Stalder et al. 2016). Auch Rauchen und regelmäßiger Alkoholkonsum beeinflussen die Cortisolkonzentration und die Körpertemperatur (Stalder et al. 2016; Shiels et al. 2014). Die Ausschlusskriterien sind in Tabelle 5 noch einmal aufgelistet.

**Tabelle 5 Ausschlusskriterien**

<b>Ausschlusskriterium</b>	<b>Quelle</b>
<b>Raucher</b>	Shiels et al. (2014)
<b>BMI ≤ 28 kg/m<sup>2</sup></b>	Trayhurn und Wood (2004)
<b>regelmäßiger Alkoholkonsum</b>	Stalder et al. 2016)
<b>akute Erkrankung</b>	Stalder et al. (2016)
<b>systemischen Glucocorticoid-Medikamente</b>	Stalder et al. (2016)
<b>anderen Medikamente (besonders Cortison-haltige Medikamente, Schmerzmittel, Schlafmittel oder Antidepressiva)</b>	Stalder et al. (2016)
<b>endokrinen Erkrankungen (M. Cushing, M. Addison)</b>	Stalder et al. (2016)
<b>Diabetes</b>	Stalder et al. (2016)
<b>psychischen Erkrankungen (Depressionen, Bournout etc.)</b>	Stalder et al. (2016)
<b>chronischen Entzündungen</b>	Craig et al. (2003)
<b>akute Entzündungen</b>	Craig et al. (2003)
<b>akute oder chronische entzündliche Erkrankung (akute Entzündungen, starke Allergien, Autoimmunerkrankungen, entzündlich- rheumatische Erkrankungen, Arthrose, starkes Asthma oder chronische Bronchitis)</b>	Craig et al. (2003); Stalder et al. (2016)
<b>Krebs in den letzten 5 Jahren</b>	Stalder et al. (2016); Lee et al. (2011)
<b>Operation in den letzten 12 Monaten</b>	Akashi et al. (2015)
<b>Zahnfleischbluten</b>	Stalder et al. (2016)
<b>Herz-Kreislauf- oder endokrine Erkrankungen (ausgenommen medikamentös eingestellte Schilddrüsenfehlfunktion und Bluthochdruck)</b>	Stalder et al. (2016)
<b>Jetlag in den letzten 3 Monaten</b>	Stalder et al. (2016)
<b>Schichtarbeit</b>	Stalder et al. (2016)
<b>Schwangerschaft</b>	Stalder et al. (2016)

BMI = Body Mass Index

## 4 Materialien

In Tabelle 6 sind alle im Labor verwendeten Chemikalien aufgelistet, Tabelle 7 die verwendeten Geräte und in Tabelle 8 die verwendeten Materialien.

**Tabelle 6** Verwendete Chemikalien

<b>Chemikalien</b>	<b>Hersteller/Vertreiber, Filialsitz</b>
Cortisol ELISA (Speichel) Kit	IBL International, Hamburg
hsCRP Kit	Eurolyser Diagnostica GmbH, Salzburg
Wasser doppelt destilliert	Roth, Karlsruhe

**Tabelle 7** Verwendete Geräte

<b>Geräte</b>	<b>Hersteller/Vertreiber, Filialsitz</b>
Eppendorf Multipette® stream	Eppendorf, Hamburg
Eppendorf Research® 200 µL	Eppendorf, Hamburg
Gefrierschrank „Premium NO FROST“	Liebherr, Ochsenhausen
HydroFlex™ Microplate washer	TECAN, Männedorf (Schweiz)
Kühlschrank	
Orbitalschüttler IKA MS3 digital	IKA, Staufen
Tischzentrifuge „Rotina 38R“	Hettich Zentrifugen, Tuttlingen
Photometer MULTISKAN FC	Thermo Scientific, Fermentas, St. Leon-Rot
Eurolyser CUBE S	Eurolyser Diagnostica GmbH, Salzburg

**Tabelle 8 Verwendete Materialien**

<b>Materialien</b>	<b>Hersteller/Vertreiber, Filialsitz</b>
Eppendorf Combitips® plus 5 ml	Eppendorf, Hamburg
Etiketten	IBL International, Hamburg
Minivette® POCT	Sarstedt, Nümbrecht
Biosphere® Filter Tips 20-300 µL	Sarstedt, Nümbrecht
Röhre 50ml, 115x28mm, PP	Sarstedt, Nümbrecht
Rotiprotect® -Latex (puderfreie Handschuhe)	Roth, Karlsruhe
SaliCap Röhrchen	IBL International, Hamburg
Sicherheitslanzette Unistik ® 3 21 G 2.0 mm	Owen Mumford, Großostheim-Ringheim
Strohhalme	IBL International, Hamburg

## 5 Methoden

### 5.1 Studiendesign und Durchführung

Das Studiendesign zeigt Abbildung 14. Die Untersuchung erfolgt in jeder Jahreszeit über einen Zeitraum von vier Tagen im Untersuchungsraum der AG Humanbiologie des Zoologischen Instituts der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel und bei den Probandinnen zu Hause. Vor dem Tag der Untersuchung wurde ein Informationstermin vereinbart. Dort wurden sie umfassend mündlich und schriftlich über den Inhalt und den Ablauf der Studie informiert und unterschrieben eine Einverständniserklärung, falls sie an der Studie teilnehmen möchten. An Tag 1 kamen die Probandinnen zwischen 07 und 11 Uhr in die AG Humanbiologie. Dort wurden anthropometrische Daten erhoben (Körperhöhe, Taillenumfang, Bauchumfang und Hüftumfang, Körpergewicht). Alle gemessenen Daten wurden in einen Datenbogen (Anhang A 3) eingetragen. Anschließend wurde die CRP-Konzentration gemessen. Dann erfolgte die Platzierung des Temperaturchips am Fußgelenk zur Messung der peripheren Hauttemperatur. Danach füllten sie Fragebögen aus, welche in den nächsten Kapiteln weiter beschrieben werden. Zum Schluss erhielten die Probandinnen die Utensilien zur Datenerhebung zu Hause und hierfür auch eine genaue mündliche und schriftliche Einweisung. Von Tag 1 bis Tag 4 sollten die Probandinnen ein Tagesprotokoll ausfüllen (s. Kapitel 5.3). Den Abend von Tag 1 und Tag 2 sollten die Probandinnen ruhig zu Hause verbringen, also keine stressigen Tätigkeiten ausüben, keinen Sport treiben und ab 19 Uhr das Haus nicht mehr verlassen, um die äußeren Einflüsse auf die periphere Körpertemperatur so gering wie möglich zu halten. Vor dem Zubettgehen sollten die Probandinnen die erste Speichelprobe  $T_{\text{Abend}}$  für die Cortisolanalyse sammeln. Weitere Speichelproben sammelten die Probandinnen am nächsten Morgen (Tag 2) direkt nach dem Aufwachen ( $T_0$ ), 30 Minuten nach dem Aufwachen ( $T_{30}$ ), 45 Minuten nach dem Aufwachen ( $T_{45}$ ) und 60 Minuten nach dem Aufwachen ( $T_{60}$ ). Am Abend und an Tag 3 wiederholte sich dieser Ablauf. An Tag 3 konnte nach 19 Uhr der Temperatursensor abgenommen werden. An Tag 4 brachten die Probandinnen die gesammelten Proben und den Temperatursensor zurück in die AG Humanbiologie. Dort wurde morgens noch einmal die CRP-Konzentration bestimmt. Die Haarprobennahme für die Haarcortisolanalyse erfolgte für den ersten Untersuchungszeitraum Ende Januar 2019 und für den zweiten Untersuchungszeitraum Ende Juli 2019 im Untersuchungsraum der AG Humanbiologie.

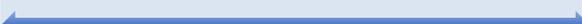
Jahreszeit	Winter 2018/2019				2019	Sommer 2019				2019
Monat	November/Dezember/Januar					Mai/Juni/Juli				
Untersuchungstag	Tag 1	Tag 2	Tag 3	Tag 4	Januar	Tag 1	Tag 2	Tag 3	Tag 4	Juli
Untersuchung	X					X				
CRP-Messung	X			X		X			X	
Speichelprobensammlung für Cortisol-Analyse		X	X				X	X		
HT-Messung										
Aktigrafie/Lichtstrommessung										
Fragebögen	X					X				
Tagesprotokoll	X	X	X	X		X	X	X	X	
Haarprobe					X					X
Speichelprobenabgabe				X					X	
solare Einstrahlung/ Sonnenauf- und Sonnenuntergang										

Abbildung 14 Studiendesign HT = Hauttemperatur, CRP = C-reaktives Protein

## 5.2 Fragebögen

Es wurden zur Charakterisierung der Probandinnen verschiedene Fragebögen verwendet.

### Allgemeiner Fragebogen

Der allgemeine Fragebogen (Anhang A 4) wurde in der AG Humanbiologie entwickelt und gilt der Erfassung demografischer und gesundheitsbezogener Daten der Probandinnen. Er umfasst 23 Fragen. Die ersten fünf Fragen beziehen sich auf den Familienstand, die Wohnsituation und den Beruf sowie dessen Arbeitsumfang. Diese demografischen Aspekte wurden zur Charakterisierung des Probandenkollektivs erfasst. Die anschließenden Fragen bezogen sich auf den selbsteingeschätzten Gesundheitszustand und auf den Konsum von Koffein und Alkohol. In den Fragen 14b bis 17 wurde nach Krankheiten und Medikamenteneinnahme gefragt. Zum Schluss wurde gefragt, ob sich die Probandinnen in der Menopause oder Postmenopause befinden, ob sie Kontrazeptiva einnahmen und vor wie vielen Tagen ihre letzte Menstruation begann, weil diese Faktoren Einfluss auf die Cortisolkonzentration haben könnten.

### Fragebogen zur Erfassung der Schlafqualität

Der „Pittsburgh Sleep Quality Index“ (PSQI) von Buysse et al. (1989) (Anhang A 5) diente der Erfassung der subjektiven Schlafqualität in den letzten vier Wochen. Er beinhaltet insgesamt 24 Fragen, von denen 19 von den Probanden und fünf von einem möglichen Mitbewohner/Partner beantwortet werden sollten. Diese fünf Fragen werden jedoch nicht mit in die Auswertung einbezogen und haben somit keinen Einfluss auf das Ergebnis der ermittelten Schlafqualität. Bei jeder Frage konnte ein Punktwert von 0 bis 3 erreicht werden. Aus der Summe der erreichten Punkte wird dann die Schlafqualität berechnet. Von 0 bis 5 Punkten wird die Schlafqualität der Probandinnen als „gut“ eingestuft und von 6 bis 21 Punkten als „schlecht“. Je höher die Punktzahl ist desto schlechter ist die Schlafqualität. Zusätzlich wird von der AG Humanbiologie zur Erfassung der genuinen Schlafdauer im Anschluss an die PSQI-Fragen noch gefragt, wie viel Schlaf die Probandinnen benötigen würden, um ausgeschlafen zu sein, wenn sie zwei Wochen lang jeden Tag so lange schlafen können, wie sie wollten. Eine gute Schlafqualität liegt vor, wenn die Einschlafdauer gering ist, wenig nächtliche Aufwacher von kurzer Dauer, eine hohe Schlafeffizienz und eine hohe effektive Schlafdauer im Vergleich zur Gesamtschlafdauer vorliegen (Buysse et al. 1989). Die Schlafeffizienz wurde mit folgender Formel berechnet:

Schlafeffizienz (%) = Schlafdauer (Minuten) × 100 / Liegedauer (Minuten)

#### Fragebogen zur Erfassung der Morgen-Abend-Präferenz

Die Ermittlung der Morgen-Abend-Präferenz wurde mithilfe des „Morningness-Eveningness Questionnaire“ von Horne und Östberg (1975) mit der deutschen validierten Version nach Griefhahn (2001) (Anhang A 6) durchgeführt. Der Fragebogen besteht aus 19 Fragen. Ein Teil der Fragen gibt einen Zeitraum vor, in dem der Proband sich in eine Situation hineinversetzen soll, in der er geistig oder körperlich gefordert ist, und dann beurteilen soll, wie gut er sich zu dieser Zeit fühlen würde. Ein anderer Teil fragt nach Zeiten oder Zeiträumen, zu denen sich der Proband am besten fühlt und ein weiterer Teil fragt nach dem Aufsteh- bzw. Zubettgehverhalten und nach dem Befinden nach dem Aufstehen. Den Zeiträumen und Zeiten bzw. den verschiedenen Antwortmöglichkeiten sind unterschiedliche Punktwerte zugeordnet. Aus der Gesamtpunktzahl ergab sich dann die Einteilung in einen Chronotyp. Diese Einteilung gilt allerdings nicht für ältere Erwachsene. Insgesamt können zwischen 16 und 86 Punkte erreicht werden. Bei 16,0-41,9 Punkten wird der Proband als „Abendtyp“ eingestuft, von 42,0-58,9 Punkten als „Neutraltyp“, von 59,0-86,9 als „Morgentyp“. Abendtypen haben in den Abendstunden ihr Leistungshoch und es fällt ihnen schwerer, morgens früh aufzustehen. Außerdem weisen Abendtypen häufiger eine schlechte subjektive Schlafqualität auf und leiden häufiger unter Tagesschläfrigkeit, da sie aufgrund späterer Zubettgehzeiten und sozialbedingter normaler Aufstehzeiten an Schlafmangel leiden (Crönlein et al. 2016; Gianotti et al. 2002). Bei Morgentypen verhält es sich andersherum. Morgentypen haben ihr Leistungsmaximum vormittags und haben Schwierigkeiten damit, abends länger wach zu bleiben. Normaltypen bewegen sich zwischen diesen beiden Extremen. Da sich diese Studie auch mit älteren Probandinnen befasst, wird hier nur von Morgenpräferenz und Abendpräferenz gesprochen

#### Fragebogen zur Erfassung der subjektiven Tagesschläfrigkeit

Der „Eppworth Sleepiness Scale“ (ESS) (Anhang A 7) diente der Erfassung der subjektiven Tagesschläfrigkeit. Er umfasst acht Fragen, die jeweils eine alltägliche Situation beschreiben. Zu diesen Fragen sollten die Probandinnen angeben, wie wahrscheinlich es ist, dass sie in dieser Situation einnicken oder einschlafen. Hierbei konnten sie zwischen den Abstufungen „0 = würde niemals einnicken“, „1 = geringe Wahrscheinlichkeit einzunicken“, „2 = mittlere Wahrscheinlichkeit einzunicken“ und „3 = hohe Wahrscheinlichkeit einzunicken“ wählen. Es konnten also 0 bis 24 Punkte erreicht werden. Bei 0 bis 10 Punkten wurden die

Probandinnen als „keine Tagesschläfrigkeit“ eingestuft und bei 11 bis 24 Punkten lag eine Tagesschläfrigkeit vor. Je höher die Punktzahl, desto ausgeprägter ist die Tagesschläfrigkeit.

#### Fragebogen zur Erfassung des Stresslevels

Der Fragebogen zur Erfassung des Stresslevels („Perceived Stress Scale“ PSS-10) (Anhang A 8) in der deutschen validierten Version nach Klein et al. (2016) bezieht sich auf die letzten vier Wochen. Die Probandinnen mussten zehn Fragen per Kreuz beantworten, wie oft sie mit einem stressigen Ereignis konfrontiert waren. Die Antwortmöglichkeiten waren jeweils „nie“, „fast nie“, „manchmal“, „ziemlich oft“ und „sehr oft“. Für die jeweiligen Antworten wurden Punkte von 0 bis 4 vergeben. Je höher die Summe der Punktwerte war, desto höher der Stresslevel. Es gibt jedoch keine Einteilung der Punktwerte, ab welcher erhöhter Stress als Kategorie vorliegt.

### **5.3 Tagesprotokoll**

Das Tagesprotokoll (Anhang A 9) sollte von den Probandinnen über vier Tage ausgefüllt werden. In dem Rahmen sollen die Aufwachzeit, die Zeiten der Speichelprobennahme, die Essenszeiten, der Zeitraum im Freien, sportliche Betätigung, die Zubettgehzeit und die Zeiträume, in denen der Temperatursensor abgenommen wurde (z. B. zum Duschen), protokolliert werden. Auch die Abnahme des Temperatursensor an Tag 3 sollte dokumentiert werden. Auf diese Weise war es möglich, die gesammelten Daten mit dem Tagesablauf der Probandinnen in Zusammenhang zu bringen.

### **5.4 Bestimmung der Cortisolkonzentration**

Analyse des Hormons Cortisol aus Speichelproben und Haarproben

#### Speichelcortisol: Probensammlung

In diesem Forschungsprojekt sollte die Cortisolkonzentration im Winter und im Sommer gemessen werden. Hierzu wurde einmal ein Tagesprofil aus Speichelcortisol erstellt. Speichelcortisol eignet sich in diesem Fall besser als Cortisolbestimmung mittels Bluts, da die Blutentnahme ein großer Stressfaktor für die Probandinnen darstellen würde. Dafür sammelten die Probandinnen über den Tag verteilt zu fünf bestimmten Zeitpunkten Speichelproben. Die Probennahme (Speichel) erfolgte bei den Probandinnen zu Hause an zwei aufeinanderfolgenden Tagen. Die Zeitpunkte der Probennahme waren direkt nach dem Aufwachen ( $T_0$ ), 30 Minuten nach dem Aufwachen ( $T_{30}$ ), 45 Minuten nach dem Aufwachen ( $T_{45}$ ), 60 Minuten nach dem Aufwachen ( $T_{60}$ ) und vor dem Zubettgehen ( $T_{\text{Abend}}$ ). Die Sammelzeitpunkte sollten zudem im Tagesprotokoll notiert werden. Die Probandinnen

wurden instruiert, mindestens 30 min vor jeder Speichelsammlung nichts zu essen und zu trinken, nicht die Zähne zu putzen, nicht zu rauchen und kein Kaugummi zu kauen.

Der Speichel wurde in SaliCaps (RE69995, IBL International, Hamburg) gesammelt. Diese befanden sich in einem Sammelbehälter (100 cc HDPE Behälter, AARDEX Group Ltd., Sion) mit Medication Event Monitoring Systems (MEMS)-Schraubdeckeln (MEMS 6 TrackCap 38 mm, AARDEX Group Ltd., Sion). In den Schraubdeckeln war ein Mikrochip integriert, der die Zeitpunkte des Öffnens speicherte, da die Probennahme zu falschen Zeitpunkten eine Fehlerquelle darstellte (Stalder et al. 2016). Daher entnahmen die Probandinnen zu jedem Sammelzeitpunkt nur ein SaliCap aus dem MEMS-Behälter und schraubten ihn anschließend wieder zu, damit er jeden Zeitpunkt separat aufzeichnen konnte. Die Probandinnen wurden über diese zusätzliche Kontrolle der Sammelzeitpunkte informiert. Die SaliCaps speichelten die Probandinnen an den erwähnten Messzeiten voll. Daraufhin wurde das SaliCap mit einem von der Untersucherin vorbereiteten Etikett beklebt und bis zur Abgabe im Gefrierschrank bei -20°C gelagert.

Die Proben brachten die Probandinnen an Tag 4 in die AG Humanbiologie und wurden anschließend bei -20 °C gelagert. Dies verlängerte die Lagerzeit der Proben und zerstörte muköse Bestandteile des Speichels.

Die von den MEMS-Schraubdeckel gespeicherten Probennahme-Zeitpunkte wurden mithilfe eines Kommunikators (MEMS-Reader USB, AARDEX Group Ltd., Sion) auf einen PC übertragen und dort mit der Software (PowerView Version 3 - Standard, AARDEX Group Ltd., Sion) ausgewertet.

#### Speichelcortisol: Enzyme Linked Immunosorbent Assay (ELISA)

Die Cortisolkonzentration der gesammelten Speichelproben wurde mit einem Enzyme Linked Immunosorbent Assay (ELISA) bestimmt. Die verwendeten Kits wurden bei 2-8 °C gelagert. Zu Beginn der Weiterverarbeitung wurden sie bei Raumtemperatur aufgetaut, gevortext und in einer Kühlzentrifuge (Rotina 38R Hettich Zentrifugen, Tuttlingen) bei 3000 RCF und 4 °C 10 min zentrifugiert. Daraufhin erfolgte eine Sichtkontrolle auf Kontamination mit Blut. Lag eine Kontamination vor, so wurden die Proben ausgeschlossen, da durch Blutbeigaben die Cortisolkonzentration im Speichel überproportional erhöht ist. Anschließend wurde die Cortisolkonzentration durch die Autorin mittels ELISA (Kit RE52611, IBL International, Hamburg) bestimmt. Die Bestandteile des Kits sind in Tabelle 9 aufgelistet.

**Tabelle 9 Bestandteile des ELISA (Kit RE52611, IBL International, Hamburg)**

Anzahl	Komponente
1 x 12 x 8	Mikrotiterplatte Streifen einzeln abbrechbar, beschichtet mit anti-Cortisol Antikörpern (Kaninchen)
1 x 13 mL	Enzymkonjugat Gelb gefärbt, gebrauchsfertig, enthält Cortisol (chromatografisch gereinigt), konjugiert mit HRP, Stabilisatoren
1 x 3,5 mL 5 x 1,0 mL	Standard A-F 0; 0,015; 0,04; 0,17; 0,70; 3,0 µg/dL enthält Cortisol, Puffer, < 0,1 BSA, < 0,1% ProClin
2 x 1,0 mL	Kontrolle 1 + 2 Gebrauchsfertig, Enthält: Cortisol, niedrig und hoch, Puffer, < 0,1 BSA, < 0,1% ProClin
1 x 15 mL	TMB Substratlösung Gebrauchsfertig, enthält TMB, Puffer, Stabilisatoren
1 x 15 mL	TMB Stopplösung Gebrauchsfertig, 1 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
1 x 100 mL	Waschpuffer Konzentrat (10x), Waschpuffer und Tween
3	Haftklebefolie

**Cortisol Saliva ELISA Instructions for Use (Kit RE52611, IBL International, Hamburg)**

Zuerst wurden je 50 µL Standards, Kontrollen und Proben in die jeweiligen Wells der Mikrotiterplatte pipettiert. Das Pipettierschema ist in Abbildung 15 exemplarisch dargestellt. Anschließend wurden in jedes Well 100 µL Enzymkonjugat pipettiert. Daraufhin wurde die Mikrotiterplatte mit der Haftklebefolie abgedeckt und auf einem Orbitalschüttler bei Raumtemperatur und 500 U/min für zwei Stunden inkubiert. Nach der Inkubationszeit wurde die Folie vorsichtig entfernt und die Inkubationslösung im Ausguss verworfen. Danach wurde die Platte mit Hilfe des HydroFlex™ Microplate washer (TECAN, Männedorf) gewaschen. Der Waschschrift wurde vier Mal mit je 250 µL verdünntem Waschpuffer je Well durchgeführt, um überschüssiges Antigen zu entfernen. Anschließend wurde in jedes Well 100 µL Tetramethylbenzidin (TMB) Substratlösung pipettiert und bei Raumtemperatur auf einem Orbitalschüttler bei 500 U/min für 30 min inkubiert. Zum Schluss wurden in jedes Well 100 µL TMB Stopplösung bestehend aus einmolarer Schwefelsäure (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) pipettiert. Die Schwefelsäure bewirkt eine Veränderung des pH-Wertes und somit einen Farbumschlag von blau nach gelb. Danach wurde sofort die optische Dichte der Proben mit Hilfe des Photometers MULTISKAN FC (Thermo Scientific) bei 450 nm und der

Referenzwellenlänge 620 nm durchgeführt. Das Gerät erstellte automatisch anhand der Werte der aufgetragenen Standards eine Standardkurve, mit Hilfe derer die Cortisol-Konzentration in den Speichelproben und den Kontrollen bestimmt wurde. Die Referenzbereiche des Kits sind in Tabelle 10 aufgelistet.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	Standard A	Standard E	01 T0 1	01 TA 1	01 T60 2	02 T45 1	02 T30 2	03 T0 1	03 TA 1	03 T60 2	04 T45 1	04 T30 2
B	Standard A	Standard E	01 T0 1	01 TA 1	01 T60 2	02 T45 1	02 T30 2	03 T0 1	03 TA 1	03 T60 2	04 T45 1	04 T30 2
C	Standard B	Standard F	01 T30 1	01 T0 2	01 TA 2	02 T60 1	02 T45 2	03 T30 1	03 T0 2	03 TA 2	04 T60 1	04 T45 2
D	Standard B	Standard F	01 T30 1	01 T0 2	01 TA 2	02 T60 1	02 T45 2	03 T30 1	03 T0 2	03 TA 2	04 T60 1	04 T45 2
E	Standard C	Kontrolle 1	01 T45 1	01 T30 2	02 T0 1	02 TA 1	02 T60 2	03 T45 1	03 T30 2	04 T0 1	04 TA 2	04 T60 2
F	Standard C	Kontrolle 1	01 T45 1	01 T30 2	02 T0 1	02 TA 1	02 T60 2	03 T45 1	03 T30 2	04 T0 1	04 TA 2	04 T60 2
G	Standard D	Kontrolle 2	01 T60 1	01 T45 2	02 T30 1	02 T0 2	02 TA 2	03 T60 1	03 T45 2	04 T30 1	04 T0 2	04 TA 2
H	Standard D	Kontrolle 2	01 T60 1	01 T45 2	02 T30 1	02 T0 2	02 TA 2	03 T60 1	03 T45 2	04 T30 1	04 T0 2	04 TA 2

Abbildung 15 Exemplarisches Pipettierschema

Tabelle 10 Referenzbereiche des ELISA (Kit RE52611, IBL International, Hamburg) ([URL 9])

Zeit nach dem Aufstehen(h)	Cortisol (Saliva) Bereich - RE52611					
	(♂/♀; > 6y; N= 100; 5%-95% percentile)					
	Median	Bereich (µ/dL)		Median	Bereich (nmol/L)	
	(µ/dL)	5%	95%	(nmol/L)	5%	95%
<b>Aufstehen</b>	0,343	0,113	0,803	9,47	3,12	22,17
<b>0,5</b>	0,478	0,200	1,076	13,19	5,52	29,70
<b>1</b>	0,384	0,101	0,936	10,60	2,79	25,82
<b>2</b>	0,234	0,083	0,574	6,44	2,29	15,85
<b>5</b>	0,150	0,074	0,355	4,14	2,04	9,79
<b>8</b>	0,116	0,055	0,314	3,20	1,53	8,67
<b>12</b>	0,082	0,032	0,322	2,26	0,87	8,89

N = Anzahl an Probandinnen, y = Jahre

Aus den Cortisolkonzentrationen wurden die Kenngrößen CAR und DC (Tagesabfall) nach folgenden Formeln berechnet:

$$\text{CAR } (\mu\text{g/dL}) = (\text{Cortisol T}_{45} (\mu\text{g/dL}) - \text{Cortisol T}_0 (\mu\text{g/dl}))$$

$$\text{DC1 } (\mu\text{g/dL}) = (\text{Cortisol T}_0 (\mu\text{g/dL}) - (\text{Cortisol T}_{\text{Abend}} (\mu\text{g/dL})))$$

$$\text{DC2 } (\mu\text{g/dL}) = (\text{Cortisol T}_{45} (\mu\text{g/dL}) - (\text{Cortisol T}_{\text{Abend}} (\mu\text{g/dL})))$$

Cortisol T<sub>0</sub> (µg/dl) = Cortisol-Konzentration beim Aufwachen

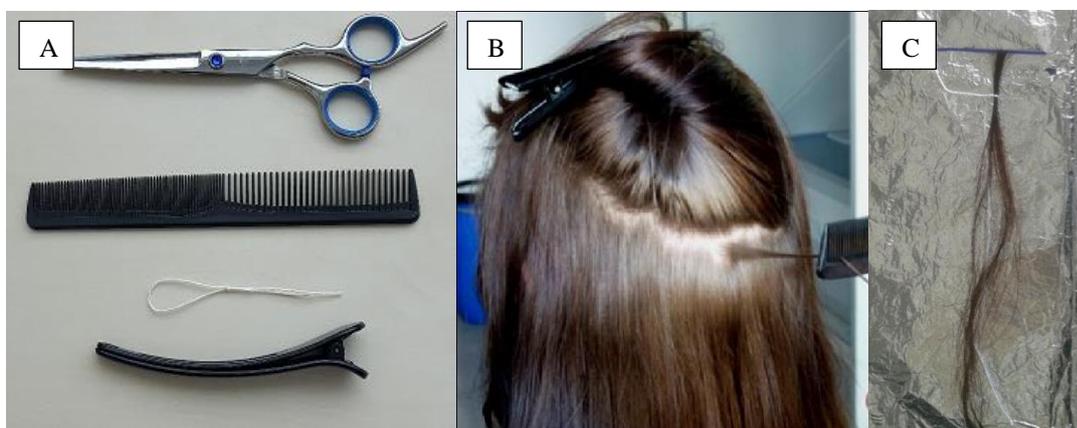
Cortisol T<sub>45</sub> (µg/dl) = Cortisol-Konzentration 45 min nach dem Aufwachen

Cortisol T<sub>Abend</sub> (µg/dl) = Cortisol-Konzentration am Abend (vor dem Zubettgehen)

Die DC1 ist der Tagesabfall ab dem Aufwachen bis zum Abend und DC2 ist der Tagesabfall ab 45 Minuten nach dem Aufwachen bis zum Abend.

## Haarcortisol

Zusätzlich wurde ein mittlerer Cortisolwert rückblickend über drei Wintermonate und drei Sommermonate durch die Analyse von Cortisol in Haaren ermittelt. Der Vorteil bei der Cortisolbestimmung aus Haaren ist, dass man einen längeren Zeitraum (mehrere Monate) betrachten kann, wohingegen alle anderen Methoden (Speichel, Blut, Urin) nur eine Auskunft über den momentanen Cortisolwert geben. Außerdem können die Cortisolkonzentrationen aus Speichel und Blut leicht durch Stress beeinflusst werden, da Cortisol auch ein Stresshormon ist. Die Probennahme (Haare) erfolgte jeweils am Ende des Untersuchungszeitraums im Winter und im Sommer. Dadurch wurde sichergestellt, dass die gemessene Cortisolkonzentration über die Zeiträume der niedrigsten bzw. höchsten Sonneneinstrahlung ermittelt wird. Die Probennahme erfolgte durch die Untersucherin im Untersuchungsraum der AG Humanbiologie des Zoologischen Instituts der Universität zu Kiel. Die Haare wurden in einer etwa 3 mm dicken Strähne am Hinterkopf direkt an der Kopfhaut abgeschnitten. Die Strähne wurde durch ein Band fixiert und in Aluminiumfolie gefaltet. Der Ablauf der Haarprobennahme ist in Abbildung 16 noch einmal dargestellt. Anschließend wurde sie bis zum Verschicken bei Zimmertemperatur gelagert. Die Analyse erfolgte im biochemischen Labor des Lehrstuhls für Biopsychologie der Technischen Universität Dresden.



**Abbildung 16** Materialien Haarprobennahme A) Benötigte Utensilien, B) Vorbereitung der Haarsträhne, C) abgeschnittene Haarsträhne

### **5.5 Bestimmung der Konzentration des C-reaktiven Proteins**

Die Messung der Aktivität des Immunsystems erfolgte durch Ermittlung des hsCRP-Wertes aus Kapillarblut aus dem Finger. Die Probennahme erfolgte im Untersuchungsraum der AG Humanbiologie des Zoologischen Instituts der Universität Kiel an den Untersuchungstagen 1 und 4. Die Messung erfolgte mit einem hsCRP Testkit (ST0105, Eurolyser Diagnostica GmbH, Salzburg) und mit einem Eurolyser CUBE S-Gerätes (Eurolyser Diagnostica GmbH,

Salzburg). Die Testkits wurden im Kühlschrank gelagert. Vor der Messung musste der Einzeltest 30 Minuten (10 Minuten laut Beipackzettel) auf Zimmertemperatur aufgewärmt werden. Da die Einzeltests nach 10 Minuten noch keine Zimmertemperatur erreicht hatten, wurde die Zeit auf 30 Minuten verlängert. Die im Testkit enthaltene „Radio Frequency Identification“-Karte (Funkidentifikation -Karte) (RFID) wurde im Messgerät platziert. Danach wurde dem Probanden mit der Sicherheitslanzette Unistik® 3, 21 G 2.0 mm (Owen Mumford, Großostheim-Ringheim) und einer Minivette® (Sarstedt, Nümbrecht) 20 µL Kapillarblut aus einem Finger entnommen und in die ebenfalls im Testkit enthaltene Küvette pipettiert. Anschließend wurde die vorbereitete Probandenprobe im Gerät platziert. Die Analyse erfolgte automatisch. Die verwendeten Geräte und Materialien sind in den Abbildungen 17 bis 19 dargestellt.



**Abbildung 17** Minivette® (Sarstedt, Nümbrecht) [URL 10]



**Abbildung 18** Sicherheitslanzette Unistik® 3, 21 G 2.0 mm (Owen Mumford, Großostheim-Ringheim) [URL 11]



**Abbildung 19** Eurolyser CUBE-S (Eurolyser Diagnostica GmbH, Salzburg) [URL 12]

### Messprinzip

Die Methode beruht auf einer photometrischen Messung bei 546 nm oder 700 nm und der Antigen-Antikörper Reaktion zwischen an Polystyrolpartikel gebundenen Antikörper gegen humanes CRP und in der Probe vorhandenem CRP. Der Messbereich liegt mit dem verwendeten Vollblut bei 0,8 – 20 mg/L (Beipackzettel EUROLYSER hsCRP Testkit).

### **5.6 Aktigrafie**

Die Aktigrafie ist eine objektive Messmethode zur Erfassung der täglichen Bewegungsintensität, des Schlafverhalten und der Beleuchtungsstärke (lm), der die Probandinnen ausgesetzt sind. Bei der Messung wird angenommen, dass man sich im Schlaf weniger bewegt als im Wachzustand. Daher kann das Gerät anhand von Bewegungsdaten den Messzeitraum der Probandinnen in Ruhephasen und Wachphasen einteilen. Die einzelnen Schlafphasen können nicht dargestellt werden.

In dieser Studie wurde dies mit SOMNOwatch™ plus (SOMNOmedics, Randersacker) gemessen. Die Schlaf-Wach-Analyse dieses Gerätes wurde erfolgreich gegen polysomnografische Daten validiert (Dick et al. 2010). Das Messgerät ist in Abbildung 20 dargestellt. Die SOMNOwatch™ plus ähnelt in Form und Handhabung einer Armbanduhr ohne Ziffernblatt. Es ist sehr klein (45 mm x 16 mm) und wiegt 30 g. Folglich wurden die Probandinnen nicht in Ihrem Alltag behindert.

Der Schlaf-Wach-Zyklus wurde mit Hilfe der Aktigrafie, der Beleuchtungsstärke und der Patientenmarker ermittelt. Die Aktivität wurde durch drei Lagesensoren (x-Achse, y-Achse und z-Achse) in Epochen von 30 Sekunden ermittelt und gespeichert. Dies bedeutet, dass 30 s lang Daten gemessen werden und daraufhin eine Einteilung in Wachphasen oder Schlafphasen erfolgte. Diese Einstellung wird auch in der Literatur verwendet (Dick et al. 2010).

Vor der Untersuchung wurde die SOMNOwatch plus™ mit der Software DOMINO light am PC programmiert. Hier konnten Patientendaten, die Art und die Dauer der Messung eingestellt werden. Die SOMNOwatch plus™ wurde von den Probandinnen am Handgelenk des nicht-dominanten Arms über die gesamten drei Untersuchungstage der beiden Messzeiträume getragen und an Tag 4 morgens im Institut wieder abgelegt. Zum Schwimmen oder Duschen musste es abgenommen werden. Die Probandinnen sollten bei der Absicht abends zu schlafen und direkt nach dem Aufwachen den Patientenmarker des „Ziffernblatts“ drücken. Die von der SOMNOwatch plus™ gemessenen Daten wurden mit den Angaben des Tagesprotokolls abgeglichen, welches die Probandinnen über den

Messzeitraum hinweg ausfüllen mussten. Dadurch konnten die Schlaf- und Wachphasen noch besser abgegrenzt werden und auch Bedienungsfehler der Probandinnen können erkannt und korrigiert werden. Da die SOMNOwatch plus™ die Ruhephasen meist überschätzt, da sie auch Phasen, in denen sich die Probandin nicht bewegt, aber auch nicht schläft, als Ruhephase einteilt, konnten auch diese Zeiträume erkannt werden.

### Auswertung

Die Aktivitätsschwelle wurde auf 28 Einheiten festgelegt laut Bedienungsanleitung SOMNOwatch™ plus. Die „Wachphasenverlängerung“ wurde auf 2 Epochen eingestellt und die Anzahl der berücksichtigten Epochen vor und nach der aktuellen Epoche auf 4 festgelegt. Bei der Berechnung der Wach- und Schlafphasen wurde ein Mittelwert aus der aktuellen und der vorher definierten Anzahl an „vor/nach“ Epochen ermittelt und mit der eingestellten Aktivitätsschwelle verglichen. War der ermittelte Wert größer als die Aktivitätsschwelle, so wurde die Epoche als „Wach“ eingetragen. Die Anzahl der „vor/nach“ Epochen verhinderte, dass kurzzeitige Bewegungen im Schlaf direkt als Wachphasen eingeteilt werden. Die Wachphasenverlängerung bewirkte Gegenteiliges. Sie gab an, wie viele Epochen nach der berechneten Epoche ebenfalls als Wach eingestuft wurden, um kurze Zeiträume mit geringer Aktivität nicht sofort als Schlaf einzuordnen. Zusätzlich wurde noch die minimale Anzahl an Epochen für Schlaf und Wach festgelegt. Für Schlaf wurde diese auf 15 Epochen festgelegt und für Wach auf drei Epochen. Dies verhinderte zusätzlich, dass kurze Zeiträume mit geringer Aktivität als Schlaf eingeteilt werden. War die Anzahl der aufeinanderfolgenden Epochen mit der Einteilung Schlaf kleiner als der festgesetzte Grenzwert, so wurden diese Epochen ebenfalls als Wach eingeteilt. Das Gleiche galt für den festgesetzten minimalen Grenzwert der Wachphasen. Die Beleuchtungsstärke wurde mit Hilfe eines sich auf dem „Ziffernblatt“ befindenden Umgebungslichtsensors (s. Abb. 20) gemessen.



Abbildung 20 SOMNOwatch™ plus (SOMNOmedics) [URL 13]

Die gemessenen Rohdaten wurden mit Hilfe einer speziellen Dockingstation auf einen PC übertragen und durch die Software DOMINO light (Version 1.5.0, SOMNOmedics) automatisch analysiert. Die Software erstellte aus den Rohdaten ein Diagramm (s. Abb. 21). Das Diagramm zeigt auf der x-Achse den zeitlichen Verlauf (insgesamt 72 Stunden) und auf der y-Achse im oberen Bereich Sleep/Wake (SW) die Einteilung in Schlaf- und Wachphasen und im unteren Bereich Licht die gemessene Beleuchtungsstärke (lm). Die blauen Patientenmarker wurden von den Probandinnen am Morgen direkt nach dem Aufwachen und am Abend direkt vor dem Lichtlöschen gesetzt. Mit Hilfe der Funktion „Bereich definieren“, konnten verschiedene Bereiche farblich markiert und ihre individuellen Mittelwerte der verschiedenen Parameter abgelesen werden. In dieser Studie wurden die Beleuchtungsstärke und -dauer und die subjektiven und objektiven Aufwach- und Einschlafzeiten betrachtet.

Zur Ermittlung der Beleuchtungsstärke im Tagesverlauf wurde der Tag in folgende Bereiche eingeteilt, welche im Diagramm farblich hinterlegt sind:

Aufstehzeit = objektive Aufwachzeit

T<sub>0</sub> bis T<sub>60</sub> = Zeitraum zwischen der Aufwachzeit und Aufwachzeit + 60 Minuten

Vormittags = Aufwachzeit bis 12:00 Uhr

Mittags = 12:00 Uhr bis 15:59 Uhr

Nachmittags = 16:00 Uhr bis 19:59 Uhr

Abends = 20:00 Uhr bis objektive Zubettgehzeit

Zubettgehzeit = objektive Zubettgehzeit

Tag gesamt = Zeitraum zwischen objektiver Aufwachzeit und objektiver Zubettgehzeit

Nacht gesamt = Zeitraum zwischen objektiver Zubettgehzeit und objektiver Aufwachzeit

Zusätzlich wurden die subjektiven Aufwach- und Zubettgehzeiten, welche durch die Patientenmarker gesetzt wurden, mit den Objektiven verglichen und mit den Angaben zu den Speichelproben für die Cortisolanalyse abgeglichen.

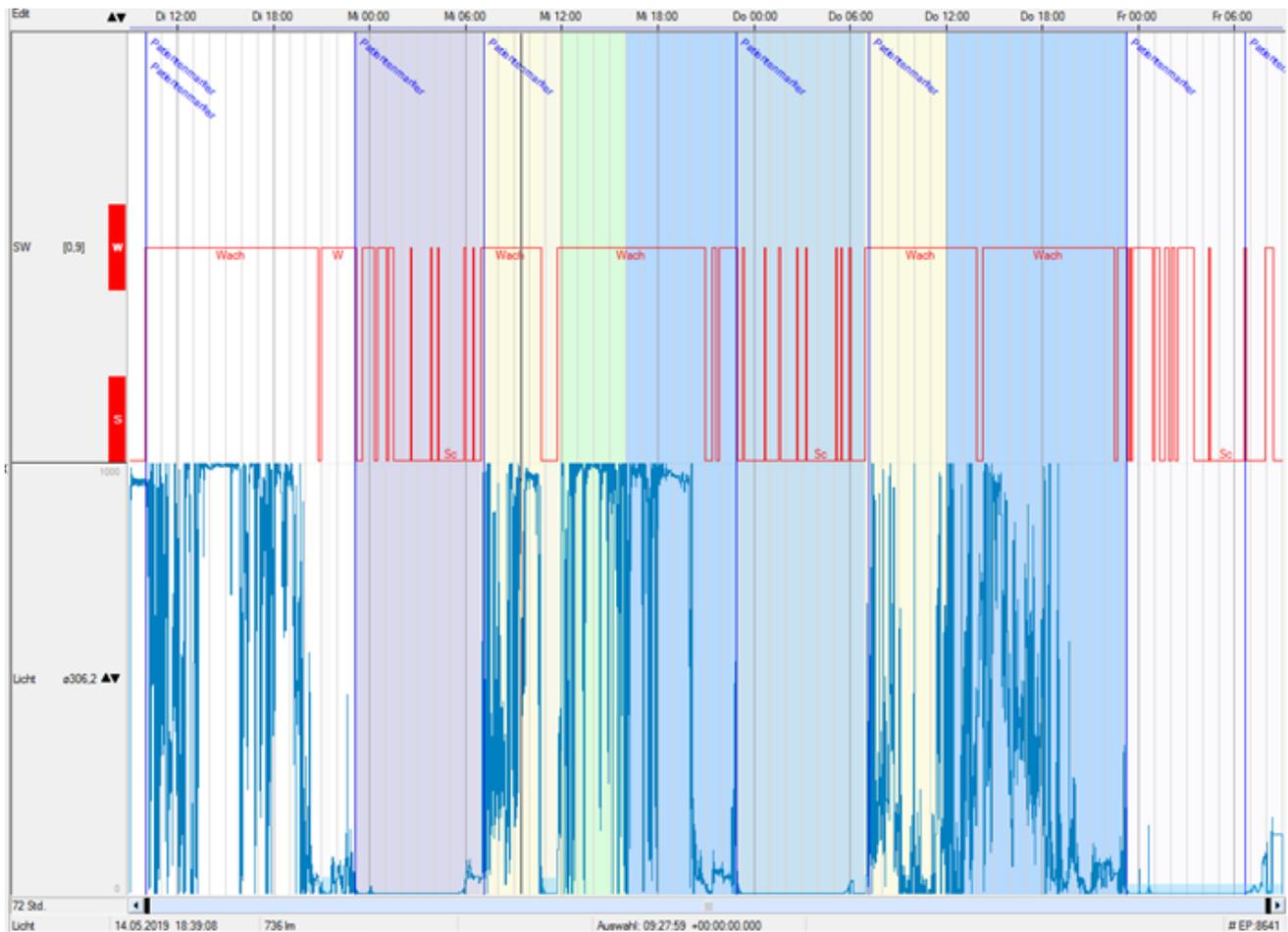


Abbildung 21 Darstellung der Daten mit der Software DOMINO light (SOMNOmedics). SW zeigt den Wechsel von Schlaf- und Wachstadien, Licht gibt an, wie viel Lichtstrom (Lumen) zu einer bestimmten Zeit auf die SOMNOWatch getroffen sind. Die Uhrzeit wird auf der x-Achse dargestellt. Die blauen Patientenmarker wurden von den Probandinnen direkt nach dem Aufwachen und direkt vor dem Schlafen gesetzt. Die unterschiedlichen Farben markieren die verschiedenen benutzerdefinierten Messbereiche. SW = Schlaf/Wach

## 5.7 Sonneneinstrahlung

Gesammelt wurden die Variablen solare Einstrahlung ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) und Sonnenauf- sowie Sonnenuntergang (Uhrzeit), welche in Beleuchtungsstärke (lx) und Lichtexposition im Freien ( $\text{lx} \times \text{min}$ ) umgerechnet werden. Tabelle 11 zeigt die betrachteten Variablen.

Die Autorin erhält die täglichen Messdaten der Untersuchungstage per E-Mail vom GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel. Die Messung der Sonneneinstrahlung erfolgt alle acht Minuten.

Das Tageslicht hat sein spektrales Maximum bei ca. 500 nm. Da das menschliche Auge nach Stroppe et al. (2015) bei 555 nm am empfindlichsten ist, kann die gemessene Sonneneinstrahlung in  $\text{W}/\text{m}^2$  in Beleuchtungsstärke (lx) bei 555 nm umgerechnet werden. 1  $\text{W}/\text{m}^2$  entsprechen hierbei 130 lx ([URL 14]).

$$(1 \text{ W}/\text{m}^2 \times 0,13) \times 1000 = 130 \text{ lx}$$

Für die Messung der Beleuchtungsstärke trugen die Probandinnen den Aktigrafen SOMNOWatch™ plus (SOMNOmedics) (vgl. Kapitel 5.6).

Zur Messung der Sonneneinstrahlung wurde das Pyranometer KippZonen CMP11, Typ 6013.1000BG, in 34,5 m Höhe über dem Meeresspiegel, mit einem Messbereich von 0,3 – 3,0  $\mu\text{m}$  verwendet ([URL 15]). Die Messstation befindet sich 54°19.8' N geografischer Breite und 10°9.0' E geografischer Länge.

Das Tagesprotokoll zur Erfassung der verbrachten Zeit im Freien wurde mit den gemessenen Daten zur solaren Einstrahlung des GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel abgeglichen.

Die Lichtexposition ( $\text{lm} \times \text{min}$ ) wurde mit Hilfe der vom GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel gelieferten Daten zur solaren Einstrahlung und die von den Probandinnen angegebenen Zeiträume im Freien berechnet. Aus den von den Probandinnen angegebenen Zeiträumen im Freien wurden die Mittelwerte der solaren Einstrahlung berechnet. Hierbei wurde nie über die betrachteten Zeiträume hinaus gerechnet. Die Daten der solaren Einstrahlung wurden in  $\text{W}/\text{m}^2$  angegeben und mit der Formel  $(1 \text{ W}/\text{m}^2 \times 0,13) \times 1000 = 130 \text{ lx}$  in Lux umgerechnet. Die Lichtexposition gibt an, wieviel Licht die Probandinnen ausgesetzt waren unter der Berücksichtigung der Lichtintensität und der Bestrahlungsdauer.

**Tabelle 11 Untersuchte Variablen in Bezug auf die Sonneneinstrahlung**

<b>Variable</b>	<b>Definition</b>	<b>Quelle</b>
<b>Solare Einstrahlung (<math>\text{W}/\text{m}^2</math>)</b>	Sonneneinstrahlung, die auf die Erde trifft	GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel
<b>Beleuchtungsstärke (lx)</b>	Lichtstrom, der auf ein beleuchtetes Objekt trifft	Umrechnung
<b>Lichtexposition (<math>\text{lx} \times \text{min}</math>)</b>	Beleuchtungsstärke, die im Verlauf des Tages auf die Probandinnen getroffen ist.	Umrechnung
<b>Lichtstrom (Lumen)</b>	Von der SOMNOWatch™ plus gemessene Beleuchtungsstärke	SOMNOWatch™ plus (SOMNOmedics, Randersacker)
<b>Sonnenaufgang (Uhrzeit)</b>	Zeitpunkt des Sonnenaufgangs	URL 16
<b>Sonnenuntergang (Uhrzeit)</b>	Zeitpunkt des Sonnenuntergangs	URL 16
<b>Tageslänge (Minuten)</b>	Zeitraum zwischen Sonnenauf- und Sonnenuntergang	URL 16

## 5.8 Messung der circadianen Rhythmik der Hauttemperatur

Die distale periphere Hauttemperatur wurde mithilfe des Thermochron iButton®: DS1921H (Maxim/Dallas Semiconductor Corp., USA) gemessen. Dieser ist in Abbildung 22 dargestellt. Ein iButton ist ein kleiner Halbleiter-Temperatursensor, der einen Computerchip enthält. Er hat einen Durchmesser von 16 mm und wurde von den Probandinnen an den Untersuchungstagen 1 bis 3 am Fußgelenk getragen. Der Messbereich liegt zwischen +15 und +46°C und die Messgenauigkeit liegt bei  $\pm 1^\circ\text{C}$  (Hasselberg et al. 2013). Diese Methode ermöglichte es, genaue Messungen an Probandinnen über mehrere Tage durchzuführen, ohne die Probandinnen in ihrem Alltag zu sehr einzuschränken.



**Abbildung 22** Thermochron iButton®: DS1921H (Maxim/Dallas Semiconductor Corp., USA), ein Temperaturchip zur Messung der peripheren Hauttemperatur (URL 17)

Die Probandinnen sollten einen Temperatursensor am nicht-dominanten Fuß in der Vertiefung unter dem Knöchel tragen, da parallel am nicht-dominanten Handgelenk die Actiwatch2 getragen wurde (vgl. Kapitel 5.6). Dieser Ort ist mit dem angenehmen Tragen eines Schuhs zu vereinbaren. Der Chip erfasste also den circadianen Rhythmus der distalen peripheren Hauttemperatur. Dieser wurde während der Untersuchung an Tag 1 angelegt und konnte von den Probandinnen an Tag 3 nach 19 Uhr wieder abgenommen werden. Vor dem Anlegen wurde der Chip mit der jeweiligen Probandinnennummer beschriftet. Die Probandinnen wurden genau über den Gebrauch des Temperaturchips informiert, da sie ihn selbstständig vor und nach dem Schwimmen oder Duschen ab- bzw. anlegen mussten. Die Befestigung erfolgte mit hautverträglichem Rollenklebepflaster (Leukosilk® S, BSN medical GmbH, Hamburg). Die Zeiträume, in denen der Temperaturchip nicht getragen wurde, wurde im Tagesprotokoll dokumentiert.

### Auswertung

Die gesammelten Daten wurden mit Hilfe des Programms „One Wire Viewer“ (Version 0.3.15.50) auf einen Computer übertragen. Die untersuchten Variablen sind in Tabelle 12 aufgelistet. Vor der Cosinor-Analyse mit dem Programm „Chronos-Fit“ (Version 1.05), mussten die Daten in einer Excel-Datei in ein passendes Format umgewandelt werden.

Hierfür musste der gemessene Zeitraum in die zwei Messtage aufgeteilt werden. Ein Messtag umfasste den Zeitraum von 17 bis 17 Uhr. Bei einer Cosinor-Analyse werden die gemessenen Daten mit Hilfe einer Cosinus-Kurve beschrieben. Dadurch ist es möglich, die Variablen Mesor, Amplitude und Akrophase zu bestimmen. Die Zeiträume, in denen die Probandinnen angaben, den Temperaturchip nicht getragen zu haben, wurden manuell aus den Daten entfernt. Auch die Zeiträume von Tag und Nacht wurden nach den jeweiligen Angaben der Probandinnen manuell eingetragen. Außerdem wurden Messwerte entfernt, bei denen der Messwert in einem Zeitraum von zehn Minuten um 10°C oder mehr von den umgebenden Werten abwichen.

**Tabelle 12** Untersuchte Variablen in Bezug auf die distale periphere Hauttemperatur

Variable	Definition	Quelle
Tagesmittel (°C)	Mittelwert des Zeitraums von Aufstehzeit bis Zubettgehzeit	„Chronos-Fit“ (Version 1.05) (Zuther et al. 2009)
Nachtmittel (°C)	Mittelwert des Zeitraums von Zubettgehzeit bis Aufstehzeit	
Mesor (°C)	Mittelwert des gesamten Tages	
Amplitude (°C)	Hälfte der Distanz zwischen Maximum (Peak) und Minimum (Nadir)	
Akrophase (Min)	Zeitpunkt des Peaks in Bezug zu einem Referenzpunkt	

Min = Minuten

## 5.9 Anthropometrie und Bioimpedanzanalyse

Zu Beginn der Untersuchung erfolgte die Messung der Körperhöhe (cm), des Körpergewichts (kg) und der Körperumfänge (s. Kap. 6.1). Hierfür mussten die Probandinnen die Schuhe und schwere Kleidung soweit es möglich war ablegen. Die gemessenen Körperumfänge waren Taillen- Bauch- und Hüftumfang (cm). Die Messung erfolgte mit Hilfe eines Maßbandes auf 0,1 cm genau. Der Taillenumfang wurde als der „kleinste Umfang des Rumpfes zwischen Brust und Hüfte bei ruhiger Atmung und nicht angespannten Bauchmuskeln“ definiert und der Hüftumfang als der „größte Umfang der Hüfte auf Höhe der stärksten Ausladung des Gesäßes bei geschlossenen Füßen und nicht angespannten Gesäßmuskeln“ (Knußmann 1988). Der Bauchumfang wurde direkt über dem Bauchnabel gemessen. Die Körperhöhe wurde mit einem Anthropometer auf 1,0 cm genau

an den an einem Schrank stehenden Probandinnen mit geschlossenen Füßen ermittelt. Hierbei lag der Mittelholm des Anthropometers mittig auf dem Kopf der Probandinnen an. Anschließend wurde eine Bioimpedanzanalyse (BIA) mit dem Ganzkörpermessgerät TANITA BC 418MA (TANITA Corporation, Tokio (Japan)) durchgeführt, welche in Abbildung 23 und 24 schematisch dargestellt wird. Aus Körperhöhe und Körpergewicht wurde der BMI nach folgender Formel ermittelt:

$$\text{BMI (kg/m}^2\text{)} = \frac{\text{Körpergewicht (kg)}}{\text{Körperhöhe (m)}^2}$$

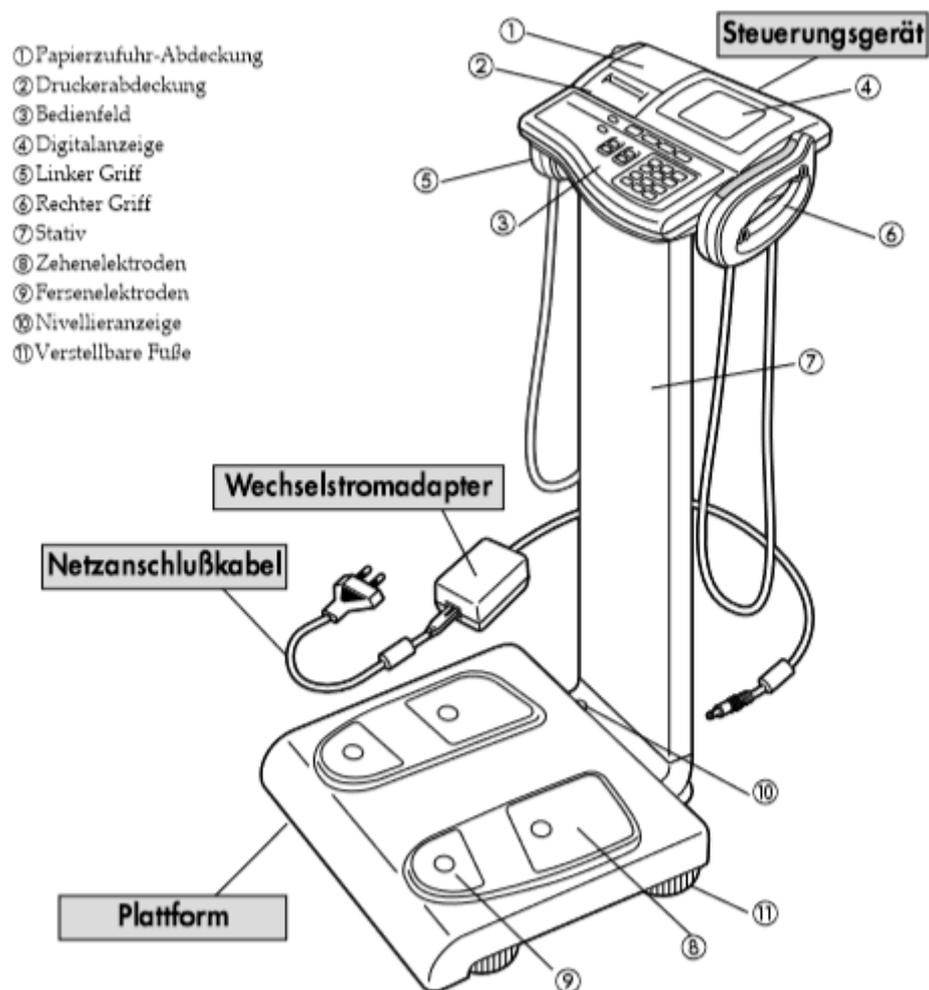


Abbildung 23 Körperfettanalysewaage TANITA BC 418MA (Quelle: Bedienungsanleitung TANITA BC 418MA)

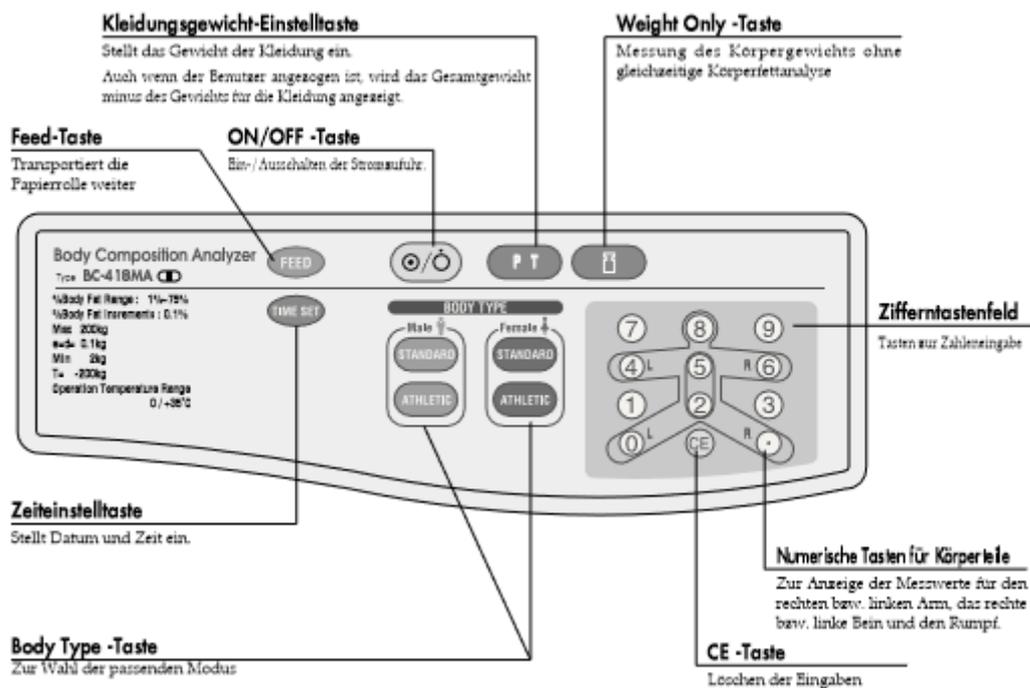


Abbildung 24 Schaltfläche der Körperfettanalysewaage TANITA BC 418MA (Quelle: Bedienungsanleitung TANITA BC 418MA)

Die BIA ist eine einfache, nicht-invasive Methode zur Bestimmung von Kompartimenten. Hiermit kann die Fettmasse, die fettfreie Masse, die Muskelmasse, das Körperwasser und der Grundumsatz ermittelt werden. Die Definitionen der verschiedenen Messgrößen sind in Tabelle 13 aufgelistet. Der Einsatz von acht Elektroden ermöglicht hierbei die Aufteilung des Körpers in die Bereiche „gesamter Körper“, „rechtes Bein“, „linkes Bein“, „rechter Arm“, „linker Arm“ und „Rumpf“. Die Probandinnen waren zum Zeitpunkt zur Messung nüchtern und hatten vorher ihre Blase entleert, damit die Messung so wenig wie möglich beeinflusst wird. Vor der Messung wurden probandenspezifische Angaben eingegeben: Es wurde für jede Probandin das Alter, die Körperhöhe und ein „Abzug“ für Kleidung angegeben, der bei jeder Messung mit 0,0 kg angegeben wurde. Außerdem wurde angegeben, ob die Probandinnen nach den TANITA-Kriterien „Normal“ oder „Athlet“ sind. „Athlet“ setzte eine sportliche Aktivität von mehr als zehn Stunden pro Woche voraus. Danach erfolgte die Messung. Die Probandinnen stiegen barfuß auf die Waage, damit die Elektroden Hautkontakt hatten. Die Probandinnen standen still und aufrecht. Nachdem die Waage das Körpergewicht anzeigte, nahmen die Probandinnen die beiden Handgriffe in die Hand und die Messung des Widerstandes wurde durchgeführt. Die in dieser Arbeit verwendeten Variablen waren das Körpergewicht (kg) und die Körperfettmasse (kg). Nach der Messung wurde automatisch ein Ausdruck angefertigt, welcher als Beispiel in Abbildung 25 aufgeführt ist.

**Tabelle 13 Messgrößen und Definitionen der TANITA BC 418MA**

<b>Messgröße</b>	<b>Definition</b>
<b>Körperfettmasse (%)</b>	Der Prozentsatz des gesamten Körpergewichts, der aus Fett besteht
<b>Körperfettmasse (kg)</b>	Gesamtgewicht des Körperfetts in kg
<b>Fettfreie Masse (kg)</b>	Fettfreie Masse besteht aus Muskeln, Knochen, Gewebe, Wasser und aller anderen fettfreien Masse im Körper.
<b>Muskelmasse (kg)</b>	Errechnete Muskelmasse bezieht sich auf die knochen- und fettfreie Gewebemasse
<b>Grundumsatz (kcal)</b>	Energie, die der Körper aufwendet, um die normalen Grundfunktionen aufrechtzuerhalten
<b>Körperwasser (kg)</b>	Das Körperwasser ist die im Körper enthaltene Menge an Wasser in kg

TANITA  
KÖRPER-ANALYSEWAAGE  
BC-418

21/SEPT/2002 19:29

In diesem Abschnitt werden die Daten für die Körperzusammensetzung des augenblicklichen Benutzers ausgedruckt.

MODUS	NORMAL
GESCHLECHT	MÄNNLICH
ALTER	34
GRÖSSE	179 cm
GEWICHT	73.3 kg
BMI	23.9
GRUNDUMSATZ	7294 kJ
	1743 kcal
FETTANTEIL %	13.1 %
FETTMASSE	9.6 kg
FETTFREIE MASSE	63.7 kg
KÖRPERWASSER	46.6 kg
LEVEL VISZERALES FETT	1

IDEALBEREICH	
FETTANTEIL %	8-20 %
FETTMASSE	5.5-15.9 kg

IMPEDANZ	
Gesamter Körper	551 Ω
Rechtes Bein	212 Ω
Linkes Bein	214 Ω
Rechter Arm	292 Ω
Linker Arm	309 Ω

Segmentanalyse	
Rechtes Bein	
Fettanteil %	8.9 %
Fettmasse	1.1 kg
Fettfreie Masse	11.5 kg
Errechnete Muskelmasse	10.9 kg

Linkes Bein	
Fettanteil %	10.1 %
Fettmasse	1.2 kg
Fettfreie Masse	11.0 kg
Errechnete Muskelmasse	10.4 kg

Rechter Arm	
Fettanteil %	14.0 %
Fettmasse	0.6 kg
Fettfreie Masse	3.6 kg
Errechnete Muskelmasse	3.4 kg

Linker Arm	
Fettanteil %	15.4 %
Fettmasse	0.6 kg
Fettfreie Masse	3.5 kg
Errechnete Muskelmasse	3.3 kg

Rumpf	
Fettanteil %	15.0 %
Fettmasse	6.0 kg
Fettfreie Masse	34.1 kg
Errechnete Muskelmasse	32.8 kg

In diesem Abschnitt werden die Messdaten für jeden Körperteil – die geschätzte Muskelmasse, die Fettmasse und der Fettanteil – ausgedruckt.

Abbildung 25 Beispielausdruck der Körperfettanalysewaage TANITA BC 418MA (Quelle: Bedienungsanleitung TANITA BC 418MA)

## 5.10 Statistische Methoden

Die Auswertung der Daten erfolgte mit dem Statistikprogramm SPSS Version 24.00 (IBM Analytics, Ehningen) für Windows PC in der AG Humanbiologie. Für die deskriptiven Kennzeichen und CRP- sowie Cortisolwerte der Probandinnen wurden Mittelwerte und die Standardabweichungen berechnet. Kategoriale Merkmale (z. B. Altersgruppen) wurden als Häufigkeiten angegeben. Die Normalverteilung der Daten wurde mit dem Shapiro-Wilk-Test überprüft. Gruppenvergleiche mit unabhängigen Stichproben (Altersgruppenvergleich) erfolgten mit t-Testen (parametrischer Mittelwerts-Vergleich) und u-Tests (nicht-parametrischer Mittelwerts-Vergleich). Wenn die Gruppen der jüngeren und älteren Probandinnen zusammen größer waren als  $N = 30$ , so wurde beim u-Test der Z-Wert angegeben. Für Gruppenvergleiche mit verbundenen Stichproben wurde der Wilcoxon-Test verwendet.

Beim Vergleich von Häufigkeiten bei Kategorien wurde der Chi-Quadrat-Test nach Pearson verwendet. Sollten verbundene Kategorien untersucht werden, so wurde der Chi-Quadrat Test nach McNemar-Bowker verwendet.

Zusammenhänge zwischen Variablen werden mit bivariaten Korrelationsanalysen erfasst. Es wurde der Korrelationskoeffizient ( $r_s$ ) nach Spearman verwendet. Der Korrelationskoeffizient gibt jeweils die Stärke des Zusammenhangs an und kann einen Wert zwischen -1 und +1 annehmen. Ein Wert von 0 bedeutet gar kein Zusammenhang, -1 den stärksten negativen und +1 den stärksten positiven Zusammenhang zwischen den untersuchten Variablen. Die Abstufungen der Stärken sind in Tabelle 14 dargestellt.

**Tabelle 14 Abstufung der Stärke von Korrelationskoeffizienten nach Bühl**

<b>Wert</b>	<b>Bezeichnung</b>
$\leq 0,2$	sehr geringe Korrelation
$\leq 0,5$	geringe Korrelation
$\leq 0,7$	mittlere Korrelation
$\leq 0,9$	hohe Korrelation
$> 0,9$	sehr hohe Korrelation

Den statistischen Analysen liegt ein Signifikanzniveau von 5% ( $p < 0,050$ ) zugrunde bei zweiseitiger Fragestellung. Bei p-Werten unter 0,050 werden unterschiedliche Signifikanzniveaus angegeben.

nicht signifikant:	$p \geq 0,050$
signifikant:	$p < 0,050$ *
sehr signifikant:	$p < 0,010$ **
hoch signifikant:	$p < 0,001$ ***

Die Grafiken wurden mit Microsoft Office Word 2016 erstellt. Zur Darstellung von Mittelwertunterschieden wurden Säulendiagramme verwendet und zur Darstellung von Verteilungen auf Kategorien Kreisdiagramme.

## 6 Ergebnisse

Im Winter und im Sommer wurden jeweils die gleichen Probandinnen untersucht (22 Jüngere und 18 Ältere). Da nicht alle Probandinnen aus dem Winter bereit waren, im Sommer noch einmal teilzunehmen, oder zeitlich verhindert waren, kommt es im Vergleich zwischen Winter und Sommer (17 Jüngere und 17 Ältere) zu einer unterschiedlichen Anzahl an Probandinnen.

### 6.1 Deskriptive Kennzeichen der Probandinnen

#### 6.1.1 Zusammensetzung und Altersverteilung des Kollektivs

##### Winter

Im Untersuchungszeitraum Winter wurden 22 jüngere und 18 ältere Probandinnen untersucht. Die jüngeren Probandinnen waren im Mittel 24,41 Jahre alt und die älteren Probandinnen 69,67. Hierbei war die Altersspanne bei den jüngeren Probandinnen von 20 bis 33 Jahre und bei den älteren Probandinnen von 62 bis 82 Jahre. Dies ist in Tabelle 15 noch einmal dargestellt.

Tabelle 15 Anzahl und mittleres Alter der Probandinnen im Untersuchungszeitraum Winter

Gruppe	N	Alter (Jahre)			
		MW	SD	Min	Max
Jüngere	22	24,41	3,59	20,00	33,00
Ältere	18	69,67	6,09	62,00	82,00

N = Anzahl an Probandinnen an Probandinnen, MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum

##### Sommer

Tabelle 16 zeigt die Zusammensetzung und die Altersstruktur der Probandinnen im Sommer. Im Untersuchungszeitraum Sommer wurden 17 jüngere und 17 ältere Probandinnen der gleichen Probandinnen aus dem Zeitraum Winter untersucht. Die jüngeren Probandinnen waren im Mittel 24,65 Jahre alt und die älteren Probandinnen 70,47. Die Altersspanne betrug in diesem Untersuchungszeitraum von 21 bis 33 Jahren bei den Jüngeren und von 62 bis 83 Jahren bei den Älteren.

Tabelle 16 Anzahl und mittleres Alter der Probandinnen im Untersuchungszeitraum Sommer

Gruppe	N	Alter (Jahre)			
		MW	SD	Min	Max
Jüngere	17	24,65	3,12	21,00	33,00
Ältere	17	70,47	6,07	62,00	83,00

N = Anzahl an Probandinnen, MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum

## 6.1.2 Aufgetretene Krankheiten des Probandinnenkollektivs

### Winter

Im gesamten Probandinnenkollektiv gaben 16 Frauen an, an einer Allergie zu leiden. Diese waren jedoch während der Untersuchungstage nicht akut und wurden nicht mit cortisolverhaltigen Medikamenten behandelt. Eine Probandin gab an, an einer Autoimmunerkrankung zu leiden. Diese bereite ihr jedoch keine Probleme und wurde nicht behandelt. Wiederum gab eine Person an, an der Grenze zum Diabetes Typ 2 zu stehen und wurde mit Metformin behandelt. Jeweils vier Probandinnen gaben an, an erhöhtem Blutdruck oder an Arthrose zu leiden. Der erhöhte Blutdruck wurde bei allen Probandinnen erfolgreich behandelt und die Arthrose bereitete den Probandinnen zum Zeitpunkt der Untersuchung keine Probleme. Auch die zwei Probandinnen, die angaben, an Arthritis zu leiden, waren zum Untersuchungszeitpunkt nicht in Behandlung und zeigten auch keine Symptome. Vier Probandinnen gaben an, an Asthma zu leiden. Sie gaben jedoch auch an, seit langer Zeit keine Probleme mit der Erkrankung gehabt zu haben. Eine Probandin litt an Osteoporose und eine litt an chronischen Schmerzen. Die Osteoporose wurde jedoch nicht behandelt und die chronischen Schmerzen wurden nicht von einem Arzt diagnostiziert. Außerdem gaben vier Probandinnen an, an einer Schilddrüsenunterfunktion zu leiden, was jedoch bei allen mit L-Thyroxin behandelt wurde.

### Sommer

Im Sommer gaben zehn Probandinnen an, an einer Allergie zu leiden, welche allerdings während der Untersuchungen nicht akut waren. Wie auch im Winter gab eine Probandin an, an einer Autoimmunerkrankung zu leiden und eine gab an, an einer peripheren arteriellen Verschlusskrankung zu leiden. Es gaben wieder fünf Probandinnen an, an erhöhtem Blutdruck zu leiden. Auch im Sommer wurden diese Probandinnen erfolgreich behandelt. Die Anzahl der Diabetikerinnen hat sich auf zwei erhöht. Fünf Probandinnen gaben an, an Arthrose zu leiden und eine an Arthritis. Auch diese Krankheiten waren zum Zeitpunkt der Untersuchung nicht akut. Eine Probandin gab an, einige Monate zuvor an Krebs erkrankt zu sein. Sie wurde operiert, erhielt jedoch keine Chemotherapie oder eine weiterführende Behandlung. Aus diesem Grund wurde sie von der Analyse der CRP-Werte im Sommer ausgeschlossen. Zwei Probandinnen litten an Asthma und zwei an Osteoporose. Eine Probandin gab an, an chronischem Juckreiz zu leiden. Insgesamt gaben zwei Probandinnen an, an akuter Neurodermitis zu leiden, welche jedoch nur lokal behandelt wurde. Eine Probandin gab an, an Schultersteife zu leiden, hat hierfür allerdings keine Diagnose von

einem Arzt erhalten. Zum Schluss gab eine Probandin an, eine Woche vor der Untersuchung eine Erkältung gehabt zu haben, welche jedoch keine Symptome mehr zeigte.

### **6.1.3 Anthropometrische Merkmale und Körperzusammensetzung**

#### Anthropometrische Merkmale im Winter

Tabelle 17 zeigt den Vergleich der jüngeren und älteren Probandinnengruppen in Bezug auf die anthropometrischen Merkmale im Winter. Die Jüngeren weisen ein um 3,68 kg niedrigeres mittleres Körpergewicht auf als die Älteren und sie sind im Mittel 8,22 cm größer. Der Körperhöhenunterschied ist statistisch hoch signifikant. Dadurch resultiert auch ein um 3,79 kg/m<sup>2</sup> niedrigerer mittlerer BMI als bei den Älteren, wobei der Altersgruppen-Unterschied ebenfalls statistisch signifikant ist. Auch bei den Körperumfängen weisen die Jüngeren jeweils den niedrigeren Mittelwert auf. Die Differenzen betragen hier 14,97 cm beim Taillenumfang, 3,84 cm beim Hüftumfang und 11,34 cm beim Bauchumfang. Sowohl der Unterschied beim Taillenumfang als auch der Unterschied beim Bauchumfang sind statistisch signifikant.

**Tabelle 17 Anthropometrische Merkmale der Probandinnen im Winter**

Merkmal	Gruppe	N	Min	Max	Mittelwert	Standardabweichung	Levene-Test der Varianzgleichheit		t	p
							F	P		
Körpergewicht (kg)	Jüngere Probandinnen	22	50,70	83,60	64,73	9,86	0,02	0,899	-1,16	0,252
	Ältere Probandinnen	18	48,60	87,50	68,41	10,01				
Körperhöhe (cm)	Jüngere Probandinnen	22	157,00	183,50	170,30	6,55	0,88	0,354	4,21	0,000
	Ältere Probandinnen	18	150,00	170,00	162,08	5,58				
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	Jüngere Probandinnen	22	18,62	29,58	22,24	2,77	2,61	0,114	-3,73	0,001
	Ältere Probandinnen	18	19,77	33,22	26,03	3,64				
Taillenumfang (cm)	Jüngere Probandinnen	22	63,00	85,00	71,59	5,11	6,59	0,014	-6,56	0,000
	Ältere Probandinnen	18	74,00	102,00	86,56	8,49				
Hüftumfang (cm)	Jüngere Probandinnen	22	90,00	111,0	100,77	7,06	0,19	0,662	-1,78	0,084
	Ältere Probandinnen	18	92,00	115,00	104,61	6,47				
Bauchumfang (cm)	Jüngere Probandinnen	22	70,00	97,00	82,55	7,75	0,40	0,530	-4,00	0,000
	Ältere Probandinnen	18	69,00	110,00	93,89	10,17				

**N = Anzahl an Probandinnen, Min = Minimum, Max = Maximum, F = F-Wert, P = Irrtumswahrscheinlichkeit, t = t-Test**

### Anthropometrische Merkmale im Sommer

Tabelle 18 zeigt den Vergleich der jüngeren und älteren Probandinnen im Vergleich in Bezug auf die anthropometrischen Merkmale im Sommer. Wie auch im Winter weisen die jüngeren Probandinnen bei allen Merkmalen den niedrigeren Wert auf. Das Körpergewicht der Jüngeren liegt im Mittel um 0,93 kg niedriger, die mittlere Körperhöhe um 4,51 cm und der daraus resultierende mittlere BMI um 2,97 kg/m<sup>2</sup>. Die Unterschiede in der Körperhöhe und beim BMI sind statistisch signifikant. Beim Taillenumfang ist der Mittelwert der Jüngeren um 12,47 cm niedriger, beim Hüftumfang um 0,88 cm und beim Bauchumfang um 9,06 cm. Die Unterschiede im Taillen- und im Bauchumfang sind statistisch signifikant.

**Tabelle 18 Vergleich der jüngeren und älteren Probandinnen in Bezug auf die anthropometrischen Merkmale im Sommer**

Merkmal	Gruppe	N	Min	Max	Mittelwert	Standardabweichung	Levene-Test der Varianzgleichheit		t	p
							F	P		
Körpergewicht (kg)	Jüngere Probandinnen	17	54,50	84,60	67,01	8,61	0,32	0,578	-0,29	0,771
	Ältere Probandinnen	17	49,90	87,50	67,94	9,82				
Körperhöhe (cm)	Jüngere Probandinnen	17	162,50	183,50	171,44	6,08	0,40	0,532	4,52	0,000
	Ältere Probandinnen	17	150,00	170,00	166,93	7,34				
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	Jüngere Probandinnen	17	19,31	28,91	22,78	2,44	4,43	0,043	-2,88	0,007
	Ältere Probandinnen	17	19,84	31,09	25,75	3,47				
Taillenumfang (cm)	Jüngere Probandinnen	17	62,00	87,00	72,18	6,18	7,53	0,010	-4,22	0,000
	Ältere Probandinnen	17	64,00	100,00	84,65	10,49				
Hüftumfang (cm)	Jüngere Probandinnen	17	90,00	115,00	102,59	6,12	0,37	0,546	-0,41	0,687
	Ältere Probandinnen	17	92,00	116,00	103,47	6,52				
Bauchumfang (cm)	Jüngere Probandinnen	17	72,00	97,00	84,88	7,65	6,47	0,016	-2,54	0,017
	Ältere Probandinnen	17	71,00	111,00	93,94	12,56				

**N = Anzahl an Probandinnen, Min = Minimum, Max = Maximum, F = F-Wert, P = Irrtumswahrscheinlichkeit, t = t-Test**

### Jahreszeitenvergleich in Bezug auf die anthropometrischen Merkmale separat nach Altersgruppen

Tabelle 19 zeigt den Vergleich der beiden Probandinnengruppen untereinander in Bezug auf die anthropologischen Merkmale im Winter und im Sommer.

Bei den jüngeren Probandinnen hat sich gezeigt, dass der Mittelwert des Körpergewichts im Winter um 0,68 kg niedriger ist als im Sommer. Der Mittelwert der Körperhöhe ist im Winter um 0,03 cm niedriger. Auch der aus diesen beiden Werten resultierende BMI ist im Winter niedriger. Hier beträgt der Unterschied 0,12 kg/m<sup>2</sup>. Der mittlere Taillenumfang wiederum ist im Winter um 0,17 cm höher als im Sommer. Beim Hüft- und Bauchumfang sind die Mittelwerte im Winter wieder niedriger. Hier betragen die Unterschiede 0,47 cm und 0,88 cm.

Bei den älteren Probandinnen liegen alle Mittelwerte im Winter höher als die im Sommer. Das mittlere Körpergewicht liegt im Mittel im Winter um 0,81 kg höher als im Sommer. Die Körperhöhe unterscheidet sich nur gering. Hier ist der Mittelwert im Winter 0,06 cm höher. Der aus diesen beiden Werten resultierende BMI liegt um 0,30 kg/m<sup>2</sup> höher als im Sommer. Die mittleren Unterschiede bei den Körperumfängen betragen 2,64 cm beim Taillenumfang, 1,12 cm beim Hüftumfang und 0,06 cm beim Bauchumfang. Sowohl bei den jüngeren Probandinnen als auch bei den älteren ist keiner der aufgeführten Unterschiede statistisch signifikant.

**Tabelle 19 Jahreszeitenvergleich in Bezug auf die anthropometrischen Merkmale separat nach Altersgruppen**

Merkmal	Gruppe	N	Jahreszeit	Mittelwert	Standard-abweichung	t	p
Körpergewicht (kg)	Jüngere Probandinnen	17	Winter	66,67	9,06	-0,72	0,482
			Sommer	67,01	8,61		
	Ältere Probandinnen	17	Winter	68,75	10,21	1,86	0,082
			Sommer	67,94	9,82		
Körperhöhe (cm)	Jüngere Probandinnen	17	Winter	171,41	6,06	-1,00	0,332
			Sommer	171,44	6,08		
	Ältere Probandinnen	17	Winter	162,47	5,50	1,00	0,332
			Sommer	162,41	5,55		
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	Jüngere Probandinnen	17	Winter	22,66	2,80	-0,65	0,527
			Sommer	22,78	2,44		
	Ältere Probandinnen	17	Winter	26,05	3,75	1,74	0,102
			Sommer	25,75	3,47		
Taillenumfang (cm)	Jüngere Probandinnen	17	Winter	72,35	4,77	0,21	0,833
			Sommer	72,18	6,18		
	Ältere Probandinnen	17	Winter	87,29	8,14	2,02	0,60
			Sommer	84,65	10,49		
Hüftumfang (cm)	Jüngere Probandinnen	17	Winter	102,12	6,34	-0,79	0,440
			Sommer	102,59	6,12		
	Ältere Probandinnen	17	Winter	104,59	6,67	1,53	0,146
			Sommer	103,47	6,52		
Bauchumfang (cm)	Jüngere Probandinnen	17	Winter	84,00	7,67	-0,95	0,357
			Sommer	84,88	7,65		
	Ältere Probandinnen	17	Winter	94,00	10,48	0,034	0,974
			Sommer	93,94	12,56		

N = Anzahl an Probandinnen, BMI = Body Mass Index, P = Irrtumswahrscheinlichkeit, t = t-Wert

### 6.1.3.1 Körperzusammensetzung

Die Körperzusammensetzung wurde mit Hilfe der TANITA BC 418MA ermittelt (vgl. Kap. 6.6). Bei einigen Probandinnen konnte die Messung nicht durchgeführt werden, da der Bioimpedanzanalysator aus unbekanntem Gründen die Probandinnen nicht erkennen konnte. Daraus resultiert die Anzahl der älteren Probandinnen mit N = 14 im Winter und N = 16 im Sommer.

#### Winter

Tabelle 20 zeigt den Vergleich der jüngeren und älteren Probandinnen in Bezug auf die Körperzusammensetzung im Winter. Es hat sich gezeigt, dass die Jüngeren eine um 6,15% niedrigere mittlere Fettmasse des gesamten Körpers aufweisen als die Älteren. Dies entspricht im Mittel 5,22 kg Fettmasse. Dieser Unterschied ist statistisch signifikant. Bei der mittleren fettfreien Masse des gesamten Körpers weisen die Jüngeren einen um 1,70 kg höheren Wert auf als die Älteren. Auch beim Grundumsatz weisen die Jüngeren den höheren Wert auf. Hier liegt der mittlere Wert um 95,34 (kcal/24 Std.) höher. Auch dieser Unterschied ist statistisch signifikant.

**Tabelle 20 Vergleich der jüngeren und älteren Probandinnen in Bezug auf die Körperzusammensetzung im Winter**

Merkmal	Gruppe	N	Min	Max	Mittelwert	Standardabweichung	Levene-Test der Varianzgleichheit		t	p
							F	P		
FM Körper (%)	Jüngere Probandinnen	22	18,60	38,60	29,01	5,77	0,06	0,807	-3,28	0,002
	Ältere Probandinnen	14	24,40	41,70	35,16	5,62				
FM Körper (kg)	Jüngere Probandinnen	22	10,00	31,10	19,21	6,41	0,04	0,846	-2,40	0,022
	Ältere Probandinnen	14	13,00	35,90	24,43	6,92				
FFM Körper (kg)	Jüngere Probandinnen	22	38,40	55,10	45,47	4,38	0,01	0,912	1,22	0,232
	Ältere Probandinnen	14	35,60	51,60	43,77	4,11				
Grundumsatz (kcal/24 Std.)	Jüngere Probandinnen	22	1195,00	1712,00	1406,59	136,63	0,02	0,894	2,20	0,035
	Ältere Probandinnen	14	1066,00	1557,00	1311,25	125,37				

N = Anzahl an Probandinnen, Min = Minimum, Max = Maximum, F = F-Wert, P = Irrtumswahrscheinlichkeit, t = t-Test, FM = Fettmasse, FFM = fettfreie Masse

## Sommer

Tabelle 21 zeigt den Vergleich der jüngeren und älteren Probandinnen in Bezug auf die Körperzusammensetzung im Sommer. Die jüngeren Probandinnen weisen eine um 5,57% niedrigere mittlere Fettmasse des gesamten Körpers auf als die älteren Probandinnen. Dies entspricht im Mittel 4,36 kg Fettmasse. Dieser Unterschied ist statistisch signifikant. Bei der mittleren fettfreien Masse des gesamten Körpers liegt der Wert der Jüngeren um 2,70 kg höher als bei den Älteren. Auch beim mittleren Grundumsatz weisen die Jüngeren den höheren Wert auf. Hier beträgt der Unterschied im Mittel 122,36 (kcal/24 Std.). Dieser Unterschied ist ebenfalls statistisch signifikant.

**Tabelle 21 Vergleich der jüngeren und älteren Probandinnen in Bezug auf die Körperzusammensetzung im Sommer**

Merkmal	Gruppe	N	Min	Max	Mittelwert	Standardabweichung	Levene-Test der Varianzgleichheit		t	Z	p
							F	P			
FM Körper (%)	Jüngere Probandinnen	17	20,80	38,10	29,63	5,35	0,00	0,969	-3,00	-	0,005
	Ältere Probandinnen	16	24,70	41,30	35,20	5,33					
FM Körper (kg)	Jüngere Probandinnen	17	11,40	29,90	20,15	5,66	0,11	0,740	-2,09	-	0,045
	Ältere Probandinnen	16	12,30	35,2	24,51	6,32					
FFM Körper (kg)	Jüngere Probandinnen	17	41,10	55,40	46,88	4,40	0,06	0,805	1,71	-	0,097
	Ältere Probandinnen	16	37,60	53,40	44,18	4,65					
Grundumsatz (kcal/24 Std.)	Jüngere Probandinnen	17	1297,00	1701,00	1444,24	129,86	-	-	-	-2,18	0,029
	Ältere Probandinnen	16	1112,00	1574,00	1321,88	133,72					

**N = Anzahl an Probandinnen, Min = Minimum, Max = Maximum, F = F-Wert, P = Irrtumswahrscheinlichkeit, t = t-Test, FM = Fettmasse, FFM = Fettfreie Masse, Z = Z-Wert**

## Jahreszeitenvergleich separat nach Altersgruppen

Tabelle 22 zeigt den Vergleich der beiden Probandinnengruppen untereinander in Bezug auf die Körperzusammensetzung im Winter und im Sommer.

Bei den jüngeren Probandinnen hat sich gezeigt, dass die mittlere Fettmasse des gesamten Körpers im Winter um 0,17% niedriger ist als im Sommer. Dies entspricht im Mittel 0,16 kg. Bei der mittleren fettfreien Masse des gesamten Körpers liegt der Wert im Winter um 0,27 kg niedriger als im Sommer. Der mittlere Grundumsatz wiederum liegt im Winter höher

als im Sommer. Hier betrug der mittlere Unterschied 3,77 (kcal/24 Std.). Alle aufgeführten Unterschiede sind statistisch nicht signifikant.

Bei den älteren Probandinnen hat sich gezeigt, dass die mittlere Fettmasse des gesamten Körpers im Winter um 0,14% höher liegt als im Sommer. Dies entspricht im Mittel 0,32 kg. Bei der mittleren fettfreien Masse des gesamten Körpers liegt der Wert im Winter um 0,28 kg höher als im Sommer und der mittlere Grundumsatz liegt um 8,71 (kcal/24 Std.) höher. Alle hier aufgeführten Unterschiede sind statistisch nicht signifikant.

**Tabelle 22 Jahreszeitenvergleich in Bezug auf die Körperzusammensetzung separat nach Altersgruppen**

Merkmal	Gruppe	N	Jahreszeit	Mittelwert	Standardabweichung	t	Z	p
FM Körper (%)	Jüngere Probandinnen	17	Winter	29,46	5,58	-0,38	-	0,708
			Sommer	29,63	5,35			
	Ältere Probandinnen	14	Winter	35,91	5,19	0,42	-	0,684
			Sommer	35,77	5,24			
FM Körper (kg)	Jüngere Probandinnen	17	Winter	19,99	6,07	-0,44	-	0,663
			Sommer	20,15	5,66			
	Ältere Probandinnen	14	Winter	25,36	6,70	1,06	-	0,309
			Sommer	25,04	6,60			
FFM Körper (kg)	Jüngere Probandinnen	17	Winter	46,61	4,08	-0,82	-	0,425
			Sommer	46,88	4,40			
	Ältere Probandinnen	14	Winter	44,12	4,27	0,83	-	0,422
			Sommer	43,84	4,09			
Grundumsatz (kcal/24 Std.)	Jüngere Probandinnen	17	Winter	1444,24	129,86	-	88,00	0,586
			Sommer	1440,47	126,76			
	Ältere Probandinnen	14	Winter	1323,64	129,63	0,98	-	0,347
			Sommer	1314,93	125,47			

N = Anzahl an Probandinnen, t = t-Wert, p = Irrtumswahrscheinlichkeit, FM = Fettmasse, FFM = Fettfreie Masse, Z = Z-Wert

#### 6.1.4 Allgemeine Kennzeichen des Probandinnenkollektivs

In diesem Abschnitt werden die Antworten der Probandinnen aus dem Fragebogen für allgemeine Angaben im Winter und im Sommer aufgeführt.

Eine junge Probandin gab an, Raucherin zu sein. Es hat sich auf Nachfrage aber herausgestellt, dass die Probandin höchstens alle vier Wochen eine Zigarette raucht.

#### Winter

##### Wohnsituation und Familienstand

Der größte Teil der jüngeren Probandinnen ist ledig. Nur zwei gaben an, verheiratet zu sein. Weiterhin leben drei der jüngeren Probandinnen alleine und 19 zusammen mit einem Partner

oder in einer Wohngemeinschaft. Bei den älteren Probandinnen gaben lediglich zwei an, ledig zu sein, und elf gaben an, verheiratet zu sein. Zusätzlich waren drei entweder geschieden oder getrennt. Zwölf der älteren Probandinnen lebten allein und sechs zusammen mit einem Partner oder in einer Wohngemeinschaft.

### Berufliche Angaben

Bei den jüngeren Probandinnen gab der Großteil an, Studentinnen zu sein. Lediglich drei gaben an, Angestellte zu sein. Bei den älteren Probandinnen gaben vier an, Angestellte zu sein, eine Probandin ging einer selbständigen Beschäftigung nach und der Großteil von 13 Probandinnen gab an, im Ruhestand zu sein.

### Zeitraum im Freien

An Arbeitstagen gaben die jüngeren Probandinnen an, im Mittel 1,85 Stunden im Freien zu verbringen. Die berufstätigen älteren Probandinnen gaben an, im Mittel 1,90 Stunden im Freien zu verbringen. An freien Tagen waren die Mittelwerte beider Probandinnengruppen höher als an Arbeitstagen. Hier gaben die jüngeren Probandinnen einen mittleren Wert von 2,76 Stunden an und die älteren Probandinnen einen mittleren Wert von 2,40 Stunden (Tab. 23).

**Tabelle 23 Angegebener Zeitraum im Freien der Probandinnen im Winter**

Merkmal	Gruppe	N	Mittelwert	Standardabweichung
Zeitraum im Freien an Arbeitstagen (Std.)	Jüngere Probandinnen	22	1,85	1,27
	Ältere Probandinnen	4	1,90	0,55
Zeitraum im Freien an freien Tagen (Std.)	Jüngere Probandinnen	22	2,76	1,90
	Ältere Probandinnen	18	2,40	1,57

**N = Anzahl an Probandinnen, Std. = Stunden**

### Selbsteinschätzung des Gesundheitszustandes

Im Winter waren die Angaben der beiden Probandinnengruppen in Bezug auf die Selbsteinschätzung des Gesundheitszustandes ähnlich, Sowohl bei den älteren als auch bei den jüngeren Probandinnen gaben jeweils drei ihren Gesundheitszustand als „sehr gut“ an. Der Großteil beider Gruppen gab ihren Gesundheitszustand als „gut“ an. Bei den jüngeren Probandinnen gaben vier an, einen „mittleren“ Gesundheitszustand zu haben und bei den Älteren zwei (Tab. 24).

**Tabelle 24 Selbsteinschätzung des Gesundheitszustandes der Probandinnen im Winter**

Gruppe	N	sehr schlecht	schlecht	mittel	gut	sehr gut
Jüngere Probandinnen	22	0	0	4	15	3
Ältere Probandinnen	18	0	0	2	13	3

N = Anzahl an Probandinnen

#### Konsum anregender Getränke und Alkohol

Die jüngeren Probandinnen gaben im Winter an, im Mittel 5,12 Tassen Kaffee oder Tee mit Tein pro Woche getrunken zu haben, wohingegen die älteren Probandinnen mit im Mittel 19,44 Tassen einen deutlich höheren Mittelwert angegeben haben. Die älteren tranken jedoch keine Energy Drinks und die jüngeren im Mittel 0,68 Dosen. Bei den Angaben zu den Gläsern Alkohol pro Woche gaben die jüngeren Probandinnen wiederum mit 0,83 den niedrigeren Mittelwert an als die älteren Probandinnen mit im Mittel 3,39 Gläsern Alkohol pro Woche (Tab. 25).

**Tabelle 25 Konsum anregender Getränke und Alkohol im Winter**

Gruppe	N	Kaffee/Tee mit Tein (Tassen/Woche)		(Dosen/Woche) Energy Drinks		(Gläser/Woche) Alkohol	
		MW	SD	MW	SD	MW	SD
Jüngere Probandinnen	22	5,12	5,78	0,68	0,32	0,83	1,01
Ältere Probandinnen	18	19,44	13,37	0	0	3,39	3,69

N = Anzahl an Probandinnen, MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung

#### Kalte Extremitäten vor dem Schlafengehen

Bei den jüngeren Probandinnen gaben jeweils acht Probandinnen an, vor dem Zubettgehen keine kalten Extremitäten oder kalte Füße zu haben. Bei den älteren Probandinnen waren es in diesen beiden Gruppen 9 bzw. 7 Probandinnen. Von den Jüngeren gaben sechs Probandinnen an, sowohl kalte Hände als auch kalte Füße zu haben, wohingegen bei den älteren Probandinnen nur eine Probandin sowohl kalte Hände als auch kalte Füße hatte.

#### Schlafverhalten

Beim Schlafverhalten im Winter gab jeweils der größere Teil der beiden Probandinnengruppen an, in einem abgedunkelten Zimmer zu schlafen. Von den 22 jüngeren Probandinnen schliefen nur sechs bei offenem Fenster, wohingegen bei den älteren Probandinnen elf bei offenem Fenster schliefen. Nur eine Probandin der Jüngeren hielt

regelmäßig Nickerchen. Bei den Älteren waren es acht Probandinnen mit einer mittleren Nickerchendauer von 30,63 Minuten (s. Tab. 26)

**Tabelle 26 Schlafverhalten im Winter**

Gruppe	N	abgedunkeltes Zimmer		offenes Fenster		Nickerchen	
		Ja	Nein	Ja	Nein	N	Mittlere Dauer in Min
<b>Jüngere Probandinnen</b>	22	17	5	6	16	1	120
<b>Ältere Probandinnen</b>	17	14	3	11	6	8	30,63

N = Anzahl an Probandinnen, Min = Minuten

### Sommer

#### Wohnsituation und Familienstand

Der größte Teil der jüngeren Probandinnen war ledig. Nur eine gab an, verheiratet zu sein. Weiterhin lebten vier der jüngeren Probandinnen alleine und 13 zusammen mit einem Partner oder in einer Wohngemeinschaft. Bei den älteren Probandinnen waren zwei ledig und zehn verheiratet. Sechs ältere Probandinnen gaben an, alleine zu leben, und elf gaben an, zusammen mit einem Partner oder in einer Wohngemeinschaft zu leben.

#### Berufliche Angaben

Von den 17 jüngeren Probandinnen im Sommer gaben 14 an, Studentinnen zu sein und drei gaben an, Angestellte zu sein. Von den Älteren Probandinnen gaben 13 an, im Ruhestand zu sein. Drei arbeiteten als Angestellte und eine als Hausfrau.

#### Zeitraum im Freien

An Arbeitstagen gaben die jüngeren Probandinnen an, im Mittel 2,00 Stunden im Freien zu verbringen. Die berufstätigen älteren Probandinnen gaben an, im Mittel 3,30 Stunden im Freien zu verbringen. An freien Tagen war der Mittelwert der Jüngeren um 0,82 Stunden höher als an Arbeitstagen. Die Älteren waren an freien Tagen mit 0,03 Stunden fast genauso lange im Freien wie an Arbeitstagen (Tab. 27).

**Tabelle 27 Zeitraum im Freien im Sommer**

Merkmal	Gruppe	N	Mittelwert	Standardabweichung
Zeitraum im Freien an Arbeitstagen (Std.)	Jüngere Probandinnen	17	2,00	0,94
	Ältere Probandinnen	4	3,30	1,57
Zeitraum im Freien an freien Tagen (Std.)	Jüngere Probandinnen	17	2,82	1,58
	Ältere Probandinnen	17	3,27	1,76

N = Anzahl an Probandinnen, Std. = Stunden

### Selbsteinschätzung des Gesundheitszustandes

Im Sommer unterschieden sich die Angaben der beiden Probandinnengruppen in Bezug auf die Selbsteinschätzung des Gesundheitszustandes kaum voneinander. Bei beiden Gruppen gaben jeweils drei Probandinnen ihren Gesundheitszustand mit „mittel“ an, 13 bzw. 12 gaben „gut“ an und eine bzw. zwei gaben „sehr gut“ an (Tab. 28).

Tabelle 28 Selbsteinschätzung des Gesundheitszustandes im Sommer

Gruppe	N	sehr schlecht	schlecht	mittel	gut	sehr gut
Jüngere Probandinnen	17	0	0	3	13	1
Ältere Probandinnen	17	0	0	3	12	2

N = Anzahl an Probandinnen

### Konsum anregender Getränke und Alkohol

Die jüngeren Probandinnen gaben im Sommer an, im Mittel 5,56 Tassen Kaffee oder Tee mit Tein getrunken zu haben, wohingegen die älteren Probandinnen mit im Mittel 19,85 Tassen einen deutlich höheren Mittelwert angegeben haben. Sowohl die jüngeren als auch die älteren Probandinnen tranken im Sommer keine Energy Drinks. Bei den Angaben zu den Gläsern Alkohol pro Woche gaben die jüngeren Probandinnen wiederum mit 0,72 den niedrigeren Mittelwert an als die älteren Probandinnen mit im Mittel 2,65 Gläsern Alkohol pro Woche (Tab. 29).

Tabelle 29 Konsum anregender Getränke und Alkohol im Sommer

Gruppe	N	Kaffee/Tee mit Tein (Tassen/Woche)		(Dosen/Woche) Energy Drinks		(Gläser/Woche) Alkohol	
		MW	SD	MW	SD	MW	SD
Jüngere Probandinnen	17	5,56	6,74	0	0	0,72	0,96
Ältere Probandinnen	17	19,85	14,77	0	0	2,65	2,81

N = Anzahl an Probandinnen, MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung

### Kalte Extremitäten vor dem Schlafengehen

Bei den jüngeren Probandinnen gaben acht Probandinnen an, vor dem Zubettgehen keine kalten Extremitäten zu haben. Jeweils vier gaben an, vor dem Schlafengehen entweder kalte Füße oder kalte Füße und kalte Hände zu haben. Bei den älteren Probandinnen gaben elf Probandinnen an, weder kalte Füße noch kalte Hände vor dem Schlafengehen zu haben. Eine

Probandin gab an, vor dem Schlafengehen kalte Hände zu haben, und fünf gaben an, kalte Füße zu haben.

### Schlafverhalten

Tabelle 30 zeigt das Schlafverhalten der Probandinnen im Sommer. Beim Schlafverhalten im Sommer gab jeweils der größere Teil der beiden Probandinnengruppen an, in einem abgedunkelten Zimmer zu schlafen. Von den 17 jüngeren Probandinnen schliefen zehn bei offenem Fenster, wohingegen bei den älteren Probandinnen elf bei offenem Fenster schliefen. Nur eine Probandin der Jüngeren hielt regelmäßig Nickerchen. Bei den Älteren waren es acht Probandinnen mit einer mittleren Nickerchendauer von 31,25 Minuten.

**Tabelle 30 Schlafverhalten im Sommer**

Gruppe	N	abgedunkeltes Zimmer		offenes Fenster		Nickerchen	
		Ja	Nein	Ja	Nein	N	Mittlere Dauer in Min
						1	35,00
<b>Jüngere Probandinnen</b>	17	12	5	10	7		
<b>Ältere Probandinnen</b>	17	10	7	11	6	8	31,25

N = Anzahl an Probandinnen, Min = Minuten

### **6.1.5 Gruppenunterschiede in Bezug auf Morgen- und Abendpräferenz und subjektive Tagesschläfrigkeit**

Die Morgen- bzw. Abendpräferenz wurde mit Hilfe des D-MEQ-Fragebogens ermittelt und die subjektive Tagesschläfrigkeit mit Hilfe des ESS-Fragebogens. Beide Fragebögen wurden im Winter und im Sommer ausgefüllt. Es wurden sowohl die Einteilung in die jeweiligen Gruppen, als auch die erreichten Punkte miteinander verglichen. Je höher der Punktwert des D-MEQ-Fragebogens war, desto mehr tendierten die Probandinnen in Richtung Morgenpräferenz und je höher der Punktwert des ESS-Fragebogens war, desto höher war die Tagesschläfrigkeit.

#### Winter

Tabelle 31 zeigt die Häufigkeitsverteilung der Tagesschläfrigkeit bei jüngeren und älteren Probandinnen im Vergleich. Bei den Jüngeren litten zwei Probandinnen unter subjektiver Tagesschläfrigkeit und bei den Älteren eine.

**Tabelle 31 Häufigkeitsverteilung der Tagesschläfrigkeit nach jüngeren und älteren Probandinnen im Winter**

Gruppe	Tagesschläfrigkeit	N	Prozent
Jüngere Probandinnen	Vorhanden	2	9,1
	Nicht vorhanden	20	90,9
	Gesamt	22	100
Ältere Probandinnen	Vorhanden	1	5,6
	Nicht vorhanden	17	94,4
	Gesamt	18	100

**N = Anzahl an Probandinnen**

Tabelle 32 zeigt den Vergleich der mittleren Punktwerte von Morgen- und Abendpräferenz und subjektiver Tagesschläfrigkeit zwischen jüngeren und älteren Probandinnen. Der mittlere Punktwert zur Ermittlung Präferenz liegt bei den jüngeren Probandinnen um 4,17 Punkte niedriger als bei den älteren Probandinnen. Dieser Unterschied ist statistisch nicht signifikant. Bei der subjektiven Tagesschläfrigkeit liegt der mittlere Punktwert der Jüngeren um 0,20 Punkte höher als bei den Älteren. Dieser Unterschied ist ebenfalls nicht statistisch signifikant.

**Tabelle 32 Vergleich der mittleren Punktwerte betreffend Morgen- und Abendpräferenz und Tagesschläfrigkeit zwischen jüngeren und älteren Probandinnen im Winter**

Test	Gruppe	N	Mittelwert	Standardabweichung	Levene-Test der Varianzgleichheit		t	Z	p
					F	P			
D-MEQ Fragebogen (Punkte)	Jüngere Probandinnen	22	52,49	9,43	-	-	-	-1,14	0,254
	Ältere Probandinnen	18	56,66	8,66					
ESS-Tages-schläfrigkeit (Punkte)	Jüngere Probandinnen	22	6,64	2,70	0,95	0,337	0,21	-	0,837
	Ältere Probandinnen	18	6,44	3,17					

**N = Anzahl an Probandinnen, F = F-Wert, p = Irrtumswahrscheinlichkeit, t = t-Test, Z = Z-Wert**

### Sommer

Tabelle 33 zeigt die Häufigkeitsverteilung der Tagesschläfrigkeit bei jüngeren und älteren Probandinnen im Vergleich. Bei den Jüngeren litten drei Probandinnen unter subjektiver Tagesschläfrigkeit und bei den Älteren zwei.

**Tabelle 33 Häufigkeitsverteilung der Tagesschläfrigkeit nach jüngeren und älteren Probandinnen im Sommer**

Gruppe	Tagesschläfrigkeit	N	Prozent
Jüngere Probandinnen	Vorhanden	3	17,65
	Nicht vorhanden	14	82,35
	Gesamt	17	100
Ältere Probandinnen	Vorhanden	2	11,76
	Nicht vorhanden	15	88,24
	Gesamt	17	100

N = Anzahl an Probandinnen

Tabelle 34 zeigt den mittleren Punktwert betreffend Morgen- und Abendpräferenz und Tagesschläfrigkeit zwischen jüngeren und älteren Probandinnen im Sommer. Die jüngeren Probandinnen weisen hier einen um 5,03 Punkte niedrigeren mittleren Wert auf als die älteren Probandinnen. Bei der Tagesschläfrigkeit ist der Wert der jüngeren Probandinnen ebenfalls niedriger. Hier liegt die Differenz bei 0,59 Punkten. Beide Unterschiede sind jedoch statistisch nicht signifikant.

**Tabelle 34 Vergleich der mittleren Punktwerte betreffend Morgen- und Abendpräferenz und Tagesschläfrigkeit zwischen jüngeren und älteren Probandinnen im Sommer**

	Gruppe	N	Mittelwert	Standardabweichung	Levene-Test der Varianzgleichheit		t	Z	p
					F	P			
D-MEQ Fragebogen (Punkte)	Jüngere Probandinnen	17	51,65	10,44	-	-	-	-1,29	0,196
	Ältere Probandinnen	17	56,68	9,31					
ESS-Tages-schläfrigkeit (Punkte)	Jüngere Probandinnen	17	6,53	3,71	0,44	0,513	-0,49	-	0,627
	Ältere Probandinnen	17	7,12	3,26					

N = Anzahl an Probandinnen, F = F-Wert, p = Irrtumswahrscheinlichkeit, t = t-Test, Z = Z-Wert

#### Jahreszeitenvergleich separat nach Altersgruppen

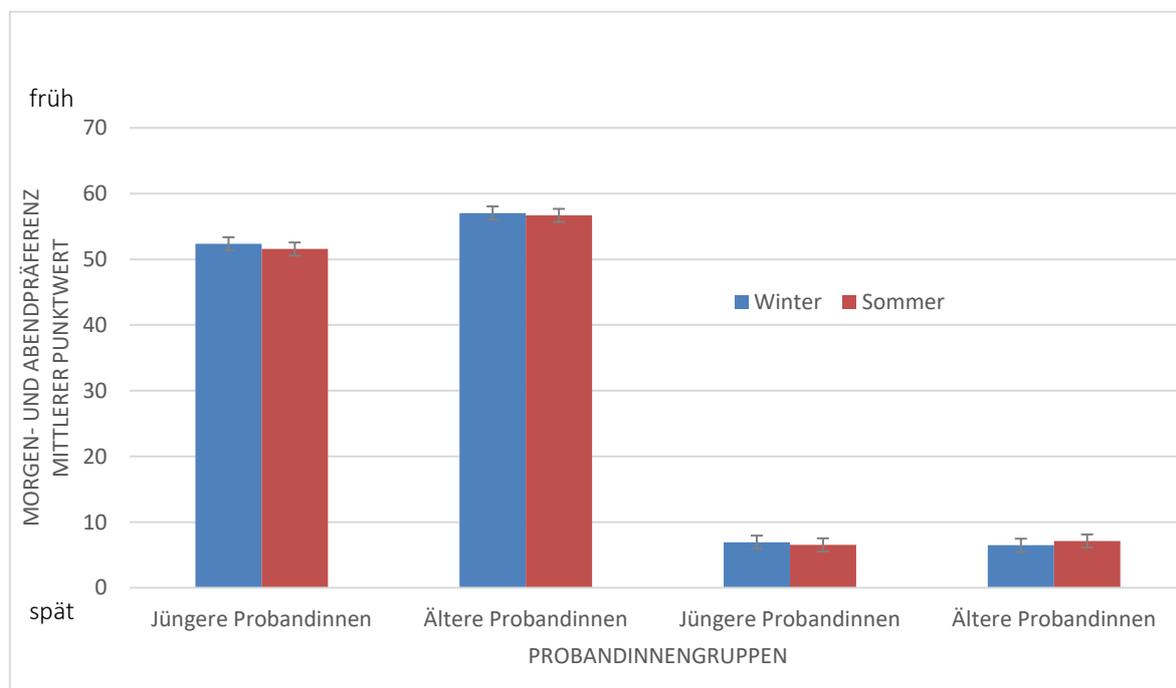
Tabelle 35 zeigt den Vergleich der Unterschiede innerhalb der Gruppen in Bezug auf die mittleren D-MEQ und ESS-Punkte im Winter und im Sommer. Bei den jüngeren Probandinnen hat sich gezeigt, dass der mittlere D-MEQ-Punktwert im Winter um 0,80 Punkte höher ist als im Sommer. Bei der subjektiven Tagesschläfrigkeit ist der Mittelwert der jüngeren Probandinnen im Winter ebenfalls höher als im Sommer. Hier beträgt die Differenz 0,41 Punkte.

Bei den älteren Probandinnen ist der D-MEQ Punktwert im Winter mit 0,37 Punkten etwas niedriger als im Sommer. Der mittlere Punktwert der subjektiven Tagesschläfrigkeit ist im Sommer um 0,65 Punkte höher als im Winter. Alle hier genannten Unterschiede sind statistisch nicht signifikant. Dies ist in Abbildung 26 noch einmal dargestellt.

**Tabelle 35 Jahreszeitenvergleich in Bezug auf D-MEQ und ESS-Punkte separat nach Altersgruppen**

Gruppe	Probandinnengruppe	Jahreszeit	N	Mittelwert	Standardabweichung	t	Z	p
D-MEQ Chronotyp Fragebogen (Punkte)	Jüngere Probandinnen	Winter	17	52,36	10,65	-	-0,88	0,394 b)
		Sommer		51,56	10,44			
	Ältere Probandinnen	Winter	17	57,05	8,75	-0,36	-	0,717
		Sommer		56,68	9,31			
ESS-Tages-schläfrigkeit (Punkte)	Jüngere Probandinnen	Winter	17	6,94	2,75	-0,51	-	0,620
		Sommer		6,53	3,71			
	Ältere Probandinnen	Winter	17	6,47	3,26	-0,99	-	0,336
		Sommer		7,12	3,26			

N = Anzahl an Probandinnen, t = t-Wert, p = Irrtumswahrscheinlichkeit, Z = Z-Wert



**Abbildung 26 Jahreszeitenvergleich in Bezug auf die mittlerer Punktwerte des D-MEQ und der subjektiven Tagesschläfrigkeit separat nach Altersgruppen, angegeben sind Mittelwert und Standardabweichung**

### **6.1.6 Gruppenunterschiede in Bezug auf die subjektive Schlafqualität**

Die subjektive Schlafqualität wurde mittels des PSQI-Fragebogens ermittelt. Die Probandinnen füllten ihn bei der Untersuchung im Winter und bei der Untersuchung im Sommer aus. Mit Hilfe des Fragebogens war es möglich, die subjektive Schlafqualität rückblickend für die jeweils letzten vier Wochen zu ermitteln.

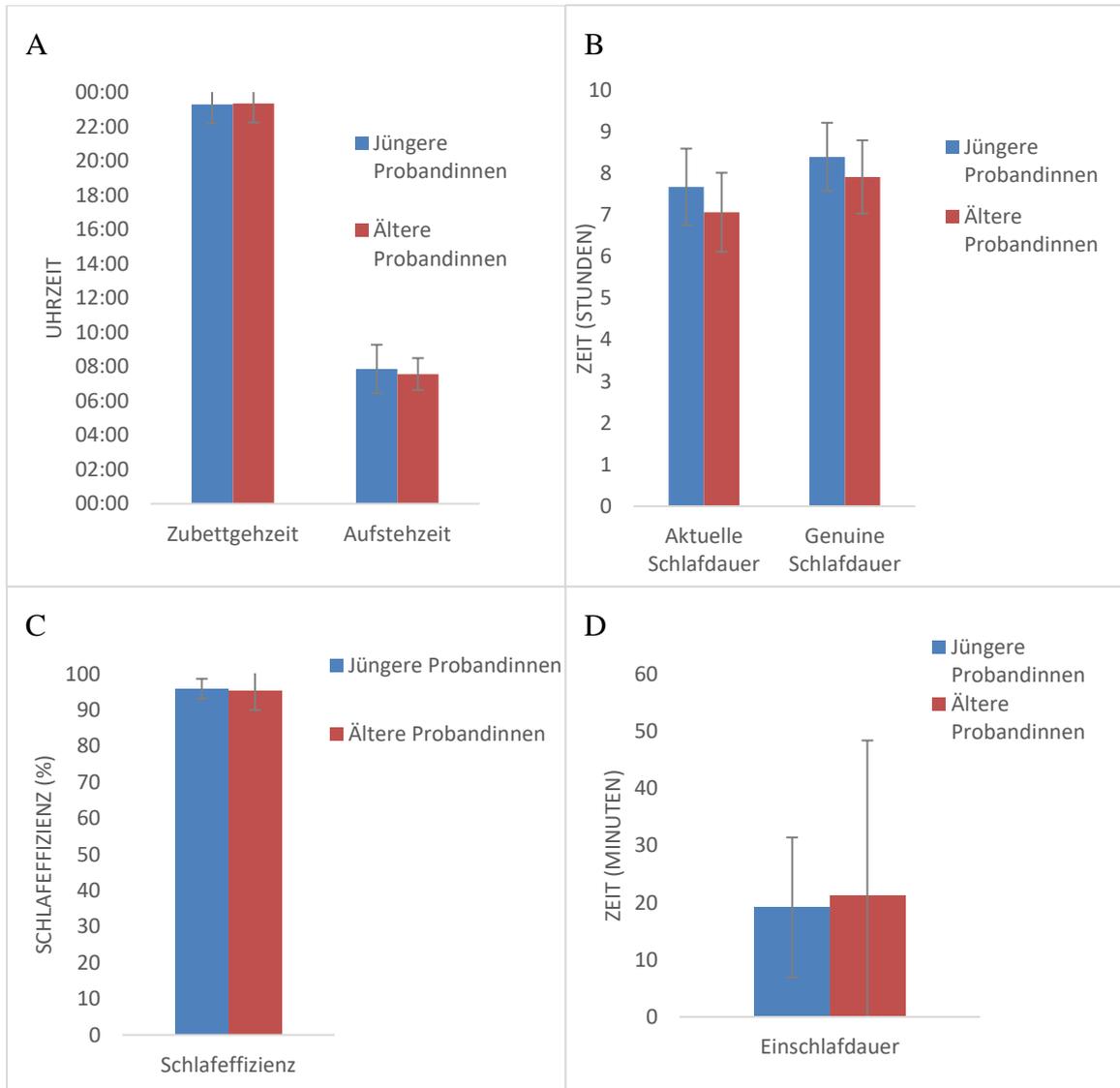
#### Winter

Tabelle 36 zeigt den Vergleich von jüngeren und älteren Probandinnen betreffend schlafbezogener Variablen nach PSQI-Fragebogen im Winter. Der Unterschied ist in Abbildung 27 dargestellt. Der mittlere Punktwert des PSQI-Fragebogens, der die Schlafqualität angibt, ist in beiden Gruppen fast identisch. Die Jüngeren weisen hier einen um 0,06 Punkte niedrigeren mittleren Wert auf. Ähnliches gilt für die mittlere Aufstehzeit. Hier weisen die Jüngeren eine im Mittel um 18 Minuten spätere Aufwachzeit auf. Die mittlere Zubettgehzeit ist bei den Jüngeren jedoch um 4 Minuten früher. Auch die mittlere Einschlafdauer ist bei den jüngeren Probandinnen um 2 Minuten kürzer. Für den Wert der mittleren Schlafdauer gaben die jüngeren Probandinnen einen um 0,61 Stunden niedrigeren Wert an. Der Unterschied der mittleren genuinen Schlafdauer ist größer. Hier gaben die jüngeren Probandinnen einen um 0,56 Stunden höheren Wert an. Dieser Unterschied ist statistisch signifikant. Die mittlere Schlafeffizienz unterscheidet sich in den beiden Probandinnengruppen kaum. Die mittlere Schlafeffizienz der jüngeren Probandinnen liegt hier um 0,48% höher als bei den älteren Probandinnen.

**Tabelle 36 Vergleich von jüngeren und älteren Probandinnen betreffend schlafbezogener Variablen nach PSQI-Fragebogen im Winter**

Schlafparameter	Gruppe	N	Mittelwert	Standardabweichung	Levene-Test der Varianzgleichheit		t	Z	p
					F	p			
Schlafqualität (Punkte)	Jüngere Probandinnen	22	5,00	2,01	0,09	0,771	-0,90	-	0,933
	Ältere Probandinnen	18	5,06	2,04					
Aufstehzeit (Uhrzeit)	Jüngere Probandinnen	22	07:52	84,98 <sup>a)</sup>	-	-	-	-0,11	0,913
	Ältere Probandinnen	18	07:34	67,47 <sup>a)</sup>					
Zubettgehzeit (Uhrzeit)	Jüngere Probandinnen	22	23:18	66,04 <sup>a)</sup>	-	-	-	1,02	0,310
	Ältere Probandinnen	18	23:22	56,28 <sup>a)</sup>					
Einschlafdauer (Min)	Jüngere Probandinnen	22	19,14	12,25	-	-	-	-1,05	0,296
	Ältere Probandinnen	18	21,25	27,11					
Aktuelle Schlafdauer (Std.)	Jüngere Probandinnen	22	7,67	0,92	-	-	-	-1,88	0,060
	Ältere Probandinnen	18	7,06	0,95					
Genuine Schlafdauer (Std.)	Jüngere Probandinnen	22	8,39	0,82	-	-	-	-2,23	0,023
	Ältere Probandinnen	18	7,83	0,88					
Schlaffeffizienz (%)	Jüngere Probandinnen	22	95,91	2,75	-	-	-	-0,80	0,422
	Ältere Probandinnen	18	95,43	5,46					

N = Anzahl an Probandinnen, Std. = Stunden, F = F-Wert, t = t-Wert, p = Irrtumswahrscheinlichkeit, a) Angaben in Minuten, Z = Z-Wert



**Abbildung 27** Vergleich schlafbezogener Merkmale nach PSQI zwischen jüngeren (N = 22) und älteren Probandinnen im Winter (N = 16 bei genuiner Schlafdauer), A) Zubettgeh- und Aufstehzeit, B) aktuelle Schlafdauer und genuine Schlafdauer, \* =  $p < 0,050$ , C) Schlafeffizienz und D) Schlaflatenz (Einschlafdauer), angegeben sind Mittelwerte und Standardabweichungen

### Sommer

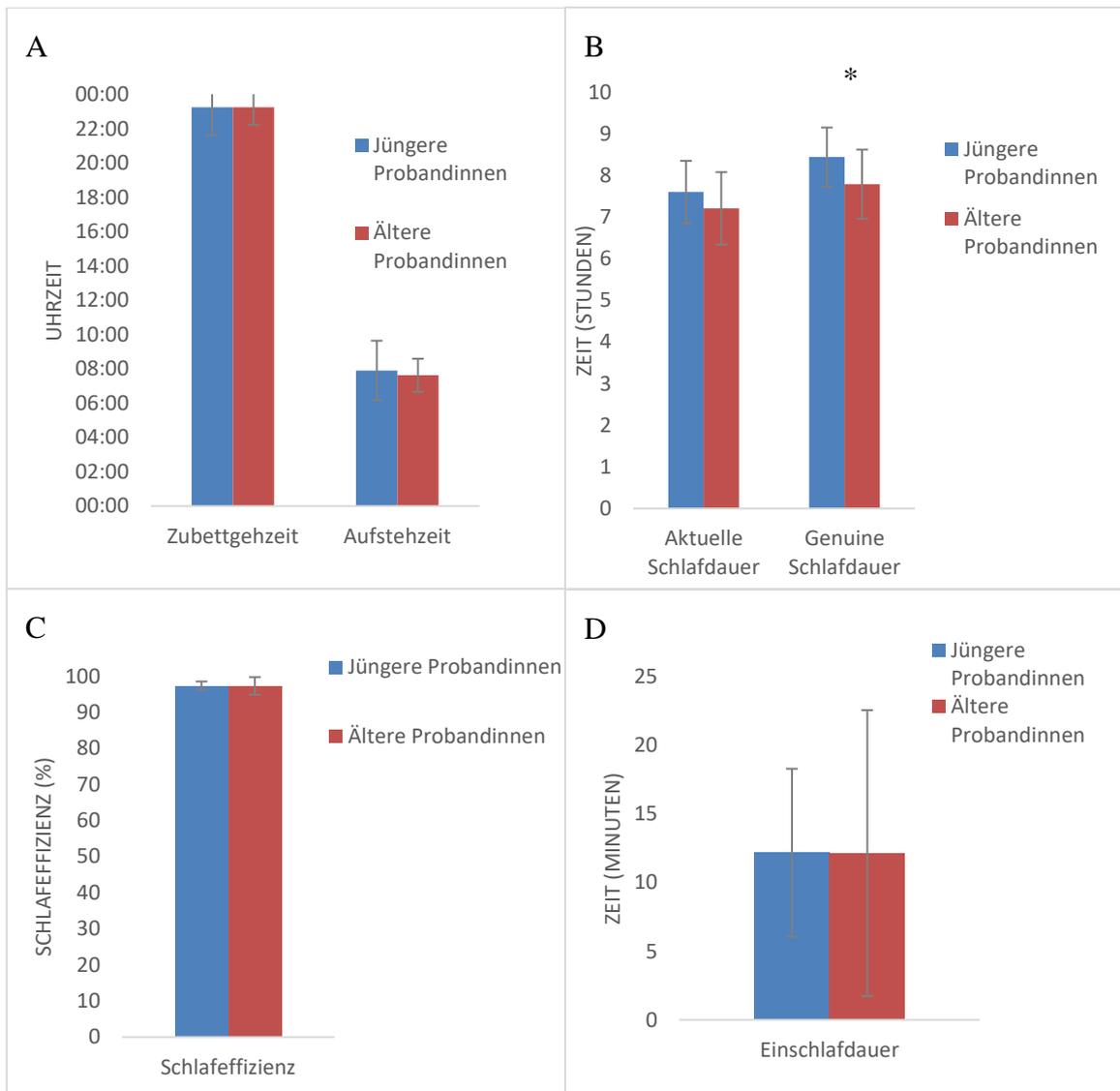
Tabelle 37 zeigt den Vergleich von jüngeren und älteren Probandinnen betreffend schlafbezogener Variablen nach PSQI-Fragebogen im Sommer. Dies ist in Abbildung 28 grafisch dargestellt. Der mittlere Punktwert des PSQI-Fragebogens ist bei den jüngeren Probandinnen um 0,29 Punkte höher als bei den älteren Probandinnen. Die mittlere Aufstehzeit ist bei den Jüngeren um 22 Minuten später und die mittlere Zubettgehzeit eine Minute später. Die mittlere Einschlafdauer der beiden Probandinnengruppen war fast gleich. Hier ist der mittlere Wert der jüngeren Probandinnen um 0,03 Minuten länger. Die mittlere aktuelle Schlafdauer ist bei den jüngeren Probandinnen um 0,39 Stunden länger und die

mittlere genuine Schlafdauer um 0,65 Stunden. Der Gruppenunterschied bei der genuine Schlafdauer ist statistisch signifikant. Die mittlere Schlafeffizienz unterscheidet sich zwischen den beiden Probandinnengruppen wieder kaum. Hier liegt der mittlere Wert der jüngeren Probandinnen um 0,04% höher als bei den älteren Probandinnen.

**Tabelle 37 Vergleich von jüngeren und älteren Probandinnen betreffend schlafbezogener Variablen nach PSQI-Fragebogen im Sommer**

Schlafparameter	Gruppe	N	Mittelwert	Standardabweichung	Levene-Test der Varianzgleichheit		t	Z	p
					F	p			
Schlafqualität (Punkte)	Jüngere Probandinnen	17	3,94	1,39	1,53	0,226	0,44	-	0,662
	Ältere Probandinnen	17	3,65	2,37					
Aufstehzeit (Uhrzeit)	Jüngere Probandinnen	17	07:55	103,98 <sup>a)</sup>	-	-	-	0,19	0,848
	Ältere Probandinnen	17	07:38	58,42 <sup>a)</sup>					
Zubettgehzeit (Uhrzeit)	Jüngere Probandinnen	17	23:17	97,92 <sup>a)</sup>	-	-	-	0,40	0,690
	Ältere Probandinnen	17	23:16	60,81 <sup>a)</sup>					
Einschlafdauer (Min)	Jüngere Probandinnen	17	12,18	6,12	-	-	-	-0,75	0,451
	Ältere Probandinnen	17	12,15	10,42					
Aktuelle Schlafdauer (Std.)	Jüngere Probandinnen	16	7,60	0,75	0,36	0,55	-	-	0,167
	Ältere Probandinnen	17	7,21	0,87					
Genuine Schlafdauer (Std.)	Jüngere Probandinnen	17	8,44	0,68	0,55	2,48	-	0,018	
	Ältere Probandinnen	17	7,79	0,83					
Schlaffeffizienz (%)	Jüngere Probandinnen	17	97,31	1,17	-	-	0,92	0,357	
	Ältere Probandinnen	17	97,27	2,44					

**N = Anzahl an Probandinnen, Std. = Stunden, F = F-Wert, t = t-Wert, p = Irrtumswahrscheinlichkeit, a) Angaben in Minuten, Z = Z-Wert**



**Abbildung 28** Vergleich schlafbezogener Merkmale nach PSQI zwischen jüngeren (N = 16 bei Schlafdauer und N = 15 bei genuiner Schlafdauer) und älteren Probandinnen (N = 17), A) mittlere Zubettgeh- und Aufstehzeit, B) mittlere aktuelle Schlafdauer und genuine Schlafdauer, \* = p < 0,050, C) mittlere Schlafeffizienz und D) mittlere Schlaflatenz (Einschlafdauer), angegeben sind Mittelwerte und Standardabweichungen

### Jahreszeitenvergleich separat nach Altersgruppen

Tabelle 38 zeigt den Vergleich von jüngeren und älteren Probandinnen untereinander betreffend schlafbezogener Variablen nach PSQI-Fragebogen im Sommer und im Winter. Bei den jüngeren Probandinnen hat sich gezeigt, dass der mittlere Punktwert des PSQI-Fragebogens im Winter um 1,12 Punkte höher ist als im Sommer. Dieser Unterschied ist statistisch signifikant. Im Winter standen die jüngeren Probandinnen im Mittel zwei Minuten früher auf als im Sommer und sie gingen im Winter im Mittel acht Minuten früher zu Bett. Der Unterschied der mittleren Einschlafdauer der Jüngeren ist mit einem um 7,88 Minuten höheren Wert im Winter statistisch signifikant. Die Schlafdauer der jüngeren Probandinnen war zu beiden Jahreszeiten fast identisch. Im Sommer schliefen sie im Mittel 0,24 Stunden länger als im Winter. Bei der mittleren genuinen Schlafdauer verhielt es sich ähnlich. Hier

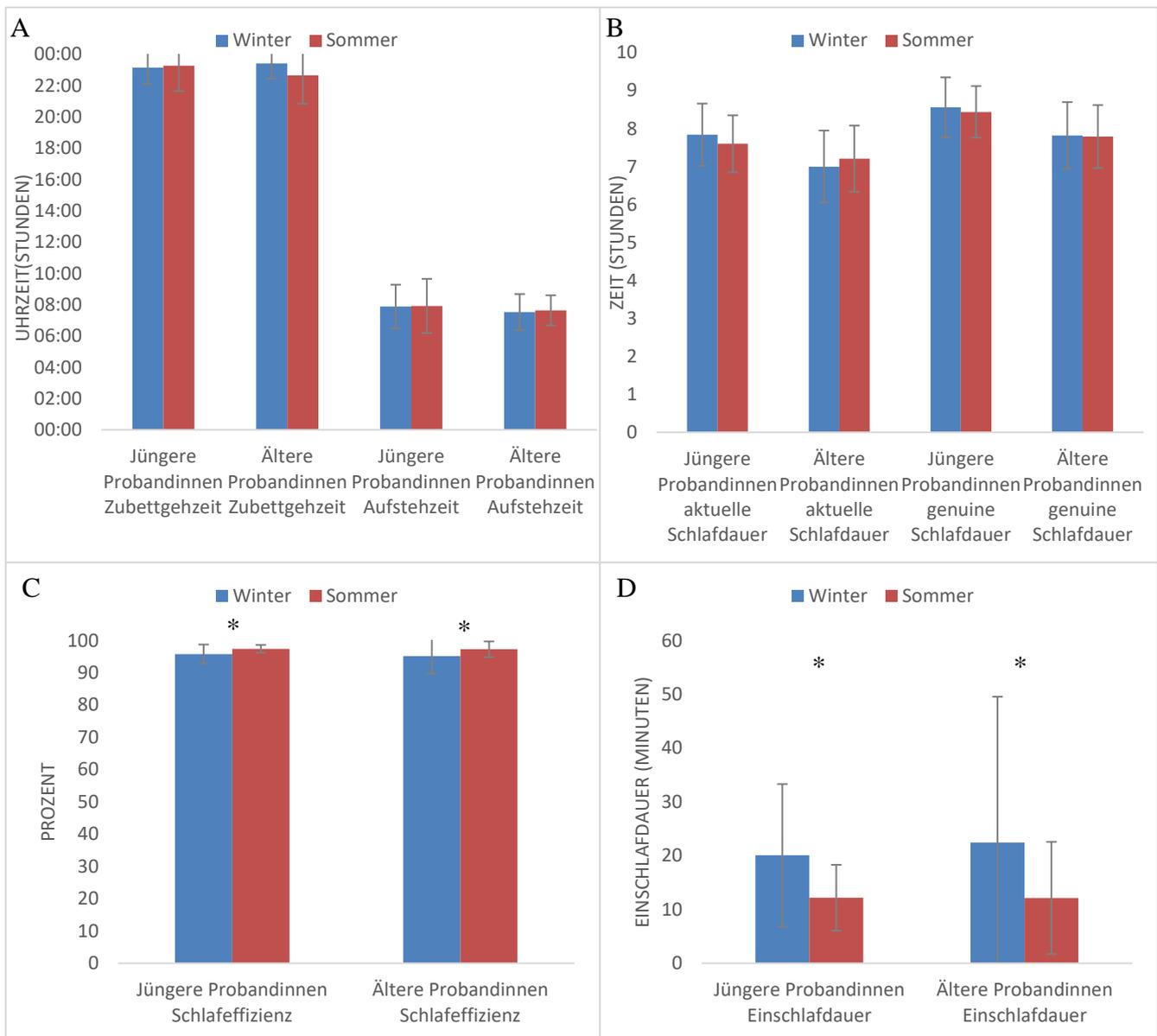
gaben die Jungen im Sommer einen um 0,12 Stunden niedrigeren Wert an. Die mittlere Schlafeffizienz war bei den jüngeren Probandinnen im Sommer um 1,61% höher als im Winter. Dieser Unterschied ist statistisch signifikant. Dies ist in Abbildung 29 dargestellt.

Die älteren Probandinnen wiesen im Winter einen um 1,47 höheren mittleren PSQI-Punktwert auf als im Sommer. Dieser Unterschied war statistisch signifikant. Im Winter standen die älteren Probandinnen im Mittel sechs Minuten früher auf als im Sommer und sie gingen im Mittel neun Minuten später zu Bett. Der Unterschied der mittleren Einschlafdauer der Älteren ist mit einem um 10,29 Minuten höheren Wert im Winter statistisch signifikant. Die mittlere Schlafdauer der älteren Probandinnen war im Winter um 0,21 Stunden kürzer als im Sommer. Die mittlere genuine Schlafdauer hingegen war im Winter 0,03 Stunden länger als im Sommer. Die mittlere Schlafeffizienz der älteren Probandinnen war im Sommer 2,10% höher als im Winter. Dieser Unterschied ist statistisch signifikant. Dies ist in Abbildung 29 dargestellt.

**Tabelle 38 Jahreszeitenvergleich in Bezug auf schlafbezogene Variablen nach PSQI-Fragebogen separat nach Altersgruppen**

Schlafparameter	Proband- innengruppe	Jahres- zeit	N	Mittelwert ± SD	t	Z	p
Schlafqualität (Punkte)	Jüngere Probandinnen	Winter	17	5,06 ± 2,19	2,56	-	0,021
		Sommer	17	3,94 ± 1,39			
	Ältere Probandinnen	Winter	17	5,12 ± 2,09	-	5,14	0,001
		Sommer	17	3,65 ± 2,37			
Aufstehzeit (Uhrzeit)	Jüngere Probandinnen	Winter	17	07:53 ± 83,90 <sup>a)</sup>	-	-0,13	0,900
		Sommer	17	07:55 ± 103,98 <sup>a)</sup>			
	Ältere Probandinnen	Winter	17	07:32 69,22 <sup>a)</sup>	-	0,12	0,905
		Sommer	17	07:38 58,42 <sup>a)</sup>			
Zubettgezeit (Uhrzeit)	Jüngere Probandinnen	Winter	17	23:09 ± 62,86 <sup>a)</sup>	-	0,36	0,721
		Sommer	17	23:17 ± 97,92 <sup>a)</sup>			
	Ältere Probandinnen	Winter	17	23:25 ± 57,97 <sup>a)</sup>	-	-0,93	0,352
		Sommer	17	23:16 ± 60,81 <sup>a)</sup>			
Einschlafdauer (Min)	Jüngere Probandinnen	Winter	17	20,06 ± 13,24	-	-2,49	0,013
		Sommer	17	12,18 ± 6,12			
	Ältere Probandinnen	Winter	17	22,44 ± 27,36	-	-2,42	0,016
		Sommer	17	12,15 ± 10,42			
Schlafdauer (Std.)	Jüngere Probandinnen	Winter	17	7,84 ± 0,82	-	-1,30	0,194
		Sommer	17	7,60 ± 0,75			
	Ältere Probandinnen	Winter	17	7,00 ± 0,95	-	0,85	0,398
		Sommer	17	7,21 ± 0,87			
genuine Schlafdauer (Std.)	Jüngere Probandinnen	Winter	17	8,56 ± 0,79	-	-0,86	0,392
		Sommer	17	8,44 ± 0,68			
	Ältere Probandinnen	Winter	17	7,82 ± 0,88	-	-0,12	0,905
		Sommer	17	7,79 ± 0,83			
Schlafeffizienz (%)	Jüngere Probandinnen	Winter	17	95,80 ± 2,93	-	2,12	0,030
		Sommer	17	97,41 ± 1,21			
	Ältere Probandinnen	Winter	17	95,17 ± 5,51	-	-2,41	0,016
		Sommer	17	97,27 ± 2,44			

N = Anzahl an Probandinnen, Std. = Stunden, Min = Minuten, t = t-Wert, a) Angabe in Minuten, Z = Z-Wert



**Abbildung 29 Jahreszeitenvergleich in Bezug auf schlafbezogene Merkmale nach PSQI separat nach Altersgruppen, A) mittlere Zubettgeh- und Aufstehzeit, B) mittlere aktuelle Schlafdauer und genuine Schlafdauer, \* =  $p < 0,050$ , C) mittlere Schlafeffizienz und D) mittlere Schlaflatenz (Einschlafdauer), angegeben sind Mittelwerte  $\pm$  Standardabweichungen**

### 6.1.7 Gruppenunterschiede in Bezug auf die Erfassung des Stresslevels

Die Erfassung des Stresslevels erfolgte mit Hilfe des Fragebogens PSS-10. Er wurde von den Probandinnen sowohl im Winter, als auch im Sommer ausgefüllt. Dadurch konnte der Stresslevel der jeweils letzten vier Wochen vor den Untersuchungen erfasst werden.

#### Winter

Tabelle 39 zeigt die Gruppenunterschied in Bezug auf die Erfassung des Stresslevels im Winter. Die jüngeren Probandinnen weisen einen um 5,08 höheren mittleren Punktwert auf als die älteren Probandinnen. Dieser Unterschied ist statistisch sehr signifikant. Dies ist in Abbildung 30 dargestellt.

**Tabelle 39 Gruppenunterschiede in Bezug auf die Erfassung des Stresslevels im Winter**

Test	Gruppe	N	Mittelwert	Standard-abweichung	Levene-Test der Varianz-gleichheit		t	p
					F	P		
Stresslevel (Punkte)	Jüngere Probandinnen	22	15,64	4,91	0,52	0,48	3,37	0,002
	Ältere Probandinnen	18	10,56	4,53				

N = Anzahl an Probandinnen, F = F-Wert, t = t-Wert, p = Irrtumswahrscheinlichkeit

### Sommer

Tabelle 40 zeigt den Unterschied der beiden Probandinnengruppen in Bezug auf die Erfassung des Stresslevels im Sommer. Die jüngeren Probandinnen weisen einen um 3,76 höhere mittleren Punktwert auf als die älteren Probandinnen. Dieser Unterschied ist statistisch signifikant. Dies ist in Abbildung 30 dargestellt.

**Tabelle 40 Gruppenunterschiede in Bezug auf die Erfassung des subjektiven Stresslevels im Sommer**

Test	Gruppe	N	Mittelwert	Standard-abweichung	Levene-Test der Varianz-gleichheit		t	p
					F	P		
Stresslevel (Punkte)	Jüngere Probandinnen	17	14,35	5,04	0,35	0,56	2,20	0,035
	Ältere Probandinnen	17	10,59	4,93				

N = Anzahl an Probandinnen, F = F-Wert, t = t-Wert, p = Irrtumswahrscheinlichkeit

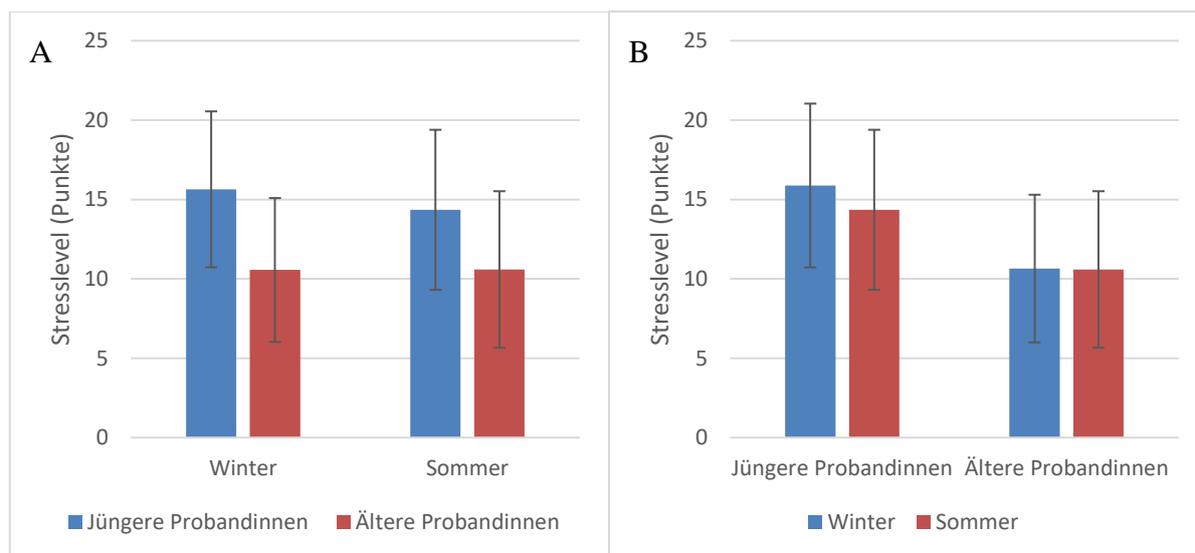
### Jahreszeitenvergleich in Bezug auf die Erfassung des subjektiven Stresslevels separat nach Altersgruppen

Tabelle 41 zeigt den Vergleich der beiden Probandinnengruppen untereinander in Bezug auf den subjektiven Stresslevel im Winter und im Sommer. Es hat sich gezeigt, dass der Stresslevel der Jüngeren im Winter um 1,53 Punkte höher liegt als im Sommer. Bei den Älteren unterscheiden sich die Jahreszeiten kaum. Hier liegt der Mittelwert im Winter um 0,06 Punkte höher als im Sommer.

**Tabelle 41 Jahreszeitenvergleich in Bezug auf die Erfassung des subjektiven Stresslevels separat nach Altersgruppen**

Test	Gruppe	Jahreszeit	N	Mittelwert	Standardabweichung	t	p
Stresslevel (Punkte)	Jüngere Probandinnen	Winter	17	15,88	5,16	1,09	0,293
		Sommer	17	14,35	5,04		
	Ältere Probandinnen	Winter	17	10,65	4,65	0,08	0,937
		Sommer	17	10,59	4,93		

N = Anzahl an Probandinnen, t = t-Test, p = Irrtumswahrscheinlichkeit



**Abbildung 30 A) Vergleich der Jüngeren und Älteren in Bezug auf die Erfassung des mittleren subjektiven Stresslevels im Winter und im Sommer, B) Vergleich der beiden Probandinnengruppen untereinander in Bezug auf die Erfassung des mittleren subjektiven Stresslevels, angegeben sind Mittelwerte und Standardabweichungen**

## 6.2 Gruppenvergleiche nach Cortisolkonzentration, CRP-Konzentration, Sonneneinstrahlung und die periphere Hauttemperatur

### 6.2.1 Gruppenunterschiede in Bezug auf Cortisol

#### Speichelcortisol

Die Probanden mussten bei der Sammlung der Speichelproben die Uhrzeiten möglichst genau einhalten. Zudem durften die subjektive und die objektive Aufwachzeit nicht zu weit auseinanderliegen, da dann die Angaben zu den Sammelzeitpunkten nicht den wirklichen Zeitpunkten entsprachen. Lagen die Uhrzeiten mehr als fünf Minuten auseinander, so wurden die Probanden bei der Analyse der jeweiligen Variablen ausgeschlossen. Dadurch kommt es im Folgenden zu unterschiedlichen Individuenzahlen bei den verschiedenen Variablen.

Zusätzlich zu den Mittelwerten und Standardabweichungen der Cortisolkonzentrationen zu den verschiedenen Probensammelzeitpunkten wurden auch die CAR, die DC1 und DC2 berechnet.

## Winter

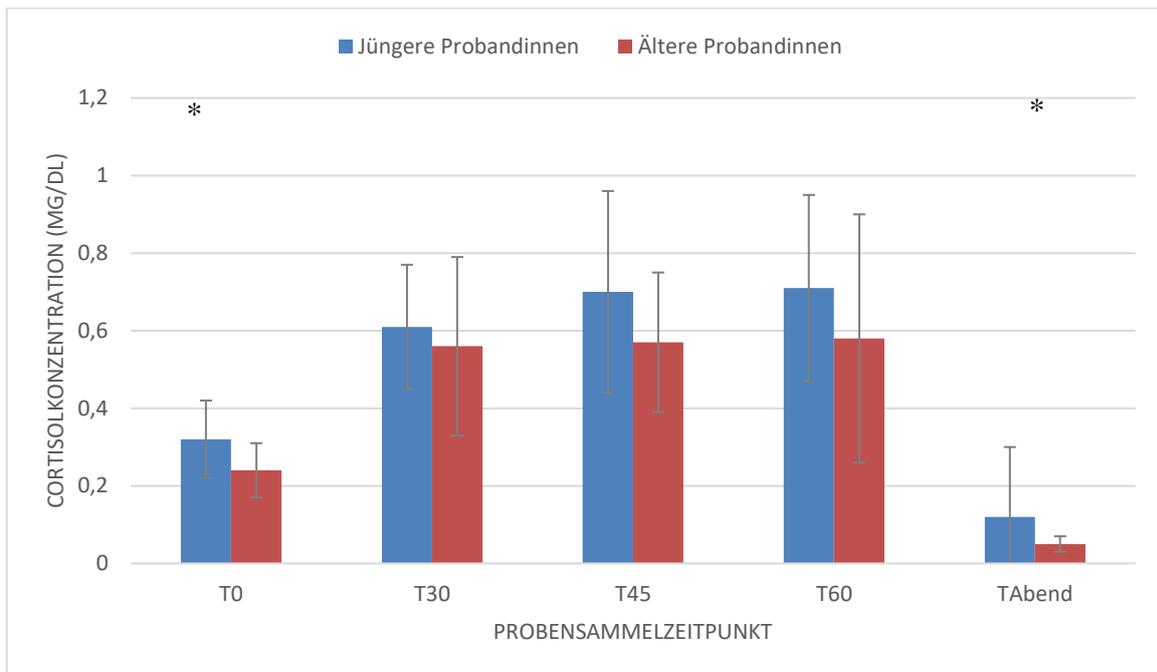
Tabelle 42 zeigt den Vergleich von jüngeren und älteren Probandinnen betreffend der Speichelcortisolkonzentrationen zu den verschiedenen Probensammelzeiten im Winter.

Zum Zeitpunkt  $T_0$  liegt der mittlere Wert der Jüngeren um  $0,08 \mu\text{g/dL}$  höher als bei den Älteren. Dieser Unterschied ist statistisch signifikant. Zum Zeitpunkt  $T_{30}$  beträgt der Unterschied der mittleren Cortisolkonzentration  $0,05 \mu\text{g/dL}$ . Zum Zeitpunkt  $T_{45}$  liegt die mittlere Cortisolkonzentration der jüngeren Probandinnen um  $0,13 \mu\text{g/dL}$  höher als bei den älteren Probandinnen. Zum Zeitpunkt  $T_{60}$  liegt die mittlere Cortisolkonzentration der Jüngeren wieder höher als bei den Älteren. Der Unterschied der Mittelwerte beträgt hier  $0,13 \mu\text{g/dL}$  und ist statistisch signifikant. Zum letzten Probensammelzeitpunkt liegt auch der Mittelwert der jüngeren Probandinnen höher als der der älteren. Die Mittelwerte unterscheiden sich hier um  $0,07 \mu\text{g/dL}$ . Auch dieser Unterschied ist statistisch signifikant. Bei der mittleren CAR weisen die Jüngeren einen um  $0,07 \mu\text{g/dL}$  höheren Wert auf. Bei der DC1 war kein Unterschied zu beobachten. Bei DC2 beträgt der mittlere Unterschied  $0,07 \mu\text{g/dL}$ . Auch hier weisen die Jüngeren den höheren Mittelwert auf. Die Älteren weisen im Tagesverlauf einen niedrigeren Anstieg und einen stärkeren Abfall am Abend auf. Dies ist in Abbildung 31 und 32 grafisch dargestellt.

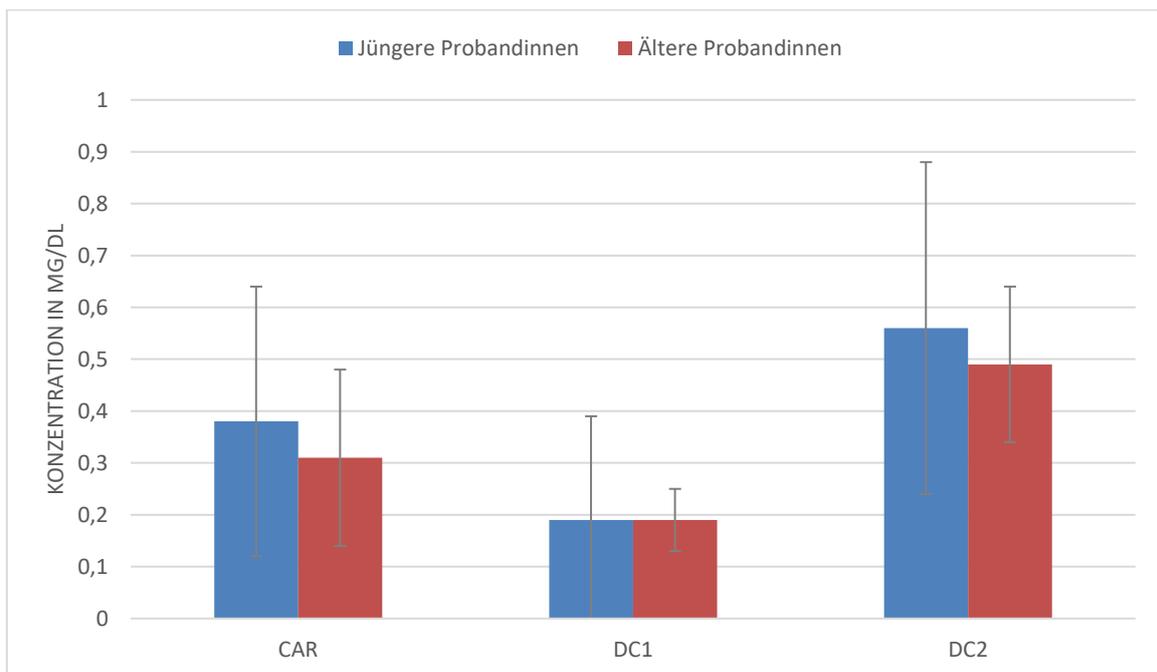
**Tabelle 42 Vergleich von jüngeren und älteren Probandinnen betreffend der Speichelcortisolkonzentrationen zu den verschiedenen Probensammelzeiten, der CAR, dem DC1 und dem DC2 im Winter**

Probandinnen- gruppe	N	Variable	Mittelwert (µg/dL)	SD (µg/dL)	Levene-Test der Varianzgleichheit		t	Z	p
					F	P			
Jüngere Probandinnen	20	Cortisol T <sub>0</sub>	0,32	0,10	1,40	0,246	2,66	-	0,012
Ältere Probandinnen	14		0,24	0,07					
Jüngere Probandinnen	19	Cortisol T <sub>30</sub>	0,61	0,16	-	-	-	-0,75	0,455
Ältere Probandinnen	14		0,56	0,23					
Jüngere Probandinnen	19	Cortisol T <sub>45</sub>	0,70	0,26	3,90	0,058	1,49	-	0,148
Ältere Probandinnen	13		0,57	0,18					
Jüngere Probandinnen	20	Cortisol T <sub>60</sub>	0,71	0,24	0,03	0,856	1,37	-	0,181
Ältere Probandinnen	13		0,58	0,32					
Jüngere Probandinnen	18	Cortisol T <sub>Abend</sub>	0,12	0,18	-	-	-	-2,46	0,014
Ältere Probandinnen	13		0,05	0,02					
Jüngere Probandinnen	20	CAR	0,37	0,25	0,356	0,555	2,84	-	0,779
Ältere Probandinnen	13		0,34	0,22					
Jüngere Probandinnen	19	DC1	0,19	0,20	-	-	-	-0,79	0,429
Ältere Probandinnen	12		0,19	0,06					
Jüngere Probandinnen	18	DC2	0,56	0,32	5,66	0,024	0,83	-	0,414
Ältere Probandinnen	12		0,49	0,15					

N = Anzahl an Probandinnen, F = F-Wert, p = Irrtumswahrscheinlichkeit, t = t-Wert, CAR = Cortisolaufwachreaktion, DC1 = Tagesabfall (T<sub>0</sub> – T<sub>Abend</sub>), DC2 = Tagesabfall (T<sub>45</sub> – T<sub>Abend</sub>)



**Abbildung 31** Vergleich von jüngeren und älteren Probandinnen betreffend der mittleren Speichelcortisolkonzentrationen zu den verschiedenen Probensammelzeiten im Winter. \* =  $p < 0,050$ , angegeben sind Mittelwert und Standardabweichungen



**Abbildung 32** Vergleich von jüngeren und älteren Probandinnen betreffend der mittleren CAR = Cortisolaufwachreaktion, DC1 = Tagesabfall ( $T_0 - T_{\text{Abend}}$ ) und DC2 = Tagesabfall ( $T_{45} - T_{\text{Abend}}$ ) im Winter, angegeben sind Mittelwerte und Standardabweichungen

### Sommer

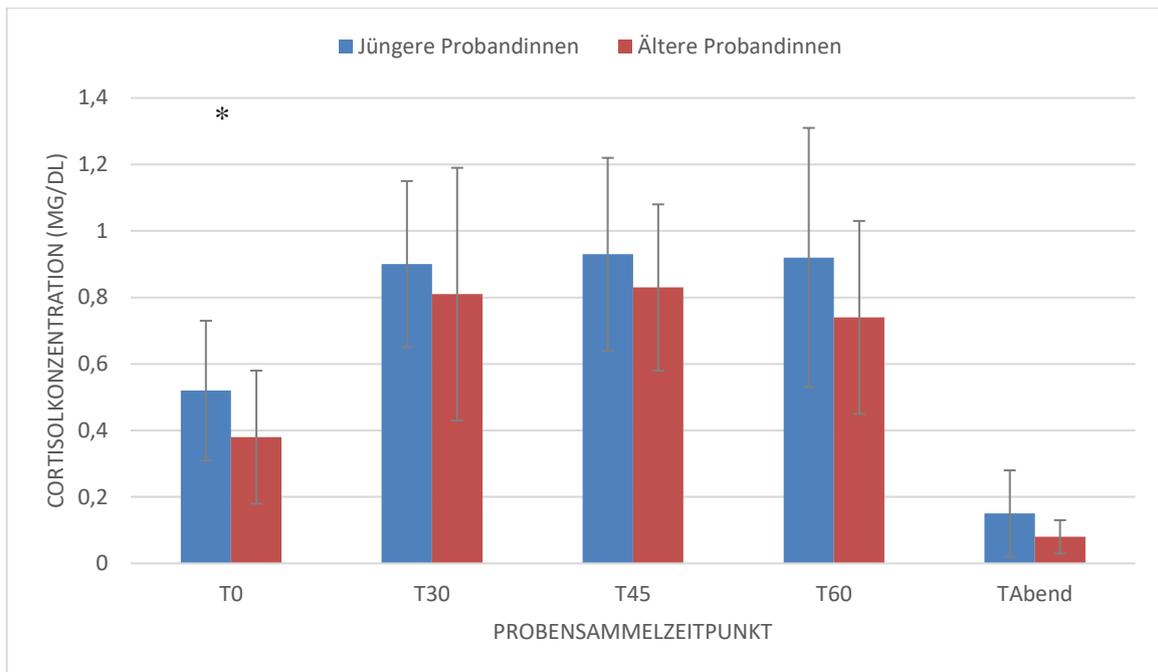
Tabelle 43 zeigt den Vergleich von jüngeren und älteren Probandinnen betreffend der Speichelcortisolkonzentrationen zu den verschiedenen Probensammelzeiten im Sommer.

Zum ersten Sammelzeitpunkt  $T_0$  liegt der mittlere Wert der Speichelcortisolkonzentration der Jüngeren um  $0,14 \mu\text{g/dL}$  höher als bei den Älteren. Dieser Unterschied ist statistisch signifikant. Zum Zeitpunkt  $T_{30}$  liegt der mittlere Wert der Jüngeren um  $0,12 \mu\text{g/dL}$  höher als bei den Älteren. Auch beim Zeitpunkt  $T_{45}$  liegt der Mittelwert der jüngeren Probandinnen höher als der Mittelwert der älteren Probandinnen. Hier beträgt der Unterschied  $0,12 \mu\text{g/dL}$ . Zum Zeitpunkt  $T_{60}$  liegt der Mittelwert der Jüngeren ebenfalls höher. Der Unterschied zu diesem Zeitpunkt beträgt  $0,12 \mu\text{g/dL}$  und ist somit statistisch signifikant. Zum Letzten Sammelzeitpunkt beträgt der mittlere Unterschied der beiden Probandinnengruppen  $0,11 \mu\text{g/dL}$ . Auch hier liegt der Mittelwert der jüngeren Probandinnen höher als der Mittelwert der älteren. Dieser Unterschied ist ebenfalls statistisch signifikant. Bei der CAR weisen die Jüngeren einen um  $0,01 \mu\text{g/dL}$  niedrigeren Mittelwert auf als die Älteren. Bei DC1 weisen die jüngeren Probandinnen einen um  $0,02 \mu\text{g/dL}$  höheren Wert auf und bei DC2 weisen sie ebenfalls keinen Unterschied auf. Dies ist in Abbildung 33 und 34 grafisch dargestellt.

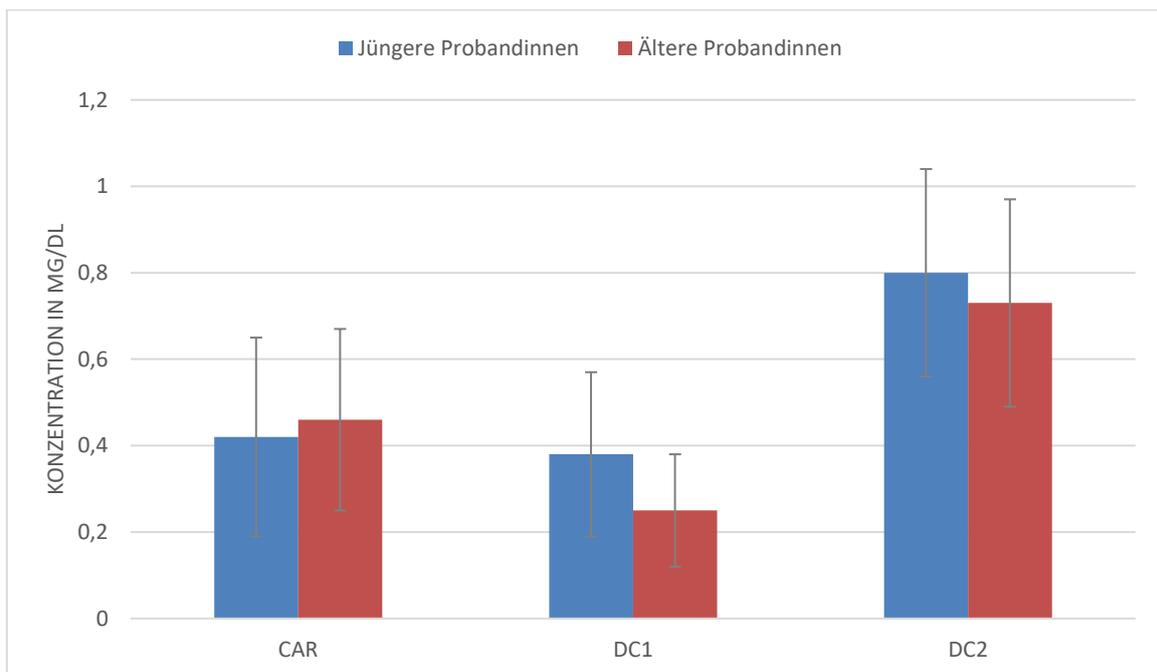
**Tabelle 43 Vergleich von jüngeren und älteren Probandinnen betreffend der Speichelcortisolkonzentrationen zu den verschiedenen Probensammelzeiten, CAR, DC1 und DC2 im Sommer**

Probandinnengruppe	N	Variable	Mittelwert (µg/dL)	SD	Levene-Test der Varianzgleichheit		t	Z	p
					F	P			
Jüngere Probandinnen	17	Cortisol T <sub>0</sub>	0,52	0,20	-	-	-	-2,10	0,037
Ältere Probandinnen	13		0,38	0,20					
Jüngere Probandinnen	17	Cortisol T <sub>30</sub>	0,90	0,24	3,77	0,062	0,99	-	0,331
Ältere Probandinnen	13		0,78	0,38					
Jüngere Probandinnen	17	Cortisol T <sub>45</sub>	0,92	0,29	0,067	0,798	1,22	-	0,232
Ältere Probandinnen	13		0,80	0,26					
Jüngere Probandinnen	17	Cortisol T <sub>60</sub>	0,93	0,38	-	-	-	-1,44	0,159
Ältere Probandinnen	13		0,71	0,30					
Jüngere Probandinnen	17	Cortisol T <sub>Abend</sub>	0,19	0,20	-	-	-	-1,88	0,640
Ältere Probandinnen	13		0,08	0,04					
Jüngere Probandinnen	17	CAR	0,41	0,21	0,12	0,727	-0,13	-	0,897
Ältere Probandinnen	13		0,42	0,24					
Jüngere Probandinnen	17	DC1	0,33	0,21	0,26	0,617	0,31	-	0,756
Ältere Probandinnen	13		0,31	0,18					
Jüngere Probandinnen	17	DC2	0,73	0,29	0,001	0,925	0,05	-	0,964
Ältere Probandinnen	13		0,73	0,26					

N = Anzahl an Probandinnen, F = F-Wert, p = Irrtumswahrscheinlichkeit, t = t-Wert, CAR = Cortisolaufwachreaktion, DC1 = Tagesabfall (T<sub>0</sub> – T<sub>Abend</sub>), DC2 = Tagesabfall (T<sub>45</sub> – T<sub>Abend</sub>), Z = Z-Wert



**Abbildung 33 Vergleich von jüngeren und älteren Probandinnen betreffend der mittleren Speichelcortisolkonzentrationen zu den verschiedenen Probensammelzeiten im Sommer. \* =  $p < 0,050$ , angegeben sind Mittelwerte und Standardabweichungen**



**Abbildung 34 Vergleich von jüngeren und älteren Probandinnen betreffend der mittleren CAR = Cortisolaufwachreaktion, DC1 = Tagesabfall ( $T_0 - T_{\text{Abend}}$ ) und DC2 = Tagesabfall ( $T_{45} - T_{\text{Abend}}$ ) im Sommer, angegeben sind Mittelwerte und Standardabweichungen**

### Jahreszeitenvergleich separat nach Altersgruppen

Tabelle 44 zeigt den Vergleich der beiden Probandinnengruppen untereinander in Bezug auf Speichelcortisol im Sommer und im Winter, welche in Abbildung 35 und 36 grafisch dargestellt sind.

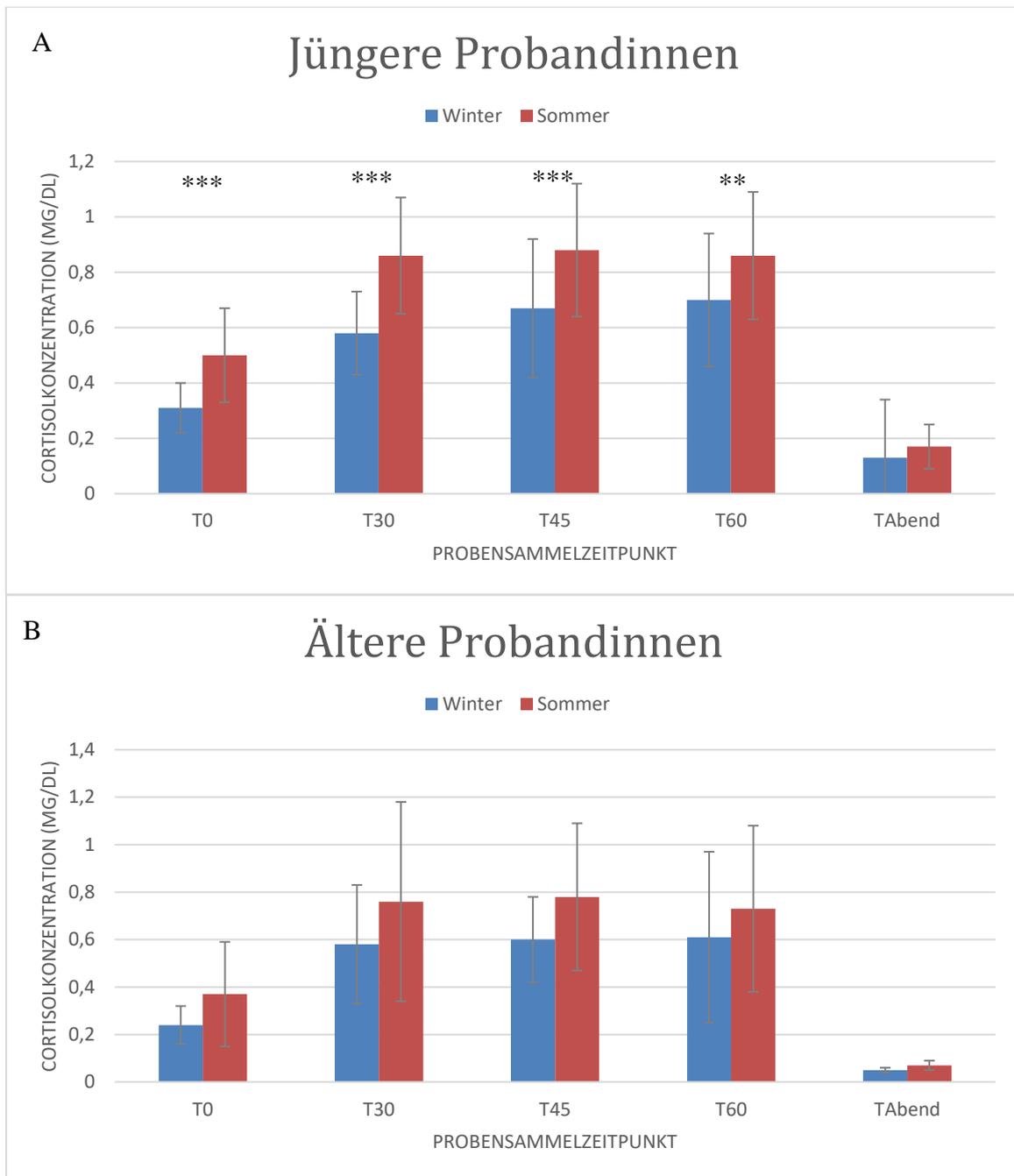
Bei den jüngeren Probandinnen hat sich gezeigt, dass die mittlere Cortisolkonzentration zum Zeitpunkt  $T_0$  im Winter um  $0,19 \mu\text{g/dL}$  lag als im Sommer. Dieser Unterschied ist statistisch signifikant. Zum Zeitpunkt  $T_{30}$  lag die mittlere Cortisolkonzentration im Winter um  $0,26 \mu\text{g/dL}$  niedriger als im Sommer. Dieser Unterschied ist statistisch hoch signifikant. Zum Zeitpunkt  $T_{45}$  lag der Mittelwert der Cortisolkonzentration im Winter um  $0,21 \mu\text{g/dL}$  niedriger als im Sommer. Auch dieser Unterschied ist statistisch hoch signifikant. Zum Zeitpunkt  $T_{60}$  lag der mittlere Wert im Winter um  $0,17 \mu\text{g/dL}$  niedriger als im Sommer. Dieser Unterschied ist statistisch sehr signifikant. Zum Zeitpunkt  $T_{\text{Abend}}$  lag die mittlere Cortisolkonzentration im Winter um  $0,02 \mu\text{g/dL}$  höher als im Sommer. Die CAR war im Winter im Mittel um  $0,04 \mu\text{g/dL}$  höher als im Sommer. Bei der DC1 lag der Mittelwert  $0,10 \mu\text{g/dL}$  niedriger als im Sommer und bei der DC2 und im Winter um  $0,24 \mu\text{g/dL}$ . Dieser Unterschied ist statistisch signifikant.

Bei den älteren Probandinnen hat sich gezeigt, dass die mittlere Cortisolkonzentration zum Zeitpunkt  $T_0$  im Winter um  $0,04 \mu\text{g/dL}$  niedriger lag als im Sommer und zum Zeitpunkt  $T_{30}$  um  $0,07 \mu\text{g/dL}$  niedriger als im Sommer. Zum Zeitpunkt  $T_{45}$  lag die mittlere Cortisolkonzentration im Winter um  $0,22 \mu\text{g/dL}$  niedriger als im Sommer. Dieser Unterschied ist statistisch sehr signifikant. Zum Zeitpunkt  $T_{60}$  wiesen die Älteren im Sommer einen um  $0,29 \mu\text{g/dL}$  höheren Wert auf als im Winter. Dieser Unterschied ist statistisch signifikant. Zum Zeitpunkt  $T_{\text{Abend}}$  lag der Mittelwert der Cortisolkonzentration im Winter um  $0,01 \mu\text{g/dL}$  niedriger als im Sommer. Bei der CAR wiesen die älteren Probandinnen im Winter einen um  $0,15 \mu\text{g/dL}$  niedrigeren Mittelwert auf als im Sommer. Bei der DC1 wiesen die älteren Probandinnen im Mittel im Winter einen um  $0,03 \mu\text{g/dL}$  niedrigeren Wert auf und bei der DC2 einen um  $0,22 \mu\text{g/dL}$  niedrigeren Wert. Dieser Unterschied ist statistisch signifikant.

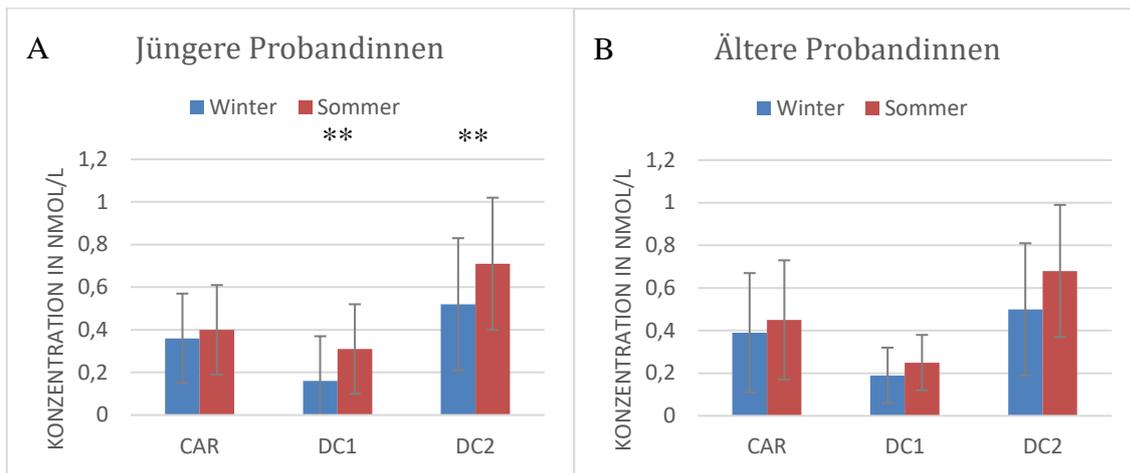
**Tabelle 44 Jahreszeitenvergleich in Bezug auf Speichelcortisol separat nach Altersgruppen**

Probandinnegruppe	Jahreszeit	N	Variable	Mittelwert ( $\mu\text{g/dL}$ )	SD ( $\mu\text{g/dL}$ )	t	Z	p																																																																																																																																																																																							
<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	16	Cortisol $T_0$	0,31	0,09	-5,59	-	0,000																																																																																																																																																																																							
	Sommer	16		0,50	0,17				<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	10	0,24	0,08	-1,70	-	0,124	Sommer	10	0,37	0,22	<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	15	Cortisol $T_{30}$	0,58	0,15	-7,11	-	0,000	Sommer	15	0,86	0,21	<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	10	0,58	0,25	-	-1,58	0,114	Sommer	10	0,76	0,42	<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	15	Cortisol $T_{45}$	0,67	0,25	-6,01	-	0,000	Sommer	15	0,88	0,24	<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	9	0,60	0,18	-3,18	-	0,013	Sommer	9	0,78	0,31	<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	16	Cortisol $T_{60}$	0,70	0,24	-3,27	-	0,005	Sommer	16	0,86	0,23	<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	9	0,61	0,36	-0,99	-	0,350	Sommer	9	0,73	0,35	<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	14	Cortisol $T_{\text{Abend}}$	0,13	0,21	-	-1,16	0,245	Sommer	14	0,17	0,21	<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	9	0,05	0,01	-1,31	-	0,225	Sommer	9	0,07	0,04	<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	16	CAR	0,36	0,26	-0,71	-	0,491	Sommer	16	0,40	0,21	<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	9	0,39	0,21	-0,80	-	0,445	Sommer	9	0,45	0,28	<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	15	DC1	0,16	0,21	-	-2,23	0,026	Sommer	15	0,31	0,21	<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	8	0,19	0,07	-1,74	-	0,126	Sommer	8	0,25	0,13	<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	14	DC2	0,52	0,33	-2,37	-	0,034	Sommer	14	0,71	0,31	<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	8	0,50	0,15	-2,34	-	0,052
<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	10		0,24	0,08	-1,70	-	0,124																																																																																																																																																																																							
	Sommer	10		0,37	0,22				<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	15	Cortisol $T_{30}$	0,58	0,15	-7,11	-	0,000	Sommer	15	0,86	0,21	<b>Ältere Probandinne</b>	Winter		10	0,58	0,25	-	-1,58	0,114	Sommer	10	0,76	0,42	<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	15	Cortisol $T_{45}$	0,67	0,25	-6,01	-	0,000	Sommer	15	0,88	0,24	<b>Ältere Probandinne</b>		Winter	9	0,60	0,18	-3,18	-	0,013	Sommer	9	0,78	0,31	<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	16	Cortisol $T_{60}$	0,70	0,24	-3,27	-	0,005	Sommer	16	0,86	0,23		<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	9	0,61	0,36	-0,99	-	0,350	Sommer	9	0,73	0,35	<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	14	Cortisol $T_{\text{Abend}}$	0,13	0,21	-	-1,16	0,245	Sommer	14	0,17		0,21	<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	9	0,05	0,01	-1,31	-	0,225	Sommer	9	0,07	0,04	<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	16	CAR	0,36	0,26	-0,71	-	0,491	Sommer	16		0,40	0,21	<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	9	0,39	0,21	-0,80	-	0,445	Sommer	9	0,45	0,28	<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	15	DC1	0,16	0,21	-	-2,23	0,026	Sommer		15	0,31	0,21	<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	8	0,19	0,07	-1,74	-	0,126	Sommer	8	0,25	0,13	<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	14	DC2	0,52	0,33	-2,37	-	0,034		Sommer	14	0,71	0,31	<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	8	0,50	0,15	-2,34	-	0,052	Sommer	8	0,68	0,31	
<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	15	Cortisol $T_{30}$	0,58	0,15	-7,11	-	0,000																																																																																																																																																																																							
	Sommer	15		0,86	0,21				<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	10		0,58	0,25	-	-1,58	0,114	Sommer	10	0,76	0,42	<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	15	Cortisol $T_{45}$	0,67	0,25	-6,01	-	0,000	Sommer	15	0,88	0,24	<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	9		0,60	0,18	-3,18	-	0,013	Sommer	9	0,78	0,31	<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	16	Cortisol $T_{60}$	0,70	0,24	-3,27	-	0,005	Sommer	16	0,86	0,23	<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	9		0,61	0,36	-0,99	-	0,350	Sommer	9	0,73	0,35	<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	14	Cortisol $T_{\text{Abend}}$	0,13	0,21	-	-1,16	0,245	Sommer	14	0,17	0,21	<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	9		0,05	0,01	-1,31	-	0,225	Sommer	9	0,07	0,04	<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	16	CAR	0,36	0,26	-0,71	-	0,491	Sommer	16	0,40	0,21	<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	9		0,39	0,21	-0,80	-	0,445	Sommer	9	0,45	0,28	<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	15	DC1	0,16	0,21	-	-2,23	0,026	Sommer	15	0,31	0,21	<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	8		0,19	0,07	-1,74	-	0,126	Sommer	8	0,25	0,13	<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	14	DC2	0,52	0,33	-2,37	-	0,034	Sommer	14	0,71	0,31	<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	8		0,50	0,15	-2,34	-	0,052	Sommer	8	0,68	0,31														
<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	10		0,58	0,25	-	-1,58	0,114																																																																																																																																																																																							
	Sommer	10		0,76	0,42				<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	15	Cortisol $T_{45}$	0,67	0,25	-6,01	-	0,000	Sommer	15	0,88	0,24	<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	9		0,60	0,18	-3,18	-	0,013	Sommer	9	0,78	0,31	<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	16	Cortisol $T_{60}$	0,70	0,24	-3,27	-	0,005	Sommer	16	0,86	0,23	<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	9		0,61	0,36	-0,99	-	0,350	Sommer	9	0,73	0,35	<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	14	Cortisol $T_{\text{Abend}}$	0,13	0,21	-	-1,16	0,245	Sommer	14	0,17	0,21	<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	9		0,05	0,01	-1,31	-	0,225	Sommer	9	0,07	0,04	<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	16	CAR	0,36	0,26	-0,71	-	0,491	Sommer	16	0,40	0,21	<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	9		0,39	0,21	-0,80	-	0,445	Sommer	9	0,45	0,28	<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	15	DC1	0,16	0,21	-	-2,23	0,026	Sommer	15	0,31	0,21	<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	8		0,19	0,07	-1,74	-	0,126	Sommer	8	0,25	0,13	<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	14	DC2	0,52	0,33	-2,37	-	0,034	Sommer	14	0,71	0,31	<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	8		0,50	0,15	-2,34	-	0,052	Sommer	8	0,68	0,31																											
<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	15	Cortisol $T_{45}$	0,67	0,25	-6,01	-	0,000																																																																																																																																																																																							
	Sommer	15		0,88	0,24				<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	9		0,60	0,18	-3,18	-	0,013	Sommer	9	0,78	0,31	<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	16	Cortisol $T_{60}$	0,70	0,24	-3,27	-	0,005	Sommer	16	0,86	0,23	<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	9		0,61	0,36	-0,99	-	0,350	Sommer	9	0,73	0,35	<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	14	Cortisol $T_{\text{Abend}}$	0,13	0,21	-	-1,16	0,245	Sommer	14	0,17	0,21	<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	9		0,05	0,01	-1,31	-	0,225	Sommer	9	0,07	0,04	<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	16	CAR	0,36	0,26	-0,71	-	0,491	Sommer	16	0,40	0,21	<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	9		0,39	0,21	-0,80	-	0,445	Sommer	9	0,45	0,28	<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	15	DC1	0,16	0,21	-	-2,23	0,026	Sommer	15	0,31	0,21	<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	8		0,19	0,07	-1,74	-	0,126	Sommer	8	0,25	0,13	<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	14	DC2	0,52	0,33	-2,37	-	0,034	Sommer	14	0,71	0,31	<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	8		0,50	0,15	-2,34	-	0,052	Sommer	8	0,68	0,31																																								
<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	9		0,60	0,18	-3,18	-	0,013																																																																																																																																																																																							
	Sommer	9		0,78	0,31				<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	16	Cortisol $T_{60}$	0,70	0,24	-3,27	-	0,005	Sommer	16	0,86	0,23	<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	9		0,61	0,36	-0,99	-	0,350	Sommer	9	0,73	0,35	<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	14	Cortisol $T_{\text{Abend}}$	0,13	0,21	-	-1,16	0,245	Sommer	14	0,17	0,21	<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	9		0,05	0,01	-1,31	-	0,225	Sommer	9	0,07	0,04	<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	16	CAR	0,36	0,26	-0,71	-	0,491	Sommer	16	0,40	0,21	<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	9		0,39	0,21	-0,80	-	0,445	Sommer	9	0,45	0,28	<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	15	DC1	0,16	0,21	-	-2,23	0,026	Sommer	15	0,31	0,21	<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	8		0,19	0,07	-1,74	-	0,126	Sommer	8	0,25	0,13	<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	14	DC2	0,52	0,33	-2,37	-	0,034	Sommer	14	0,71	0,31	<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	8		0,50	0,15	-2,34	-	0,052	Sommer	8	0,68	0,31																																																					
<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	16	Cortisol $T_{60}$	0,70	0,24	-3,27	-	0,005																																																																																																																																																																																							
	Sommer	16		0,86	0,23				<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	9		0,61	0,36	-0,99	-	0,350	Sommer	9	0,73	0,35	<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	14	Cortisol $T_{\text{Abend}}$	0,13	0,21	-	-1,16	0,245	Sommer	14	0,17	0,21	<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	9		0,05	0,01	-1,31	-	0,225	Sommer	9	0,07	0,04	<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	16	CAR	0,36	0,26	-0,71	-	0,491	Sommer	16	0,40	0,21	<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	9		0,39	0,21	-0,80	-	0,445	Sommer	9	0,45	0,28	<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	15	DC1	0,16	0,21	-	-2,23	0,026	Sommer	15	0,31	0,21	<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	8		0,19	0,07	-1,74	-	0,126	Sommer	8	0,25	0,13	<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	14	DC2	0,52	0,33	-2,37	-	0,034	Sommer	14	0,71	0,31	<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	8		0,50	0,15	-2,34	-	0,052	Sommer	8	0,68	0,31																																																																		
<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	9		0,61	0,36	-0,99	-	0,350																																																																																																																																																																																							
	Sommer	9		0,73	0,35				<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	14	Cortisol $T_{\text{Abend}}$	0,13	0,21	-	-1,16	0,245	Sommer	14	0,17	0,21	<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	9		0,05	0,01	-1,31	-	0,225	Sommer	9	0,07	0,04	<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	16	CAR	0,36	0,26	-0,71	-	0,491	Sommer	16	0,40	0,21	<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	9		0,39	0,21	-0,80	-	0,445	Sommer	9	0,45	0,28	<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	15	DC1	0,16	0,21	-	-2,23	0,026	Sommer	15	0,31	0,21	<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	8		0,19	0,07	-1,74	-	0,126	Sommer	8	0,25	0,13	<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	14	DC2	0,52	0,33	-2,37	-	0,034	Sommer	14	0,71	0,31	<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	8		0,50	0,15	-2,34	-	0,052	Sommer	8	0,68	0,31																																																																															
<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	14	Cortisol $T_{\text{Abend}}$	0,13	0,21	-	-1,16	0,245																																																																																																																																																																																							
	Sommer	14		0,17	0,21				<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	9		0,05	0,01	-1,31	-	0,225	Sommer	9	0,07	0,04	<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	16	CAR	0,36	0,26	-0,71	-	0,491	Sommer	16	0,40	0,21	<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	9		0,39	0,21	-0,80	-	0,445	Sommer	9	0,45	0,28	<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	15	DC1	0,16	0,21	-	-2,23	0,026	Sommer	15	0,31	0,21	<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	8		0,19	0,07	-1,74	-	0,126	Sommer	8	0,25	0,13	<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	14	DC2	0,52	0,33	-2,37	-	0,034	Sommer	14	0,71	0,31	<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	8		0,50	0,15	-2,34	-	0,052	Sommer	8	0,68	0,31																																																																																												
<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	9		0,05	0,01	-1,31	-	0,225																																																																																																																																																																																							
	Sommer	9		0,07	0,04				<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	16	CAR	0,36	0,26	-0,71	-	0,491	Sommer	16	0,40	0,21	<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	9		0,39	0,21	-0,80	-	0,445	Sommer	9	0,45	0,28	<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	15	DC1	0,16	0,21	-	-2,23	0,026	Sommer	15	0,31	0,21	<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	8		0,19	0,07	-1,74	-	0,126	Sommer	8	0,25	0,13	<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	14	DC2	0,52	0,33	-2,37	-	0,034	Sommer	14	0,71	0,31	<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	8		0,50	0,15	-2,34	-	0,052	Sommer	8	0,68	0,31																																																																																																									
<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	16	CAR	0,36	0,26	-0,71	-	0,491																																																																																																																																																																																							
	Sommer	16		0,40	0,21				<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	9		0,39	0,21	-0,80	-	0,445	Sommer	9	0,45	0,28	<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	15	DC1	0,16	0,21	-	-2,23	0,026	Sommer	15	0,31	0,21	<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	8		0,19	0,07	-1,74	-	0,126	Sommer	8	0,25	0,13	<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	14	DC2	0,52	0,33	-2,37	-	0,034	Sommer	14	0,71	0,31	<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	8		0,50	0,15	-2,34	-	0,052	Sommer	8	0,68	0,31																																																																																																																						
<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	9		0,39	0,21	-0,80	-	0,445																																																																																																																																																																																							
	Sommer	9		0,45	0,28				<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	15	DC1	0,16	0,21	-	-2,23	0,026	Sommer	15	0,31	0,21	<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	8		0,19	0,07	-1,74	-	0,126	Sommer	8	0,25	0,13	<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	14	DC2	0,52	0,33	-2,37	-	0,034	Sommer	14	0,71	0,31	<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	8		0,50	0,15	-2,34	-	0,052	Sommer	8	0,68	0,31																																																																																																																																			
<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	15	DC1	0,16	0,21	-	-2,23	0,026																																																																																																																																																																																							
	Sommer	15		0,31	0,21				<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	8		0,19	0,07	-1,74	-	0,126	Sommer	8	0,25	0,13	<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	14	DC2	0,52	0,33	-2,37	-	0,034	Sommer	14	0,71	0,31	<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	8		0,50	0,15	-2,34	-	0,052	Sommer	8	0,68	0,31																																																																																																																																																
<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	8		0,19	0,07	-1,74	-	0,126																																																																																																																																																																																							
	Sommer	8		0,25	0,13				<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	14	DC2	0,52	0,33	-2,37	-	0,034	Sommer	14	0,71	0,31	<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	8		0,50	0,15	-2,34	-	0,052	Sommer	8	0,68	0,31																																																																																																																																																													
<b>Jüngere Probandinne</b>	Winter	14	DC2	0,52	0,33	-2,37	-	0,034																																																																																																																																																																																							
	Sommer	14		0,71	0,31				<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	8		0,50	0,15	-2,34	-	0,052	Sommer	8	0,68	0,31																																																																																																																																																																										
<b>Ältere Probandinne</b>	Winter	8		0,50	0,15	-2,34	-	0,052																																																																																																																																																																																							
	Sommer	8		0,68	0,31																																																																																																																																																																																										

N = Anzahl an Probandinne, SD = Standardabweichung, t = t-Wert, p = Irrtumswahrscheinlichkeit, CAR = Cortisolaufwachreaktion, DC1 = Tagesabfall ( $T_0 - T_{\text{Abend}}$ ) und DC2 = Tagesabfall ( $T_{45} - T_{\text{Abend}}$ ), Z = Z-Wert



**Abbildung 35 Vergleich von jüngeren und älteren Probandinnen betreffend der Speichelcortisolkonzentrationen zu den verschiedenen Probensammelzeiten im Winter und im Sommer. A) Jüngere Probandinnen, B) Ältere Probandinnen. \* =  $p < 0,050$ , \*\* =  $p < 0,010$ , \*\*\* =  $p < 0,001$ , angegeben sind Mittelwerte und Standardabweichungen**



**Abbildung 36 Vergleich von jüngeren und älteren Probandinnen betreffend der CAR = Cortisolaufwachreaktion, DC1 = Tagesabfall ( $T_0 - T_{\text{Abend}}$ ) und DC2 = Tagesabfall ( $T_{45} - T_{\text{Abend}}$ ) im Winter und im Sommer. A) Jüngere Probandinnen, B) Ältere Probandinnen, \*\* =  $p < 0,010$ , angegeben sind Mittelwerte und Standardabweichungen**

### Haarcortisol

#### Winter

Tabelle 45 zeigt den Vergleich der beiden Probandinnengruppen in Bezug auf die Cortisolkonzentration im Haar im Winter. Die jüngeren Probandinnen weisen einen um 0,16 pg/mg niedrigeren Mittelwert auf. Dieser Unterschied ist statistisch nicht signifikant.

**Tabelle 45 Vergleich der Cortisolkonzentration im Haar im Winter der beiden Probandinnengruppen**

	Gruppe	N	Mittelwert	Standard-abweichung	Mann-Whitney-U-Test	p
					Z-Wert	
Cortisolkonzentration im Haar (pg/mg)	Jüngere Probandinnen	20	5,57	3,98	-0,29	0,770
	Ältere Probandinnen	18	5,73	3,94		

N = Anzahl an Probandinnen, p = Irrtumswahrscheinlichkeit

#### Sommer

Der Vergleich der Cortisolkonzentration im Haar zwischen jüngeren und älteren Probandinnen ist in Tabelle 46 dargestellt. Die jüngeren Probandinnen haben einen um 1,2 pg/mg niedrigeren mittleren Haarcortisolwert als die älteren Probandinnen. Dieser Unterschied ist statistisch nicht signifikant.

**Tabelle 46 Vergleich der Cortisolkonzentration im Haar im Sommer der beiden Probandinnengruppen**

	Gruppe	N	Mittelwert	Standard-abweichung	Mann-Whitney-U-Test	p
					Z-Wert	
Cortisolkonzentration im Haar (pg/mg)	Jüngere Probandinnen	17	7,39	4,94	-0,29	0,770
	Ältere Probandinnen	17	8,59	6,22		

N = Anzahl an Probandinnen, p = Irrtumswahrscheinlichkeit

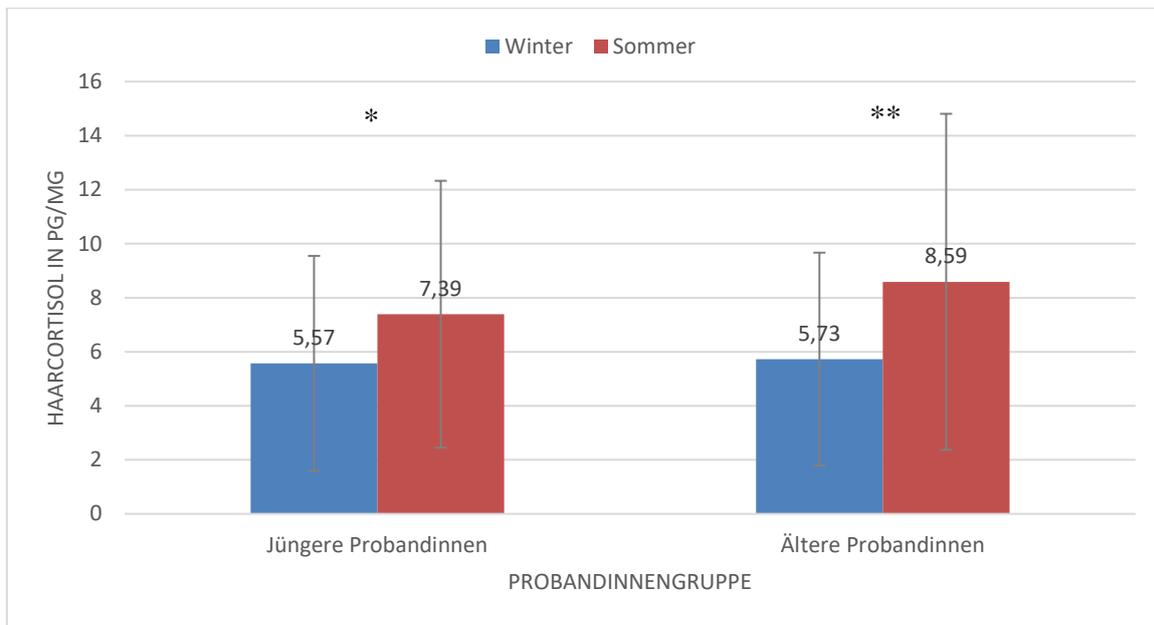
Jahreszeitenvergleich separat nach Altersgruppen

Tabelle 47 zeigt den Jahreszeitenvergleich des Haarcortisols separat nach Altersgruppen. Im Vergleich zwischen Winter und Sommer hat sich bei den jüngeren Probandinnen gezeigt, dass ihr mittlerer Cortisolwert im Haar im Winter um 1,82 pg/mg niedriger ist als im Sommer. Dieser Unterschied ist statistisch signifikant. Bei den älteren Probandinnen hat sich gezeigt, dass auch hier der mittlere Wert im Winter um 2,86 pg/mg niedriger ist als im Sommer. Dieser Unterschied ist statistisch hoch signifikant. Dies ist in Abbildung 37 grafisch dargestellt.

**Tabelle 47 Jahreszeitenvergleich in Bezug auf Haarcortisol separat nach Altersgruppen**

	Gruppe	Jahreszeit	N	Mittelwert	Standard-abweichung	Wilcoxon-Test	p
						Z-Wert	
Cortisolkonzentration im Haar (pg/mg)	Jüngere Probandinnen	Winter	17	5,57	3,98	2,49	0,013
		Sommer		7,39	4,94		
	Ältere Probandinnen	Winter	17	5,73	3,94	2,96	0,003
		Sommer		8,59	6,22		

N = Anzahl an Probandinnen, p = Irrtumswahrscheinlichkeit



**Abbildung 37** Vergleich der beiden Probandinnengruppen untereinander in Bezug auf die mittlere Haarcortisolkonzentration im Winter und im Sommer, \* =  $p < 0,050$ , \*\* =  $p < 0,010$ , angegeben sind Mittelwerte und Standardabweichungen

### 6.2.2 Gruppenunterschiede in Bezug auf das C-reaktive Protein

Da bei den Messungen bei einigen Probandinnen Werte vom Messgerät mit „kleiner als [Wert]“ ausgegeben wurden, konnten keine Mittelwerte für das gesamte Probandinnenkollektiv berechnet werden. Stattdessen wurden die Probandinnen in drei Gruppen eingeteilt:

Gruppe 1 = Wert  $< 1,00$  mg/L

Gruppe 2 = Wert =  $1,00 - 3,00$  mg/L

Gruppe 3 = Wert  $> 3,00$  mg/L

Für die Berechnung der Mittelwerte wurden nur Probandinnen berücksichtigt, die entweder an Tag 1, an Tag 2 oder an beiden Tagen zu den verschiedenen Jahreszeiten einen Wert ohne „kleiner als [Wert]“ hatten.

#### Winter

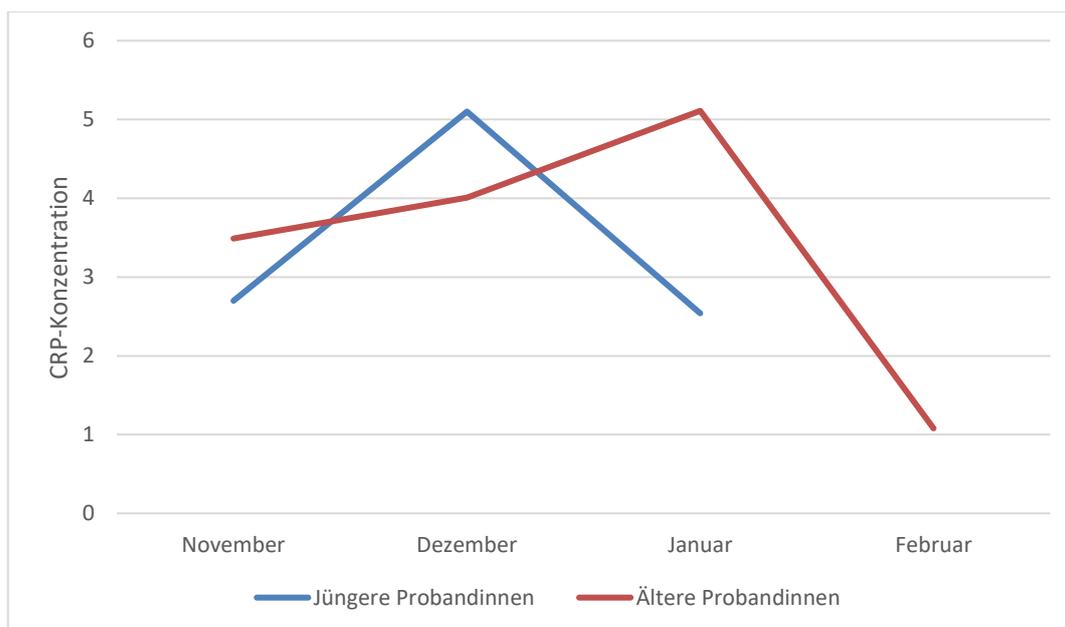
Tabelle 48 zeigt die Mittelwerte und Standardabweichungen der unterschiedlichen Untersuchungsmonate im Winter für die beiden Altersgruppen. Für beide Gruppen lag die CRP-Konzentration im November bei  $2,70$  mg/L bei den Jüngeren und  $3,49$  mg/L bei den Älteren. Im Dezember lagen beide CRP-Konzentrationen höher als im November, die der Jüngeren war um  $1,80$  mg/L und die der Älteren um  $0,52$  mg/L gestiegen. Im Januar ließ sich keine Regelmäßigkeit erkennen. Bei den Jüngeren fiel die mittlere Konzentration um  $2,56$  mg/L und bei den Älteren stieg sie um  $1,02$  mg/L. Im letzten Untersuchungsmonat im

Winter wurden gar keine Jüngeren untersucht. Die CRP-Konzentration der Älteren fiel in diesem Monat um 4,03 mg/L. Dies ist in Abbildung 38 grafisch dargestellt.

**Tabelle 48 Mittelwerte und Standardabweichungen der CRP-Konzentrationen der verschiedenen Untersuchungsmonate im Winter für die beiden Altersgruppen.**

Untersuchungsmonat	Probandinnengruppe	N	CRP (mg/L)	
			Mittelwert	Standardabweichung
November	Jüngere Probandinnen	6	2,70	1,52
	Ältere Probandinnen	3	3,49	2,92
Dezember	Jüngere Probandinnen	5	5,10	2,06
	Ältere Probandinnen	3	4,01	4,69
Januar	Jüngere Probandinnen	3	2,54	2,50
	Ältere Probandinnen	5	5,11	3,11
Februar	Jüngere Probandinnen	-	-	-
	Ältere Probandinnen	2	1,08	0,07
Winter	Jüngere Probandinnen	14	3,52	2,16
	Ältere Probandinnen	13	3,86	3,21

N = Anzahl an Probandinnen, CRP = C-reaktives Protein



**Abbildung 38 Verlauf der Mittelwerte der CRP-Konzentrationen der verschiedenen Untersuchungsmonate im Winter für die beiden Altersgruppen. Probandinnenanzahl in Tab. 48**

Tabelle 49 zeigt die Verteilung der beiden Probandinnengruppen auf die CRP-Gruppen an Tag 1 und Tag 2 im Winter. An Tag 1 hat sich gezeigt, dass die relativen Häufigkeiten der beiden Probandinnengruppen sehr ähnlich waren. An Tag 2 wiesen die Älteren eine sehr ausgeglichene Verteilung auf die Gruppen auf, wohingegen von den Jüngeren 61,9% Werte unter 1,00 mg/L aufwiesen. Dies ist in Abbildung 39 grafisch dargestellt.

Tabelle 49 Verteilung der beiden Probandinnengruppen auf die CRP-Gruppen an Tag 1 und Tag 2 im Winter

		Tag 1		Tag 2	
Gruppe	CRP-Gruppe	N	Prozent	N	Prozent
Jüngere Probandinnen	< 1,00 (mg/L)	10	45,5	13	61,9
	1,00 – 3,00 (mg/L)	5	22,7	3	14,3
	> 3,00 (mg/L)	7	31,8	5	23,8
	Gesamt	22	100	21	100
Ältere Probandinnen	< 1,00 (mg/L)	8	44,4	8	44,44
	1,00 – 3,00 (mg/L)	5	27,8	5	27,8
	> 3,00 (mg/L)	5	27,8	5	27,8
	Gesamt	18	100	18	100
Chi-Quadrat-Test nach Pearson	FG	2		2	
	Chi-Quadrat	0,16		1,47	
	p	0,924		0,480	

N = Anzahl an Probandinnen, CRP = C-reaktives-Protein, FG = Freiheitsgrade, p = Irrtumswahrscheinlichkeit

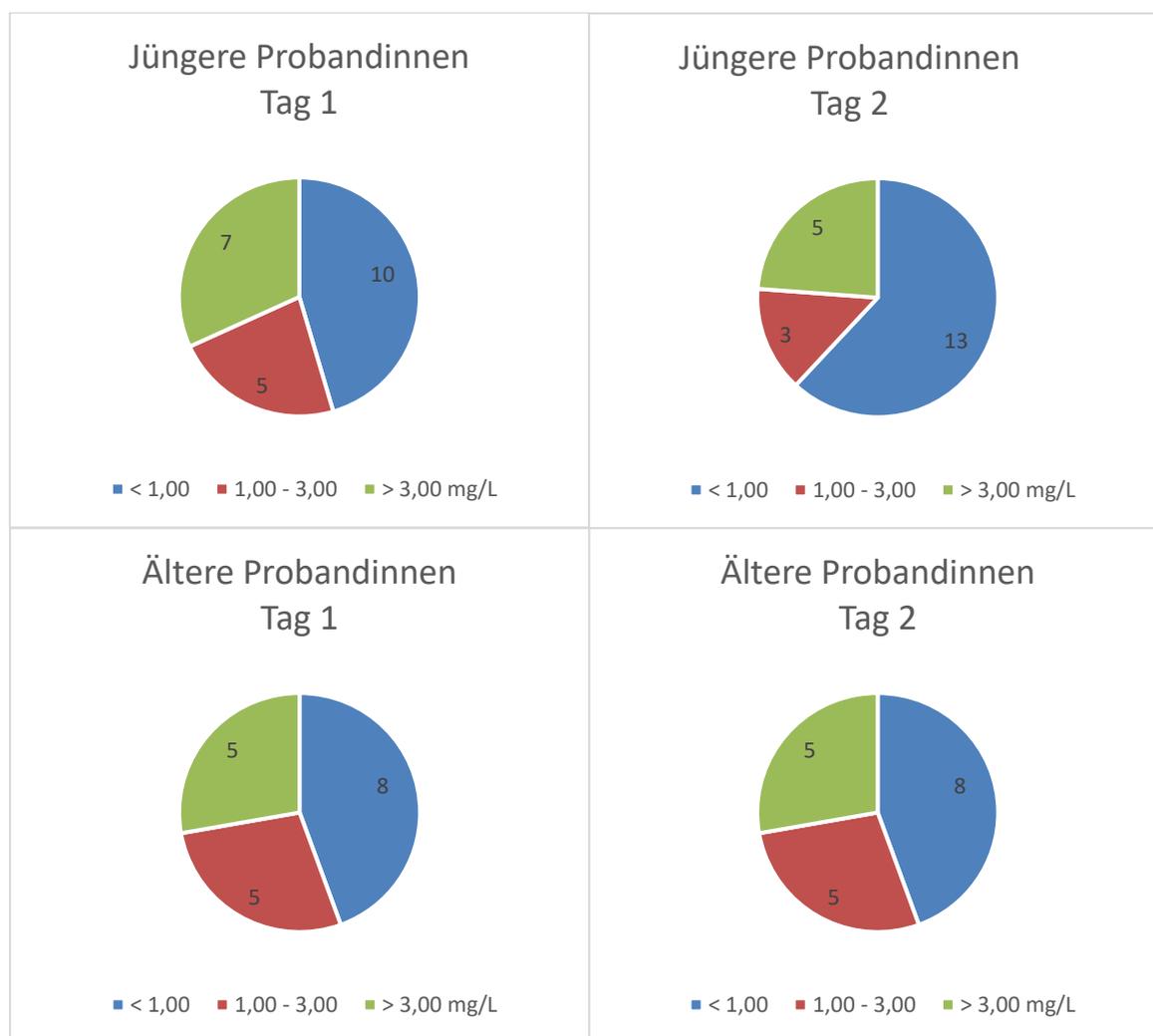


Abbildung 39 Verteilung der beiden Probandinnengruppen auf die C-reaktives-Protein (CRP)-Gruppen im Winter

## Sommer

Tabelle 50 zeigt die Mittelwerte und die Standardabweichungen der mittleren CRP-Konzentration der verschiedenen Untersuchungsmonate im Sommer für die beiden Altersgruppen. Im Mai wiesen beide Gruppen die höchsten CRP-Konzentrationen auf. Sie lagen bei 4,09 mg/L für die Jüngeren und 3,67 mg/L für die Älteren. Der Mittelwert der Jüngeren war im Juni um 2,54 mg/L gefallen und der der Älteren um 1,03 mg/L. Im Juli wiesen beide Probandinnengruppen jeweils die niedrigste mittlere CRP-Konzentration auf. Die Jüngeren wiesen einen um 0,96 mg/L und die Älteren einen um 0,86 mg/L niedrigeren mittleren Wert. Dies ist in Abbildung 40 grafisch dargestellt.

**Tabelle 50 Mittelwerte und Standardabweichungen der CRP-Konzentrationen der verschiedenen Untersuchungsmonate im Sommer für das gesamte Probandinnenkollektiv und die beiden Altersgruppen.**

Untersuchungsmonat	Probandinnengruppe	N	CRP (mg/L)	
			Mittelwert	Standardabweichung
Mai	Jüngere Probandinnen	7	4,09	2,80
	Ältere Probandinnen	5	3,67	3,56
Juni	Jüngere Probandinnen	2	2,55	2,25
	Ältere Probandinnen	5	3,35	2,54
Juli	Jüngere Probandinnen	4	1,59	1,14
	Ältere Probandinnen	6	2,49	2,31
Sommer	Jüngere Probandinnen	13	3,08	2,46
	Ältere Probandinnen	16	3,13	2,70

N = Anzahl an Probandinnen, CRP = C-reaktives Protein



**Abbildung 40 Verlauf der Mittelwerte der CRP-Konzentrationen der verschiedenen Untersuchungsmonate im Sommer für das gesamte Probandinnenkollektiv und die beiden Altersgruppen.**

Tabelle 51 zeigt die Verteilung der beiden Probandinnengruppen auf die CRP-Gruppen an Tag 1 und Tag 2 im Sommer. Die Jüngeren wiesen an Tag 1 und Tag 2 ähnliche relative Häufigkeiten und Verteilungen auf die Gruppen auf. Bei den Älteren war die relative Häufigkeit der Werte über 3,00 mg/L an beiden Tagen gleich. Die anderen beiden CRP-Gruppen wiesen an Tag 1 und 2 jeweils die gegensätzlichen Werte auf. An beiden Tagen wiesen die Jüngeren Probandinnen höhere relative Häufigkeiten bei den CRP-Werte kleiner als 1,00 mg/L auf, niedrigere Werte in der zweiten Gruppe und ähnliche Werte in der dritten Gruppe auf. Die Verteilung auf die drei CRP-Gruppe ist in Abbildung 41 grafisch dargestellt.

**Tabelle 51 Verteilung der beiden Probandinnengruppen auf die CRP-Gruppen an Tag 1 und Tag 2 im Sommer**

		Tag 1		Tag 2	
Gruppe	CRP-Gruppe	N	Prozent	N	Prozent
<b>Jüngere Probandinnen</b>	< 1,00 (mg/L)	8	47,1	8	47,1
	1,00 – 3,00 (mg/L)	3	17,6	4	23,5
	> 3,00 (mg/L)	6	35,3	5	29,4
	Gesamt	17	100	17	100
<b>Ältere Probandinnen</b>	< 1,00 (mg/L)	4	25,0	6	37,5
	1,00 – 3,00 (mg/L)	6	37,5	4	25,0
	> 3,00 (mg/L)	6	37,5	6	37,5
	Gesamt	16	100	16	100
<b>Chi-Quadrat-Test nach Pearson</b>	<b>FG</b>	2		2	
	<b>Chi-Quadrat</b>	2,31		0,35	
	<b>p</b>	0,316		0,841	

N = Anzahl an Probandinnen, CRP = C-reaktives-Protein, FG = Freiheitsgrade, p = Irrtumswahrscheinlichkeit

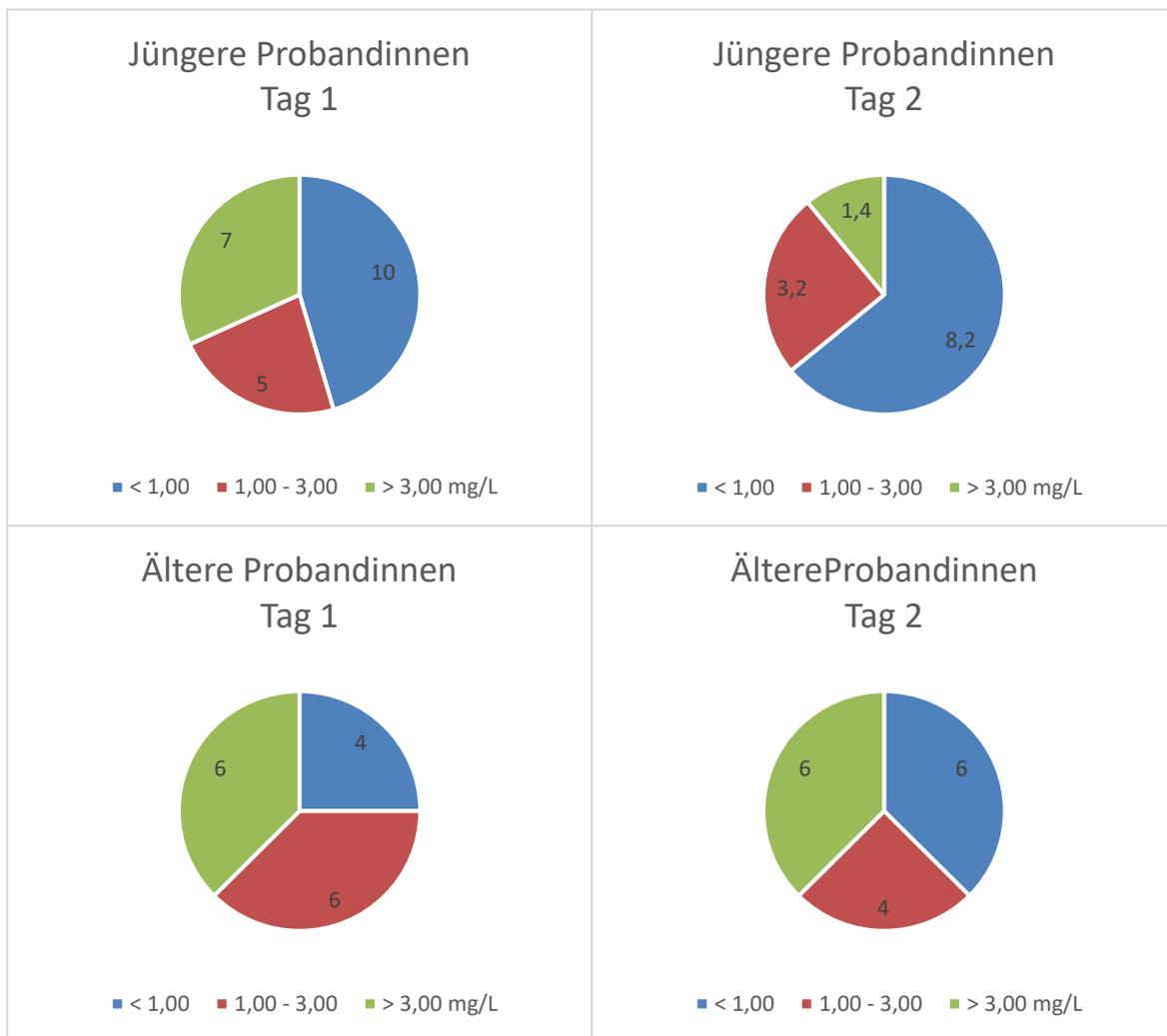


Abbildung 41 Verteilung der beiden Probandinnengruppen auf die C-reaktives-Protein-Gruppen im Sommer

#### Jahreszeitenvergleich in Bezug auf das C-reaktive Protein separat nach Altersgruppen

Bei den Jüngeren und bei den Älteren hat sich gezeigt, dass sowohl an Tag 1 als auch an Tag 2 kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den CRP-Gruppen und den Jahreszeiten besteht (s. Tab 52). Auch die beobachteten Verteilungen waren jeweils ähnlich. Die CRP-Werte waren im Sommer tendenziell niedriger. Hier unterschieden sich die Verteilungen an Tag 2 mit einem p-Wert von 0,062. Über das gesamte Probandinnenkollektiv ließ sich ein Trend beobachten.

Tabelle 53 zeigt den Jahreszeitenvergleich in Bezug auf die mittlere CRP-Konzentration separat nach Altersgruppen. Bei den Jüngeren betrug der Unterschied zwischen Winter und Sommer 0,36 mg/L und bei den Älteren 0,51 mg/L. Beide Unterschiede sind statistisch nicht signifikant. Dies ist in Abbildung 42 dargestellt.

**Tabelle 52 3 × 2 Felder Vergleich (3 CRP-Gruppen × 2 Jahreszeiten) für Tag 1 und Tag 2 separat nach Altersgruppen**

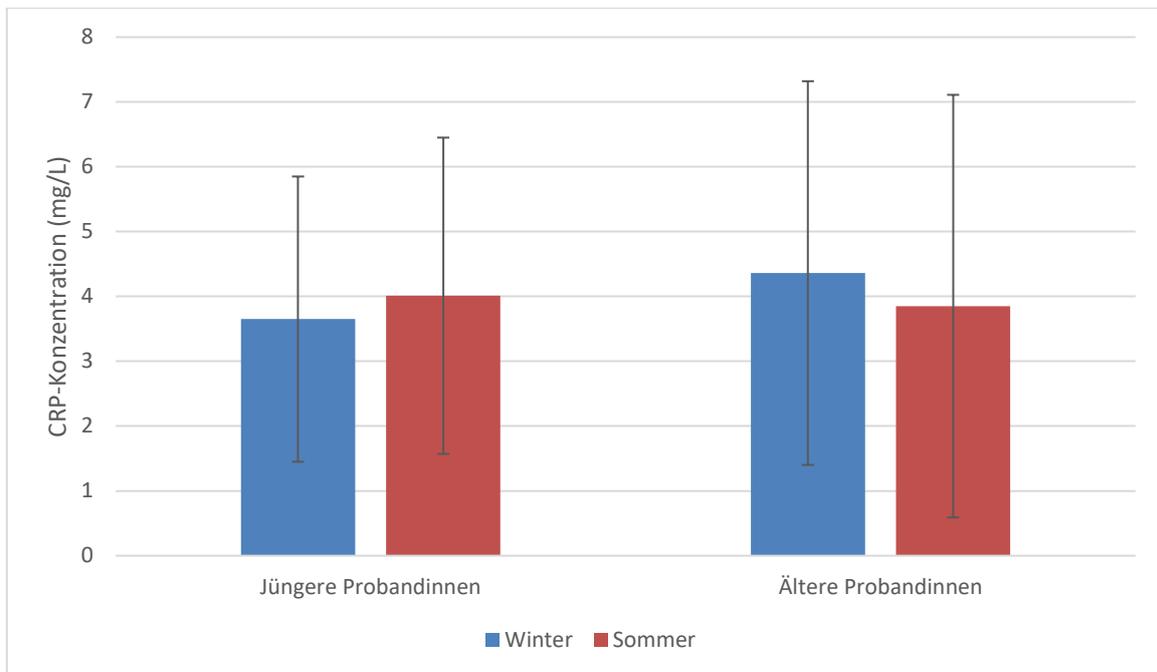
		Winter vs. Sommer	
		Tag 1	Tag 2
<b>Gruppe</b>	CRP-Gruppe	N	N
<b>Jüngere Probandinnen</b>	< 1,00 (mg/L)	7	8
	1,00 – 3,00 (mg/L)	2	1
	> 3,00 (mg/L)	5	3
	Gesamt	14	12
<b>Chi-Quadrat-Test</b>	<b>FG</b>	2	2
	<b>McNemar-Bowker Test</b>	1,00	4,00
	<b>p</b>	0,607	0,135
		Winter vs. Sommer	
<b>Ältere Probandinnen</b>	< 1,00 (mg/L)	3	5
	1,00 – 3,00 (mg/L)	2	1
	> 3,00 (mg/L)	5	5
	Gesamt	10	11
<b>Chi-Quadrat-Test</b>	<b>FG</b>	2	2
	<b>McNemar-Bowker Test</b>	2,80	2,00
	<b>p</b>	0,247	0,368

N = Anzahl an Probandinnen, FG = Freiheitsgrade, p = Irrtumswahrscheinlichkeit, CRP = C-reaktives Protein

**Tabelle 53 Jahreszeitenvergleich in Bezug auf die mittlere CRP-Konzentration separat nach Altersgruppen**

Altersgruppe Gruppe	N	Jahreszeit	CRP-Konzentration (mg/L)		Z- Wert	p
			Mittelwert	Standardabweichung		
<b>Jüngere Probandinnen</b>	9	Winter	3,65	2,20	-0,53	0,495
		Sommer	4,01	2,44		
<b>Ältere Probandinnen</b>	11	Winter	4,36	2,96	0,89	0,374
		Sommer	3,85	3,26		

p = Irrtumswahrscheinlichkeit, N = Anzahl an Probandinnen



**Abbildung 42 Jahreszeitenvergleich in Bezug auf die mittlere CRP-Konzentration separat nach Altersgruppen, angegeben sind Mittelwerte und Standardabweichungen**

### 6.2.3 Gruppenunterschiede in Bezug auf die Cortisol/CRP Ratio

Die Cortisol/CRP Ratio beschreibt das Verhältnis von Cortisol zu CRP.

#### Winter

Tabelle 54 zeigt den Vergleich der jüngeren und älteren Probandinnen in Bezug auf die Cortisol/CRP Ratio im Winter. Zum Zeitpunkt  $T_0$  wiesen die Jüngeren einen um 0,06 höheren Wert auf als die Älteren. Auch zum Zeitpunkt  $T_{30}$  wiesen die Jüngeren den höheren Wert auf. Hier betrug der Unterschied 0,07. Zum nächsten lag der Wert der Jüngeren um 0,06 höher als bei den Älteren. Zum Zeitpunkt  $T_{60}$  lag kein Unterschied vor und zum Zeitpunkt  $T_{\text{Abend}}$  betrug der Unterschied 0,03. Der Unterschied zum Zeitpunkt  $T_{\text{Abend}}$  ist statistisch signifikant.

Tabelle 54 Vergleich der jüngeren und älteren Probandinnen in Bezug auf die Cortisol/CRP Ratio im Winter

Probandinnengruppe	N	Cort./CRP Ratio Zeitpunkt	Mittelwert <sup>a)</sup> (o. E.)	SD	Z-Wert	p
Junge Probandinnen	13	T <sub>0</sub>	0,15	0,12	-1,18	0,240
Ältere Probandinnen	10		0,09	0,06		
Junge Probandinnen	12	T <sub>30</sub>	0,29	0,20	-1,25	0,210
Ältere Probandinnen	10		0,22	0,14		
Junge Probandinnen	12	T <sub>45</sub>	0,34	0,28	-0,79	0,429
Ältere Probandinnen	10		0,28	0,26		
Junge Probandinnen	13	T <sub>60</sub>	0,35	0,30	-0,93	0,352
Ältere Probandinnen	10		0,35	0,51		
Junge Probandinnen	11	T <sub>Abend</sub>	0,05	0,05	-2,09	0,037
Ältere Probandinnen	9		0,02	0,02		

N = Anzahl an Probandinnen, Cort. = Cortisol, CRP = C-reaktives Protein, o. E. = ohne Einheit, SD = Standardabweichung, p = Irrtumswahrscheinlichkeit, a) Mittelwert aus Tag 1 und Tag 2

### Sommer

Tabelle 55 zeigt den Vergleich der jüngeren und älteren Probandinnen in Bezug auf die Cortisol/CRP Ratio im Sommer. Auch im Sommer wiesen die Jüngeren zu jedem Messzeitpunkt den höheren oder gleichen Wert auf. Zum Zeitpunkt T<sub>0</sub> war kein Unterschied zu beobachten. Die Werte der nächsten drei Messzeitpunkte waren sehr ähnlich. Hier lagen die Unterschiede zwischen 0,01 und 0,07. Zum Zeitpunkt T<sub>Abend</sub> lag der Wert der Jüngeren um 0,05 nmol/mg höher. Der Mittelwert über den gesamten Tag war bei den Jüngeren um 0,04 höher. Keiner der aufgezählten Unterschiede ist statistisch signifikant.

Tabelle 55 Vergleich der jüngeren und älteren Probandinnen in Bezug auf die Cortisol/CRP Ratio im Sommer

Probandinnengruppe	N	Cortisol/CRP Ratio Zeitpunkt	Mittelwert <sup>a)</sup> (o. E.)	SD	Z-Wert	p
Junge Probandinnen	13	T <sub>0</sub>	0,27	0,18	-0,65	0,514
Ältere Probandinnen	12		0,27	0,26		
Junge Probandinnen	13	T <sub>30</sub>	0,48	0,34	-0,33	0,744
Ältere Probandinnen	12		0,47	0,37		
Junge Probandinnen	13	T <sub>45</sub>	0,48	0,35	-0,22	0,828
Ältere Probandinnen	12		0,47	0,38		
Junge Probandinnen	13	T <sub>60</sub>	0,49	0,38	-0,60	0,550
Ältere Probandinnen	12		0,42	0,38		
Junge Probandinnen	13	T <sub>Abend</sub>	0,08	0,10	-0,65	0,514
Ältere Probandinnen	12		0,04	0,03		

N = Anzahl an Probandinnen, CRP = C-reaktives Protein, SD = Standardabweichung, p = Irrtumswahrscheinlichkeit, a) Mittelwert aus Tag 1 und Tag 2

### Jahreszeitenvergleich in Bezug auf die Cortisol/CRP Ratio separat nach Altersgruppen

Tabelle 56 zeigt den Vergleich der Cortisol/CRP Ratio zwischen den Jahreszeiten der beiden Probandinnengruppen. Bei den Jüngeren hat sich gezeigt, dass der Wert zum Zeitpunkt T<sub>0</sub> im Winter um 0,01 niedriger lag als im Sommer. Zum Zeitpunkt T<sub>30</sub> lag der Wert im Winter ebenfalls um 0,03 niedriger als im Sommer. Der Mittelwert zum Messzeitpunkt T<sub>45</sub> lag um 0,03 niedriger als im Sommer. Zum Zeitpunkt T<sub>60</sub> lag der Wert im Winter um 0,05 höher als im Sommer.

Bei den älteren Probandinnen lag der Wert im Winter zum Zeitpunkt T<sub>0</sub> um 0,15 niedriger als im Sommer. Der Unterschied der beiden Zeitpunkte T<sub>30</sub> lag bei 0,19, bei T<sub>45</sub> bei 0,10 und T<sub>60</sub> bei 0,07. Zum Zeitpunkt T<sub>Abend</sub> war kein Unterschied zwischen den Jahreszeiten zu beobachten. Nur der Unterschied zum Zeitpunkt T<sub>45</sub> ist statistisch signifikant.

**Tabelle 56 Jahreszeitenvergleich in Bezug auf die Cortisol/CRP Ratio separat nach Altersgruppen**

Ratio	Gruppe	N	Jahreszeit	Mittelwert <sup>a)</sup>	SD	Z-Wert	p
T <sub>0</sub>	Jüngere Probandinnen	6	Winter	0,15	0,14	-1,26	0,208
			Sommer	0,16	0,09		
	Ältere Probandinnen	6	Winter	0,05	0,04	-1,57	0,116
			Sommer	0,20	0,37		
T <sub>30</sub>	Jüngere Probandinnen	6	Winter	0,26	0,19	-0,34	0,735
			Sommer	0,29	0,10		
	Ältere Probandinnen	6	Winter	0,14	0,12	-1,57	0,116
			Sommer	0,33	0,50		
T <sub>45</sub>	Jüngere Probandinnen	6	Winter	0,26	0,24	-0,17	0,866
			Sommer	0,29	0,11		
	Ältere Probandinnen	6	Winter	0,22	0,32	-1,99	0,046
			Sommer	0,32	0,45		
T <sub>60</sub>	Jüngere Probandinnen	6	Winter	0,29	0,24	-0,28	0,779
			Sommer	0,24	0,11		
	Ältere Probandinnen	6	Winter	0,35	0,68	-0,94	0,345
			Sommer	0,28	0,37		
T <sub>Abend</sub>	Jüngere Probandinnen	5	Winter	0,07	0,06	-1,36	0,173
			Sommer	0,04	0,01		
	Ältere Probandinnen	5	Winter	0,01	0,00	-0,94	0,345
			Sommer	0,01	0,01		

N = Anzahl an Probandinnen, SD = Standardabweichung, p = Irrtumswahrscheinlichkeit, a) Mittelwert aus Tag 1 und Tag 2

## 6.2.4 Gruppenunterschiede in Bezug auf die Lichtstrommenge und die Lichtexposition

### 6.2.4.1 Allgemeine Daten

Tabelle 57 zeigt den Vergleich der solaren Einstrahlung des gesamten Tag 1 (Summenwert) und den Mittelwert von Tag 1 im Winter und im Sommer. Tag 1 wurde exemplarisch aufgeführt. Es hat sich gezeigt, dass sich die solare Einstrahlung sowohl im Gesamtwert als auch im Mittelwert sich im Winter statistisch signifikant von den entsprechenden Werten im Sommer unterscheiden. Für die gesamte solare Einstrahlung liegt der Wert im Winter an Tag 1 36634,92 W/m<sup>2</sup> niedriger als im Sommer. Der Mittelwert für die mittlere solare Einstrahlung an Tag 1 liegt im Winter um 208,06 W/m<sup>2</sup> niedriger als im Sommer. Der Unterschied ist in Abbildung 43 grafisch dargestellt.

Tabelle 57 Vergleich der solaren Gesamt-Einstrahlung und dem Mittelwert an Tag 1 im Winter und im Sommer

Variable	Jahreszeit	N	Mittelwert	Standard-abweichung	t	p
Solare Einstrahlung Tag 1 gesamt Summenwert (W/m <sup>2</sup> )	Winter	34	4243,68	3556,80	-16,88	< 0,001
	Sommer	34	40878,60	12628,11		
Solare Einstrahlung Mittelwert Tag 1 (W/m <sup>2</sup> )	Winter	34	23,84	19,58	-17,16	< 0,001
	Sommer	34	231,90	70,54		

N = Anzahl an Probandinnen, p = Irrtumswahrscheinlichkeit, t = t-Test

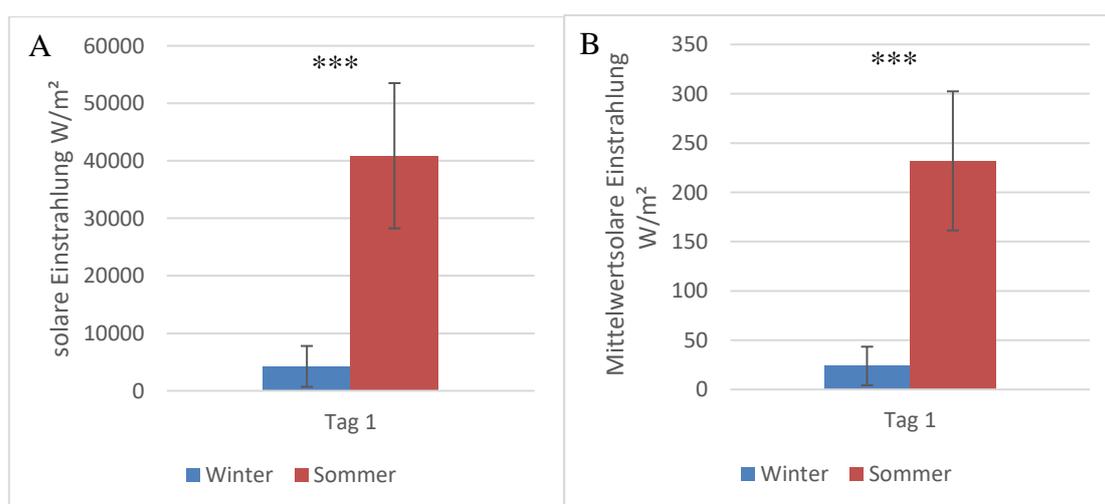


Abbildung 43 Vergleich der solaren Einstrahlung Tag 1 im Winter und im Sommer. A) Summenwert gesamter Tag, B) Mittelwert gesamter Tag, \*\*\* = p < 0,001, angegeben sind Mittelwerte und Standardabweichungen

Abbildung 44 zeigt den Verlauf des Sonnenaufgangs und des Sonnenuntergangs in Minuten über die beiden Untersuchungszeiträume. Dargestellt sind nur die Tage, an denen Probandinnen untersucht wurden. Es ist exemplarisch jeweils nur Tag 1 dargestellt. Um die Wintersonnenwende (21.12.) herum ist der Sonnenaufgang am spätesten und um die Sommersonnenwende (21.06.) herum ist der Sonnenaufgang am frühesten. Beim Sonnenuntergang verhält es sich genau andersherum. Auch bei der Tageslänge ist der Unterschied zwischen Winter und Sommer deutlich zu erkennen.

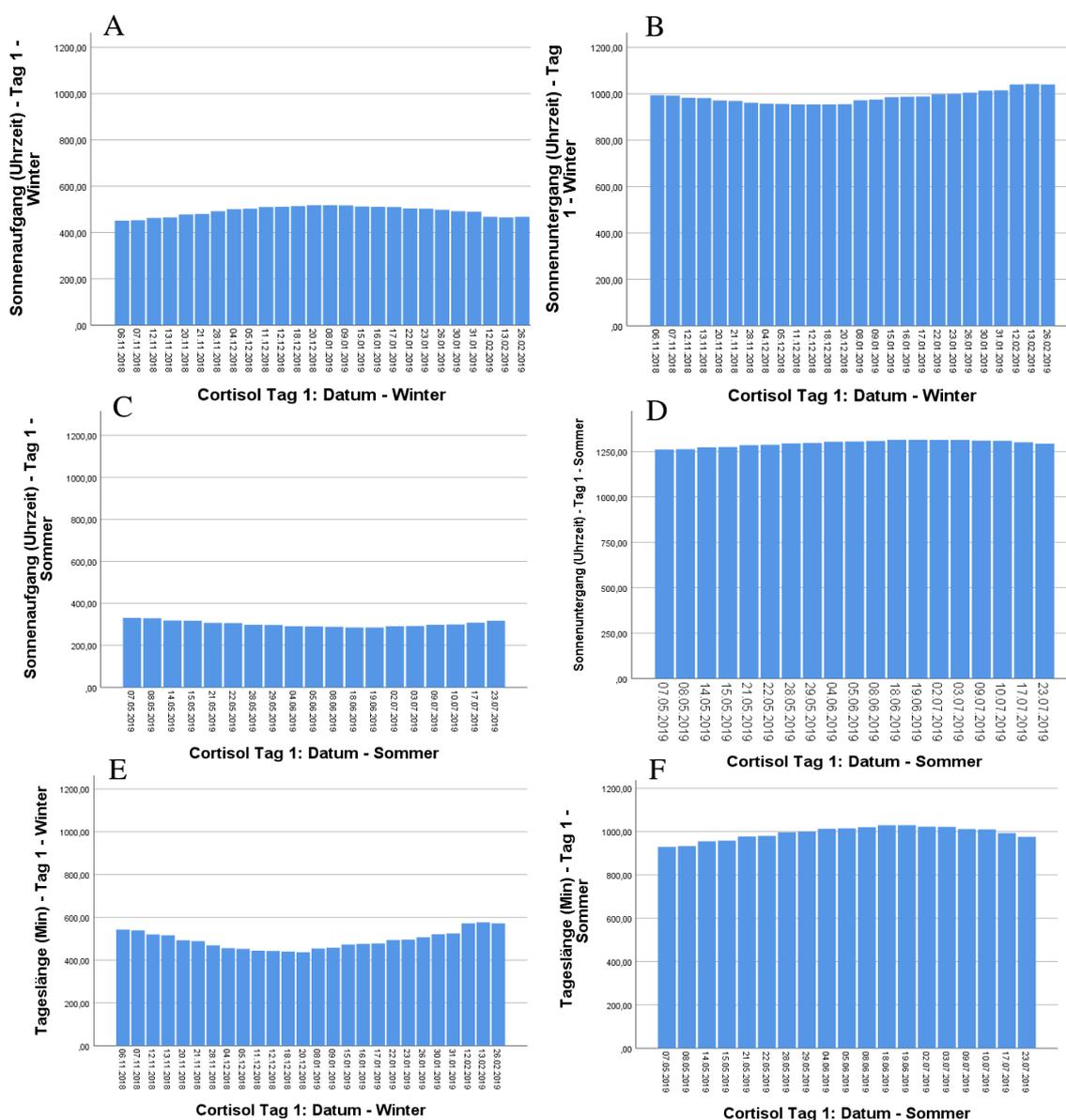


Abbildung 44 Sonnenaufgang, Sonnenuntergang und die Tageslänge an allen Untersuchungstagen im Winter und im Sommer an Tag 1 in Minuten

A) Sonnenaufgang Tag 1 Winter, B) Sonnenuntergang Tag 1 Winter, C) Sonnenaufgang Tag 1 Sommer, D) Sonnenuntergang Tag 1 Sommer, E) Tageslänge Tag 1 Winter, F) Tageslänge Tag 1 Sommer

Tabelle 58 zeigt die Variablen in Bezug auf die Photoperiode im Winter und im Sommer. Der mittlere Sonnenaufgang lag im Winter um drei Stunden und neun Minuten später als im Sommer. Der mittlere Sonnenuntergang lag um fünf Stunden und 14 Minuten früher als im Sommer. Die mittlere Tageslänge war im Winter um 507,08 Minuten kürzer als im Sommer.

**Tabelle 58 Photoperiode im Winter und im Sommer**

Photoperiode	Winter (November bis Januar)				Sommer (Mai bis Juli)			
Variable	Min	Max	MW	SD	Min	Max	MW	SD
<b>Sonnenaufgang (Uhrzeit)</b>	07:31	08:38	08:15	20,67 <sup>a)</sup>	04:45	05:31	05:06	13,30 <sup>a)</sup>
<b>Sonnenuntergang (Uhrzeit)</b>	15:54	17:22	16:25	26,38 <sup>a)</sup>	21:01	21:55	21:39	16,47 <sup>a)</sup>
<b>Tageslänge (Minuten)</b>	437,00	577,00	490,68	41,11	929,00	1030,00	997,76	29,35

Min = Minimum, Max = Maximum, MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung, a) Angabe in Minuten

#### 6.2.4.2 Lichtstrommenge

Die Messung des Lichtstroms wurde mit Hilfe der SOMNOwatch™ plus (SOMNOmedics, Randersacker) durchgeführt und gibt an, wie viel Licht in welchen Zeitraum auf die Probandinnen getroffen ist. Die Einheit der gemessenen Werte wird hier in Lumen angegeben, wobei hiermit nicht die physikalische Einheit Lumen (lm) gemeint ist. Die Skala hatte ihr Maximum bei 1000 Lumen. Da an zwei aufeinanderfolgenden Tagen gemessen wurde, wurde aus den jeweiligen Werten ein Mittelwert gebildet.

##### Winter

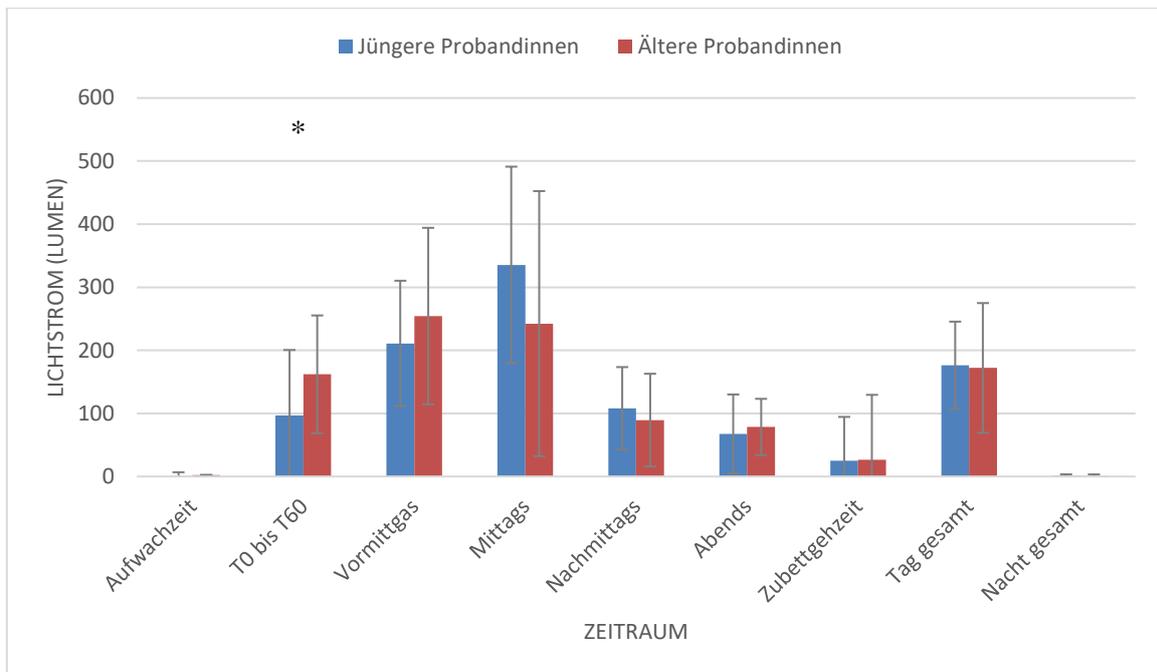
Tabelle 59 zeigt den Vergleich der Lichtstrommenge der beiden Probandinnengruppen in den verschiedenen Zeiträumen im Winter. Der Lichtstrom zum Zeitpunkt des Aufwachens war in beiden Probandinnengruppen im Mittel sehr niedrig. Hier wiesen die jüngeren Probandinnen mit 0,14 Lumen einen um 1,97 Lumen niedrigeren mittleren Wert auf als die älteren Probandinnen. Auch in der ersten Stunde nach dem Aufwachen wiesen die jüngeren Probandinnen den niedrigeren Mittelwert auf. Hier lag der Mittelwert 65,06 Lumen niedriger. Dieser Unterschied war statistisch signifikant. Auch vormittags hatten die Jüngeren den niedrigeren Wert. Hier betrug die Differenz im Mittel 43,3 Lumen. Mittags wiesen die jüngeren Probandinnen im Mittel einen um 93,12 Lumen höheren Wert auf. Auch nachmittags war der mittlere Wert der jüngeren Probandinnen höher als bei den älteren Probandinnen. Die beiden Mittelwerte lagen hier 18,52 Lumen auseinander. Abends war der Mittelwert der Älteren um 19,89 Lumen höher als bei den Jüngeren. Bei der Zubettgehzeit

war der Unterschied im Vergleich zu den anderen Zeiträumen wieder geringer. Er betrug im Mittel 1,17 Lumen. Allerdings war hier die Standardabweichung sehr groß. Der Mittelwert des gesamten Tages war bei den Jüngeren um 4,12 Lumen höher als bei den Älteren. Die Mittelwerte der gesamten Nacht waren bei beiden Probandinnengruppen wieder sehr niedrig. Hier war der mittlere Werte der Jüngeren um 0,32 Lumen höher als bei den Älteren. Dies ist in Abbildung 45 grafisch dargestellt. Bis auf den bereits erwähnten signifikanten Unterschied waren keine der hier aufgeführten Unterschiede statistisch signifikant.

**Tabelle 59 Vergleich der Lichtstrommenge gemittelt aus Tag 1 und Tag 2 der beiden Probandinnengruppen in den verschiedenen Zeiträumen im Winter**

Zeitraum Lichtstrom (Lumen)	Gruppe	N	Lichtstrom (Lumen)		Levene-Test der Varianz- gleichheit		t	Z	p
			Mittel- wert	Standard- abweichung	F	p			
	Ältere Probandinnen	18	2,11	6,66					
T <sub>0</sub> bis T <sub>60</sub>	Jüngere Probandinnen	22	96,91	93,35	-	-	-	2,13	0,033
	Ältere Probandinnen	18	161,97	103,65					
Vormittags	Jüngere Probandinnen	22	210,95	139,92	2,73	0,107	-1,10	-	0,277
	Ältere Probandinnen	18	254,25	99,37					
Mittags	Jüngere Probandinnen	22	335,43	210,10	-	-	-	-1,52	0,128
	Ältere Probandinnen	18	242,31	155,71					
Nachmittags	Jüngere Probandinnen	22	108,02	73,42	-	-	-	-0,80	0,422
	Ältere Probandinnen	18	89,50	65,44					
Abends	Jüngere Probandinnen	22	67,55	44,71	-	-	-	-0,34	0,735
	Ältere Probandinnen	16	78,44	62,49					
Zubettgehzeit	Jüngere Probandinnen	22	25,14	103,15	-	-	-	-1,92	0,055
	Ältere Probandinnen	18	26,31	69,36					
Tag gesamt	Jüngere Probandinnen	22	176,24	102,80	-	-	-	-0,43	0,670
	Ältere Probandinnen	18	172,12	69,25					
Nacht gesamt	Jüngere Probandinnen	22	1,07	2,61	-	-	-	-0,95	0,343
	Ältere Probandinnen	18	0,75	2,45					

**N = Anzahl an Probandinnen, F = F-Wert, P = Irrtumswahrscheinlichkeit, t = t-Test, Z = Z-Wert**



**Abbildung 45 Vergleich der Lichtstrommenge der beiden Probandinnengruppen in den verschiedenen Zeiträumen im Winter, Tag 1 und Tag 2 gemittelt, \* =  $p < 0,050$ , angegeben sind Mittelwerte und Standardabweichungen**

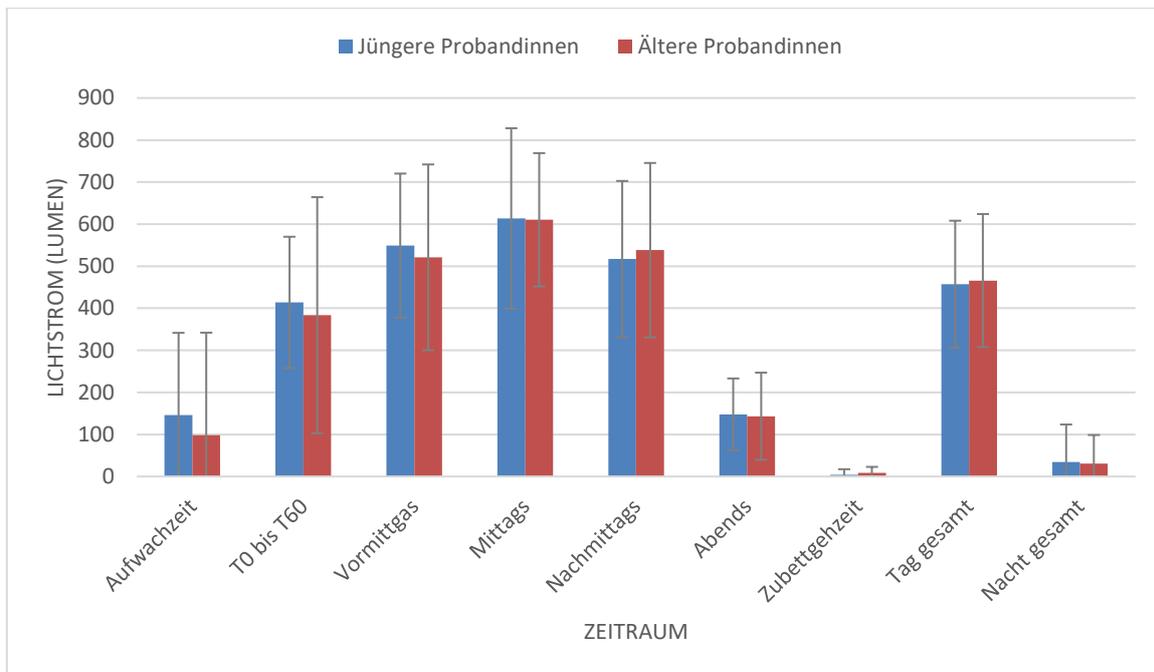
### Sommer

Tabelle 60 zeigt den Vergleich der Lichtstrommenge der beiden Probandinnengruppen in den verschiedenen Zeiträumen im Sommer. Die jüngeren Probandinnen wiesen bei der Aufwachzeit eine um 47,45 Lumen höhere mittlere Lichtstrommenge auf als die älteren Probandinnen. Die mittlere Lichtstrommenge in der ersten Stunde nach dem Aufwachen war bei den jüngeren Probandinnen ebenfalls höher. Hier betrug der mittlere Unterschied 30,38 Lumen. Auch vormittags lag die mittlere Lichtstrommenge der Jüngeren um 27,91 Lumen höher. Mittags unterschieden sich die beiden Probandinnengruppen in der mittleren Lichtstrommenge kaum. Hier wiesen die Jüngeren einen um 3,03 Lumen höheren Wert auf. Nachmittags wiesen die Jüngeren eine um 21,15 Lumen niedrigere mittlere Lichtstrommenge auf. Am Abend war der Unterschied wieder sehr gering. Die mittlere Lichtstrommenge der jüngeren Probandinnen lag hier um 4,12 Lumen höher. Zum Zeitpunkt des Zubettgehens waren die Werte beider Probandinnengruppen mit 4,44 Lumen bei den Jüngeren und 8,81 Lumen bei den Älteren sehr niedrig. Die Jüngeren wiesen hier nur halb so viel mittlere Lichtstrommenge auf als die Älteren. Der Mittelwert über den gesamten Tag von der Aufstehzeit bis zur Zubettgehzeit lag bei den Jüngeren im Mittel um 8,76 Lumen niedriger als bei den Älteren und der Mittelwert der gesamten Nacht um 3,36 Lumen höher. Die Verteilung der Lichtstrommenge über den Tag hinweg ist in Abbildung 46 grafisch dargestellt. Alle hier aufgeführten Unterschiede waren statistisch nicht signifikant.

**Tabelle 60 Vergleich der Lichtstrommenge der beiden Probandinnengruppen in den verschiedenen Zeiträumen im Sommer**

Zeitraum Lichtstrom (Lumen)	Gruppe	N	Lichtstrommenge (Lumen)		Levene-Test der Varianz- gleichheit		t	Z	p
			Mittel- wert	Standard- abweichung	F	p			
	Ältere Probandinnen	17	98,26	195,87					
T <sub>0</sub> bis T <sub>60</sub>	Jüngere Probandinnen	17	413,88	280,71	14,05	0,001	0,39	-	0,700
	Ältere Probandinnen	17	383,50	156,20					
Vormittags	Jüngere Probandinnen	17	549,00	220,88	1,59	0,216	0,41	-	0,683
	Ältere Probandinnen	17	521,09	171,32					
Mittags	Jüngere Probandinnen	17	613,47	158,40	1,34	0,255	0,05	-	0,963
	Ältere Probandinnen	17	610,44	214,67					
Nachmittags	Jüngere Probandinnen	17	517,00	207,36	1,26	0,269	-0,31	-	0,756
	Ältere Probandinnen	17	538,15	185,67					
Abends	Jüngere Probandinnen	17	147,82	103,55	0,18	0,675	0,13	-	0,895
	Ältere Probandinnen	16	143,41	85,33					
Zubettgeh- zeit	Jüngere Probandinnen	17	4,44	14,09	-	-	-	-1,15	0,248
	Ältere Probandinnen	16	8,81	12,89					
Tag gesamt	Jüngere Probandinnen	17	457,15	158,15	0,03	0,876	-0,16	-	0,872
	Ältere Probandinnen	16	465,91	151,02					
Nacht gesamt	Jüngere Probandinnen	17	34,24	67,82	-	-	-	-0,65	0,514
	Ältere Probandinnen	16	30,88	89,42					

N = Anzahl an Probandinnen, F = F-Wert, P = Irrtumswahrscheinlichkeit, t = t-Test, Z = Z-Wert



**Abbildung 46 Vergleich der Lichtstrommenge der beiden Probandinnengruppen in den verschiedenen Zeiträumen im Sommer, Tag 1 und Tag 2 gemittelt, angegeben sind Mittelwerte und Standardabweichungen**

#### Jahreszeitenvergleich in Bezug auf die Lichtstrommenge separat nach Altersgruppen

Tabelle 61 zeigt den Vergleich der jüngeren und älteren Probandinnen untereinander in Bezug auf den Lichtstrom in den verschiedenen Zeiträumen zwischen den Jahreszeiten.

Alle mittleren Lichtstrom Werte der jüngeren Probandinnen lagen im Winter bis auf den Zeitpunkt der Zubettgehzeit niedriger als im Sommer. Bei den Jüngeren war der mittlere Lichtstrom zur Aufstehzeit mit 0,18 Lumen im Winter um 145,53 Lumen niedriger als im Sommer. In der ersten Stunde nach dem Aufwachen lag der mittlere Wert im Winter um 306,08 Lumen niedriger und der mittlere Wert vormittags lag um 407,32 Lumen niedriger. Mittags war der mittlere Lichtstrom im Winter etwa nur halb so hoch wie im Sommer. Der Unterschied betrug hier 239,29 Lumen. Nachmittags lag der Mittelwert im Winter um 388,74 Lumen niedriger als im Sommer und abends um 70,00 Lumen. Zum Zeitpunkt der Zubettgehzeit lag der Mittelwert im Winter um 27,85 Lumen höher als im Sommer. Über den gesamten Tag lag der Mittelwert im Winter um 240,53 Lumen niedriger als im Sommer und der Mittelwert der gesamten Nacht um 35,38 Lumen niedriger.

Wie auch bei den jüngeren Probandinnen lagen die Mittelwerte des Lichtstroms im Winter bei den Älteren bis auf den Zeitpunkt der Zubettgehzeit alle niedriger als im Sommer. Zum Zeitpunkt des Aufwachens lag die mittlere Lichtstrommenge im Winter um 96,02 Lumen niedriger als im Sommer. In der ersten Stunde nach dem Aufwachen lag der Mittelwert im Winter um 222,41 Lumen niedriger als im Sommer. Auch der mittlere Wert am Vormittag lag im Winter um 269,15 Lumen niedriger. Mittags war der mittlere Wert im Sommer fast

dreimal so hoch wie im Winter und am Nachmittag sogar sechsmal höher als im Winter. Abends lag die mittlere Lichtstrommenge im Winter mit einem Unterschied von 62,22 Lumen fast bei der Hälfte des Wertes im Sommer. Über den gesamten Tag lag der mittlere Wert im Winter um 286,23 Lumen niedriger und über die gesamte Nacht um 30,04 Lumen niedriger als im Sommer. Dies ist in Abbildung 47 grafisch dargestellt. Bis auf den Unterschied zum Zeitpunkt der Zubettgehzeit sind alle Unterschiede der beiden Probandinnengruppen statistisch hoch signifikant.

**Tabelle 61 Jahreszeitenvergleich in Bezug auf die mittlere Lichtstrommenge separat nach Altersgruppen, gemittelt aus Tag 1 und Tag 2**

Zeitraum Lichtstrom (Lumen)	Probandinnen- gruppe	Jahreszeit	N	Mittelwert ± SD	t	Z	p
Aufwachzeit	Jüngere Probandinnen	Winter	17	0,18 ± 0,61	-	104,00	0,001
		Sommer	17	145,71 ± 243,71			
	Ältere Probandinnen	Winter	17	2,24 ± 6,84	-	66,00	0,003
		Sommer	17	98,26 ± 195,87			
T0 bis T60	Jüngere Probandinnen	Winter	17	107,80 ± 103,77	-	143,00	0,002
		Sommer	17	413,88 ± 280,71			
	Ältere Probandinnen	Winter	17	161,09 ± 106,77	-6,46	-	0,000
		Sommer	17	383,50 ± 156,20			
Vormittags	Jüngere Probandinnen	Winter	17	242,68 ± 141,14	-5,80	-	0,000
		Sommer	17	549,00 ± 220,88			
	Ältere Probandinnen	Winter	17	251,94 ± 101,93	-	152,00	0,000
		Sommer	17	521,09 ± 171,32			
Mittags	Jüngere Probandinnen	Winter	17	374,18 ± 216,86	-4,81	-	0,000
		Sommer	17	613,47 ± 158,40			
	Ältere Probandinnen	Winter	17	248,79 ± 157,97	-	152,00	0,000
		Sommer	17	610,44 ± 214,67			
Nachmittags	Jüngere Probandinnen	Winter	17	128,26 ± 70,64	-	153,00	0,000
		Sommer	17	517,00 ± 207,36			
	Ältere Probandinnen	Winter	17	91,82 ± 66,68	-	153,00	0,000
		Sommer	17	538,15 ± 185,67			
Abends	Jüngere Probandinnen	Winter	16	70,75 ± 50,10	-3,11	-	0,007
		Sommer	16	140,75 ± 102,61			
	Ältere Probandinnen	Winter	16	81,19 ± 64,58	-3,16	-	0,007
		Sommer	16	143,41 ± 85,33			
Zubettgehzeit	Jüngere Probandinnen	Winter	16	32,44 ± 118,10	-	24,50	0,449
		Sommer	16	4,59 ± 14,54			
	Ältere Probandinnen	Winter	16	29,59 ± 73,13	-	35,50	0,164
		Sommer	16	8,81 ± 12,89			
Tag gesamt	Jüngere Probandinnen	Winter	16	201,00 ± 103,84	-	135,00	0,001
		Sommer	16	441,53 ± 149,19			
	Ältere Probandinnen	Winter	15	182,80 ± 65,86	-7,92	-	0,000
		Sommer	15	469,03 ± 155,79			
Nacht gesamt	Jüngere Probandinnen	Winter	16	1,00 ± 2,61	-	132,50	0,001
		Sommer	16	36,38 ± 69,44			
	Ältere Probandinnen	Winter	16	0,84 ± 2,59	-	78,00	0,002
		Sommer	16	30,88 ± 89,42			

**N = Anzahl an Probandinnen, p = Irrtumswahrscheinlichkeit, t = t-Test, Z = Wert**

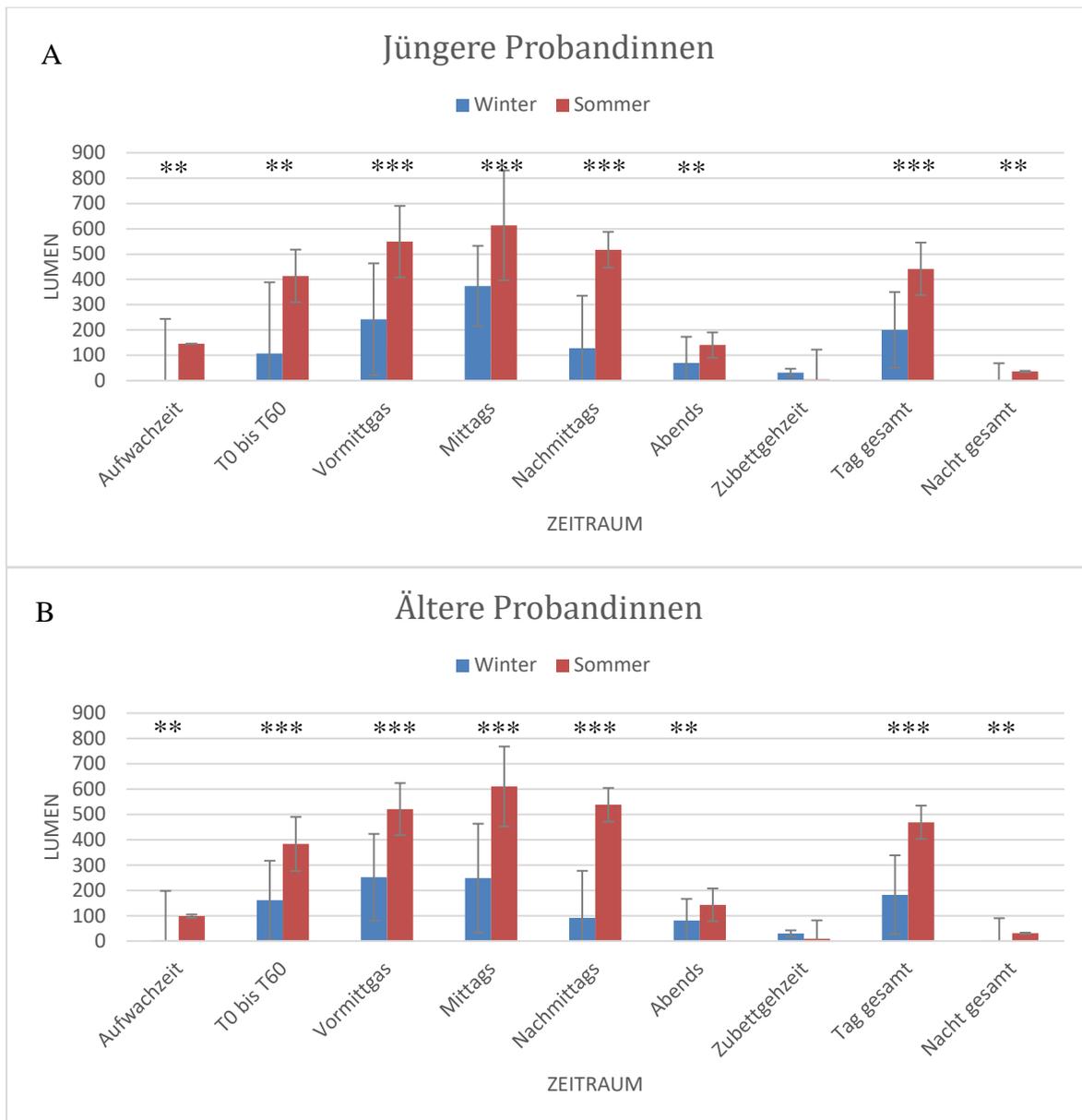


Abbildung 47 Jahreszeitenvergleich in Bezug auf die mittlere Lichtstrommenge separat nach Altersgruppen A) Jüngere Probandinnen, B) Ältere Probandinnen, \*\*  $p < 0,010$ , \*\*\* =  $p < 0,001$ , angegeben sind Mittelwerte und Standardabweichungen

### 6.2.4.3 Lichtexposition

Die betrachteten Zeiträume sind dieselben wie bei der mittleren Lichtstrommenge. Die Lichtexposition zur Aufstehzeit und zur Zubettgehzeit wurden nicht berechnet.

#### Winter

Tabelle 62 zeigt den Vergleich der mittleren Lichtexposition zwischen jüngeren und älteren Probandinnen im Winter.

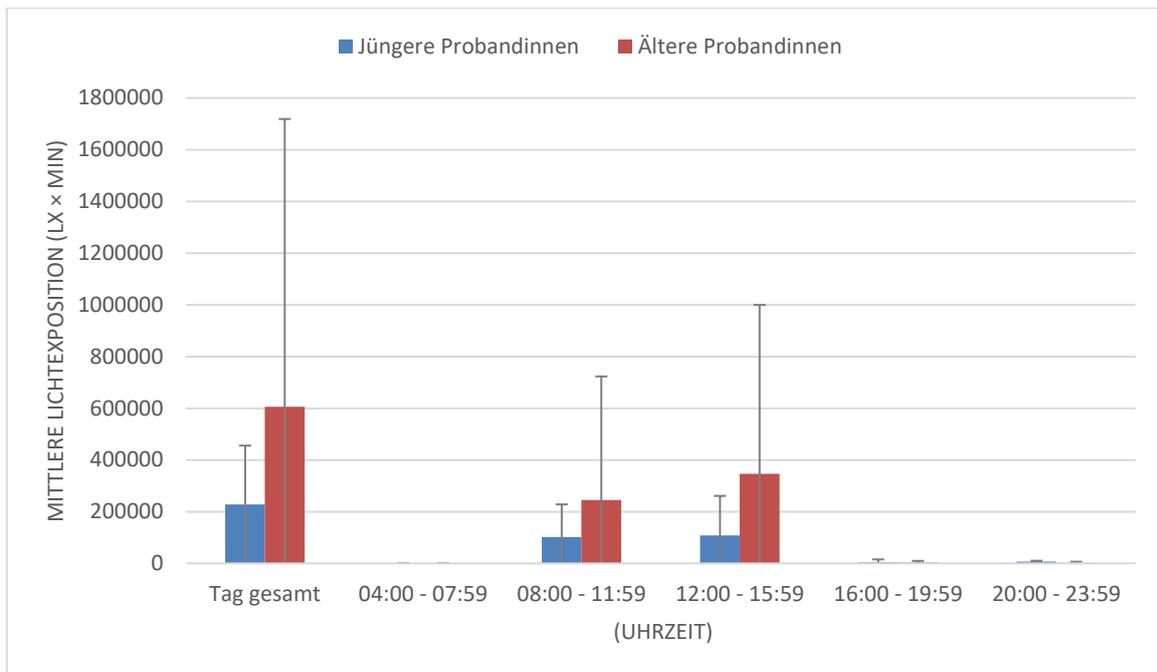
Der Verlauf erreicht beim Messzeitraum zwischen 12:00 Uhr und 15:59 Uhr sein Maximum. Danach fallen die Mittelwerte wieder stark ab.

Im Winter war die Lichtexposition über den gesamten Tag bei den jüngeren Probandinnen um 378387,52 lx × min niedriger als bei den älteren Probandinnen. Im Zeitraum zwischen 04:00 Uhr und 07:59 Uhr hatten die Jüngeren einen um 249,36 lx × min höheren mittleren Wert, da die Älteren hier gar keine Lichtexposition aufwiesen. Von 08:00 Uhr bis 11:59 Uhr lag die mittlere Lichtexposition der jüngeren Probandinnen wieder niedriger als bei den älteren Probandinnen. Hier betrug die Differenz 142643,26 lx × min. Im Zeitraum zwischen 12:00 Uhr und 15:59 Uhr lag die mittlere Lichtexposition der Jüngeren ebenfalls niedriger als bei den Älteren. Der Unterschied betrug hier 237256,30 lx × min. Im Zeitraum von 16:00 Uhr bis 19:59 Uhr wiesen die Jüngeren eine um 744,82 lx × min höhere mittlere Lichtexposition auf als die älteren Probandinnen. Im letzten Zeitraum von 20:00 Uhr bis 23:59 Uhr lag der Mittelwert der Lichtexposition der jüngeren Probandinnen wieder niedriger als bei den älteren Probandinnen. Hier betrug die Differenz 13,92 lx × min. Dies ist in Abbildung 48 noch einmal grafisch dargestellt. Keiner dieser aufgeführten Unterschiede war statistisch signifikant.

**Tabelle 62 Vergleich der mittleren Lichtexposition der beiden Probandinnengruppen in den verschiedenen Zeiträumen im Winter**

Zeitraum	Gruppe	N	Lichtexposition		Mann-Whitney- U-Test	p
			Mittelwert (lx × min)	Standard- abweichung (lx × min)	Z-Wert	
ges. Tag	Jüngere Probandinnen	22	227785,91	227924,62	-1,01	0,314
	Ältere Probandinnen	18	606173,43	1112661,08		
04:00 – 07:59 Uhr	Jüngere Probandinnen	22	249,36	903,12	-1,30	0,195
	Ältere Probandinnen	18	0,00	0,00		
08:00 – 11:59	Jüngere Probandinnen	22	102030,32	126358,06	-0,30	0,762
	Ältere Probandinnen	18	244673,58	478375,76		
12:00 – 15:59	Jüngere Probandinnen	22	108760,84	152483,17	-1,46	0,144
	Ältere Probandinnen	18	346017,14	653643,56		
16:00 – 19:59	Jüngere Probandinnen	22	4001,75	11594,7	-0,16	0,870
	Ältere Probandinnen	18	3256,93	6371,83		
20:00 – 23:59	Jüngere Probandinnen	22	6371,83	4000,85	-0,04	0,970
	Ältere Probandinnen	18	1814,22	4746,23		

**N = Anzahl an Probandinnen, Z = Z-Wert, p = Irrtumswahrscheinlichkeit**



**Abbildung 48 Vergleich der mittleren Lichtexposition zwischen den jüngeren und älteren Probandinnen im Winter, angegeben sind Mittelwerte und Standardabweichungen**

### Sommer

Tabelle 63 zeigt den Vergleich der mittleren Lichtexposition zwischen jüngeren und älteren Probandinnen im Sommer.

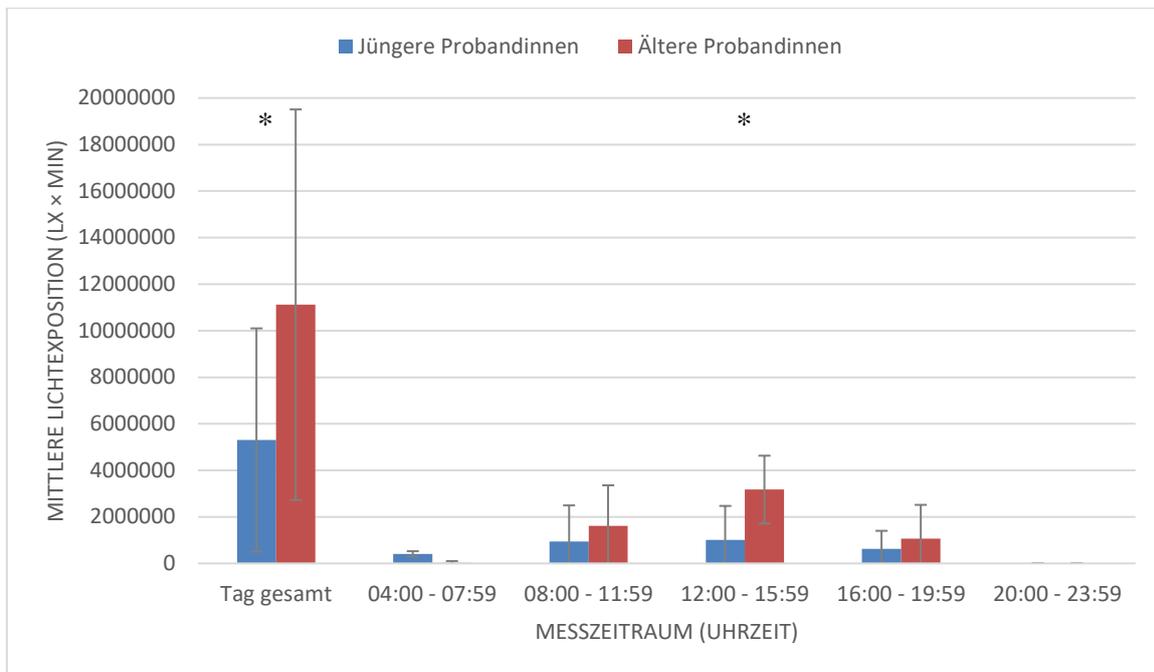
Es hat sich gezeigt, dass die mittlere Lichtexposition der Probandinnen vom Zeitraum zwischen 04:00 Uhr und 07:59 Uhr bis zum Zeitraum zwischen 16:00 Uhr und 19:59 Uhr anstieg und danach bis zum letzten Messzeitraum wieder abfiel.

Die jüngeren Probandinnen wiesen über den gesamten Tag eine um 5812432,99 lx × min niedrigere mittlere Lichtexposition auf als die älteren Probandinnen. Dieser Unterschied ist statistisch signifikant. Im Zeitraum zwischen 04:00 Uhr und 07:59 Uhr wiesen die Jüngeren eine um 389495,44 lx × min höhere mittlere Lichtexposition. Von 08:00 Uhr bis 11:59 Uhr wiesen die Jüngeren wiederum eine niedrigere mittlere Lichtexposition auf. die Differenz betrug hier 661826,34 lx × min. Zwischen 12:00 Uhr und 15:59 Uhr wiesen die Jüngeren ebenfalls eine niedrigere mittlere Lichtexposition auf. Auch dieser Unterschied ist statistisch signifikant. Der Unterschied betrug hier 2103821,88 lx × min. Auch im Zeitraum zwischen 16:00 Uhr und 19:59 Uhr wiesen die Jüngeren einen um 438131,90 lx × min niedrigeren Wert auf. Im letzten Zeitraum zwischen 20:00 Uhr und 23:59 Uhr wiesen die Jüngeren mit 30,62 lx × min eine um 15,72 lx × min höhere mittlere Lichtexposition auf als die Älteren. Dies ist in Abbildung 49 noch einmal grafisch dargestellt.

**Tabelle 63 Vergleich der mittleren Lichtexposition der beiden Probandinnengruppen in den verschiedenen Zeiträumen im Sommer**

Zeitraum	Gruppe	N	Lichtexposition (lx × min)		Mann-Whitney- U-Test	p
					Z-Wert	
			Mittelwert	Standard- abweichung		
ges. Tag	Jüngere Probandinnen	17	5303433,91	4796699,54	-2,36	0,018
	Ältere Probandinnen	17	11115866,90	8392038,63		
04:00 – 07:59 Uhr	Jüngere Probandinnen	17	412114,22	113094,40	-1,44	0,151
	Ältere Probandinnen	17	22618,78	79101,27		
08:00 – 11:59 Uhr	Jüngere Probandinnen	17	947254,36	1546749,84	-1,26	0,208
	Ältere Probandinnen	17	1609080,70	1746537,87		
12:00 – 15:59 Uhr	Jüngere Probandinnen	17	1014382,68	1457248,35	-2,43	0,015
	Ältere Probandinnen	17	3172944,38	1457248,35		
16:00 – 19:59 Uhr	Jüngere Probandinnen	17	630990,68	770515,46	-0,66	0,512
	Ältere Probandinnen	17	1069122,5	1448215,3		
20:00 – 23:59 Uhr	Jüngere Probandinnen	17	30,62	116,8	-0,60	0,552
	Ältere Probandinnen	17	14,90	116,8		

**N = Anzahl an Probandinnen, p = Irrtumswahrscheinlichkeit**



**Abbildung 49 Vergleich der mittleren Lichtexposition zwischen den jüngeren und älteren Probandinnen im Sommer, \* =  $p < 0,050$ , angegeben sind Mittelwerte und Standardabweichungen**

#### Jahreszeitenvergleich separat nach Altersgruppen

Tabelle 64 zeigt den Vergleich der Mittelwerte der beiden Gruppen untereinander in Bezug auf die mittlere Lichtexposition ( $lx \times min$ ) im Winter und im Sommer. Tabelle 65 zeigt den Vergleich der beiden Gruppen untereinander in Bezug auf die mittlere Lichtexposition im Sommer und im Winter, wobei Gruppenunterschiede nach dem Wilcoxon-Test für verbundene Stichproben berechnet wurden. Es hat sich gezeigt, dass beide Probandinnengruppen im Sommer einer deutlich höheren mittleren Lichtexposition ausgesetzt waren als im Winter. Die mittlere Differenz für die gesamten Untersuchungstage betrug bei den jüngeren Probandinnen  $5115759,37 \text{ lx} \times \text{min}$ . Von 04:00 Uhr bis 07:59 Uhr betrug die mittlere Differenz  $40891,51 \text{ lx} \times \text{min}$ . Auch hier war der mittlere Wert im Sommer deutlich höher als im Winter. Auch von 08:00 Uhr bis 11:59 Uhr lag der Mittelwert im Sommer höher als im Winter. Hier betrug der Unterschied  $872872,53 \text{ lx} \times \text{min}$ . Von 12:00 Uhr bis 15:59 Uhr lag die mittlere Lichtexposition der Jüngeren im Sommer um  $904997,67 \text{ lx} \times \text{min}$  höher als im Winter und von 16:00 Uhr bis 19:59 Uhr um  $627281,7 \text{ lx} \times \text{min}$  höher. Im letzten Messzeitraum lag der mittlere Wert im Sommer niedriger als der im Winter. Hier unterschieden sich die Jahreszeiten um  $570,59 \text{ lx} \times \text{min}$ .

Bei den älteren Probandinnen verhielt es sich ähnlich wie bei den jüngeren. Hier war der Mittelwert des gesamten Messtages im Sommer um  $10474036,21 \text{ lx} \times \text{min}$  höher als im Winter. Im Zeitraum zwischen 04:00 Uhr und 07:59 Uhr betrug die Differenz  $22618,78 \text{ lx} \times \text{min}$ , wobei der mittlere Wert im Winter bei  $0,00 \text{ lx} \times \text{min}$  lag. Im Messzeitraum von 08:00

Uhr bis 11:59 Uhr lag die mittlere Lichtexposition im Winter um  $1350014,56 \text{ lx} \times \text{min}$  niedriger als im Sommer. Von 12:00 Uhr bis 15:59 Uhr betrug die Differenz  $2806573,29 \text{ lx} \times \text{min}$ . Auch hier lag der Wert im Winter niedriger als der im Sommer. Zwischen 16:00 Uhr und 19:59 Uhr lag der Wert im Winter um  $1065673,98 \text{ lx} \times \text{min}$  niedriger als im Sommer. Nur von 20:00 Uhr bis 23:59 Uhr lag die mittlere Lichtexposition im Winter höher als im Sommer. Hier betrug die Differenz  $1906,04 \text{ lx} \times \text{min}$ .

Sowohl bei den jüngeren als auch bei den älteren Probandinnen waren diese Unterschiede außer im Zeitraum zwischen 04:00 Uhr bis 07:59 Uhr und 20:00 Uhr und 23:59 Uhr statistisch signifikant. Die Unterschiede sind in Abbildung 50 noch einmal grafisch dargestellt.

**Tabelle 64 Jahreszeitenvergleich in Bezug auf die mittlere Lichtexposition separat nach Altersgruppen**

Zeitraum	Probandinnengruppe	Jahreszeit	N	Lichtexposition (lx × min)	
				Mittelwert	Standardabweichung
<b>Tag gesamt</b>	Jüngere Probandinnen	Winter	17	187674,54	192605,49
		Sommer	17	5303433,91	4796699,54
	Ältere Probandinnen	Winter	17	641830,69	113654,50
		Sommer	17	11115866,90	8392038,63
<b>04:00 – 07:59 Uhr</b>	Jüngere Probandinnen	Winter	17	322,71	1022,43
		Sommer	17	41214,22	113094,36
	Ältere Probandinnen	Winter	17	0,00	0,00
		Sommer	17	22618,78	79101,27
<b>08:00 – 11:59 Uhr</b>	Jüngere Probandinnen	Winter	17	74381,83	82143,71
		Sommer	17	947254,36	1546749,84
	Ältere Probandinnen	Winter	17	259066,14	489064,84
		Sommer	17	1609080,70	1746537,87
<b>12:00 – 15:59 Uhr</b>	Jüngere Probandinnen	Winter	17	109385,06	154254,38
		Sommer	17	1014382,68	1457248,35
	Ältere Probandinnen	Winter	17	366371,09	667854,66
		Sommer	17	3172944,38	3083504,60
<b>16:00 – 19:59 Uhr</b>	Jüngere Probandinnen	Winter	17	3708,98	12809,78
		Sommer	17	630990,68	770515,46
	Ältere Probandinnen	Winter	17	3448,52	6514,27
		Sommer	17	1069122,50	1448215,30
<b>20:00 – 23:59 Uhr</b>	Jüngere Probandinnen	Winter	17	601,21	507,93
		Sommer	17	30,62	116,80
	Ältere Probandinnen	Winter	17	1920,94	4869,99
		Sommer	17	14,90	61,43

**N = Anzahl an Probandinnen**

**Tabelle 65 Jahreszeitenvergleich in Bezug auf die mittlere Lichtexposition in den Messzeiträumen separat nach Altersgruppen**

Zeitraum Lichtexposition (lx × min)	Probandinnen- gruppe	Jahreszeit	N	Wilcoxon- Test	p
				Z-Wert	
Tag gesamt	Jüngere Probandinnen	Winter	22	151,00	0,000
		Sommer	17		
	Ältere Probandinnen	Winter	18	153,00	0,000
		Sommer	17		
04:00 – 07:59 Uhr	Jüngere Probandinnen	Winter	22	25,00	0,063
		Sommer	17		
	Ältere Probandinnen	Winter	18	3,00	0,180
		Sommer	17		
08:00 – 11:59 Uhr	Jüngere Probandinnen	Winter	22	112,00	0,023
		Sommer	17		
	Ältere Probandinnen	Winter	18	119,00	0,008
		Sommer	17		
12:00 – 15:59 Uhr	Jüngere Probandinnen	Winter	22	135,00	0,006
		Sommer	17		
	Ältere Probandinnen	Winter	18	140,00	0,003
		Sommer	17		
16:00 – 19:59 Uhr	Jüngere Probandinnen	Winter	22	105,00	0,001
		Sommer	17		
	Ältere Probandinnen	Winter	18	103,00	0,002
		Sommer	17		
20:00 – 23:59 Uhr	Jüngere Probandinnen	Winter	22	3,00	0,225
		Sommer	17		
	Ältere Probandinnen	Winter	16	2,00	0,138
		Sommer	16		

**N = Anzahl an Probandinnen, z = Z-Wert, p = Irrtumswahrscheinlichkeit**

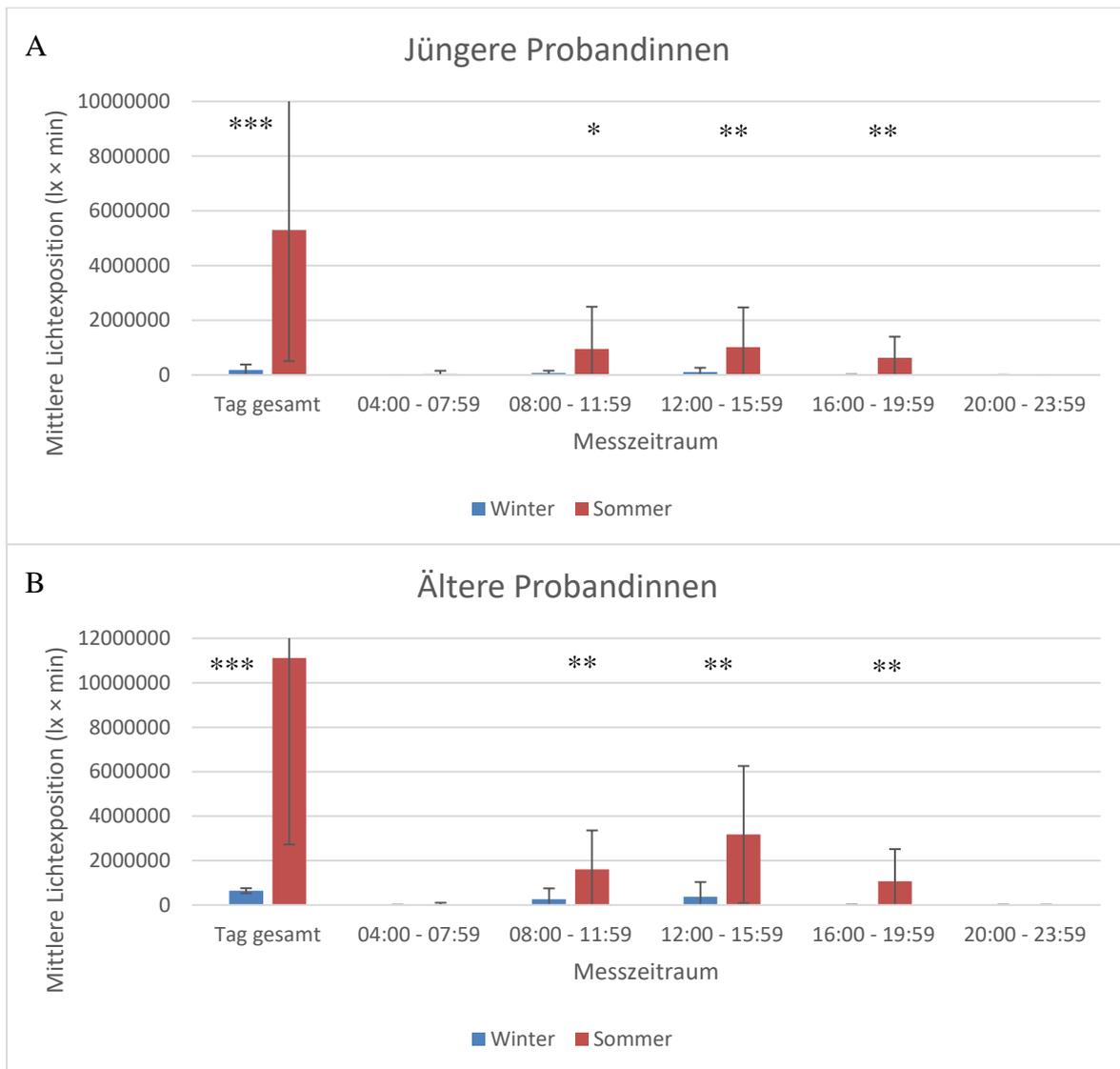


Abbildung 50 Vergleich der beiden Gruppen untereinander in Bezug auf die mittlere Lichtexposition im Sommer und im Winter. A = Jüngere Probandinnen, B = Ältere Probandinnen, \* =  $p < 0,050$ , \*\* =  $p < 0,010$ , \*\*\* =  $p < 0,001$ , angegeben sind Mittelwerte und Standardabweichung

### 6.2.5 Gruppenunterschiede in Bezug auf die Messung der circadianen distalen Hauttemperatur

Mit dem Temperatursensor wurde über die beiden Cortisolsammeltage die distale periphere Hauttemperatur am nicht-dominanten Fuß der Probandinnen gemessen. Anschließend wurde mit Hilfe einer Cosinor-Analyse die Kenngrößen zu den ermittelten Daten berechnet, um die circadiane Rhythmik zu beschreiben. Die hier betrachteten Kenngrößen sind das Tagesmittel ( $^{\circ}\text{C}$ ), das Nachtmittel ( $^{\circ}\text{C}$ ), der Mesor ( $^{\circ}\text{C}$ ), die Amplitude ( $^{\circ}\text{C}$ ) und die Akrophase (Min). Aus den Messwerten der zwei Untersuchungstage wurde jeweils der Mittelwert berechnet.

#### Winter

Tabelle 66 zeigt den Vergleich der jüngeren und älteren Probandinnen in Bezug auf die distale periphere Hauttemperatur im Winter. Es hat sich gezeigt, dass die jüngeren

Probandinnen ein um 0,62°C niedrigeres mittleres Tagesmittel aufweisen als die älteren. Beim Nachtmittel liegt der Mittelwert der Jüngeren um 0,11°C höher als bei den Älteren. Beim Mesor liegt der mittlere Wert der Jüngeren um 0,30°C niedriger als bei den Älteren. Die Amplitude bei 24 Stunden liegt bei den Jüngeren höher. Hier betrug die Differenz 0,74°C. Dieser Unterschied ist statistisch signifikant. Die mittlere Akrophase erreichen die Jüngeren 44,95 Minuten später als die Älteren.

**Tabelle 66 Vergleich der beiden Probandinnengruppen in Bezug auf die circadiane distale Hauttemperatur im Winter**

Probandinnengruppe	N	Variable	Mittelwert	SD	Levene-Test der Varianzgleichheit		t	Z	p
					F	P			
<b>Jüngere Probandinnen</b>	22	Tagesmittel (°C)	30,68	1,66	8,23	0,007	-1,61	-	0,118
<b>Ältere Probandinnen</b>	18		31,30	0,71					
<b>Jüngere Probandinnen</b>	22	Nachtmittel (°C)	34,26	1,55	-	-	-	-0,65	0,514
<b>Ältere Probandinnen</b>	18		34,15	1,20					
<b>Jüngere Probandinnen</b>	22	Mesor (°C)	31,92	1,23	3,50	0,069	-0,94	-	0,356
<b>Ältere Probandinnen</b>	18		32,22	0,72					
<b>Jüngere Probandinnen</b>	21	Amplitude (°C)	2,93	1,01	3,46	0,071	2,60	-	0,014
<b>Ältere Probandinnen</b>	18		2,19	0,72					
<b>Jüngere Probandinnen</b>	22	Akrophase (Uhrzeit)	03:34	95,33 <sup>a)</sup>	0,014	0,906	1,48	-	0,148
<b>Ältere Probandinnen</b>	17		02:49	92,49 <sup>a)</sup>					

N = Anzahl an Probandinnen, F = F-Wert, P = Irrtumswahrscheinlichkeit, Z = Z-Wert, a) Angabe in Minuten

### Sommer

Tabelle 67 zeigt den Vergleich der jüngeren und älteren Probandinnen in Bezug auf die distale periphere Hauttemperatur im Sommer. Es hat sich gezeigt, dass die jüngeren Probandinnen ein um 0,28°C niedrigeres mittleres Tagesmittel und ein um 0,28°C höheres Nachtmittel aufwiesen. Außerdem wiesen sie einen um 0,54°C niedrigeren mittleren Mesor auf. Die mittlere Amplitude bei 24 Stunden lag bei den Jüngeren um 0,60°C höher. Weiterhin

erreichten die jüngeren Probandinnen die Akrophase 114,73 Minuten später als die älteren Probandinnen. Dieser Unterschied ist statistisch signifikant.

**Tabelle 67 Vergleich der beiden Probandinnengruppen in Bezug auf die circadiane distale Hauttemperatur im Sommer**

Probandinnengruppe	N	Variable	Mittelwert	SD	Levene-Test der Varianzgleichheit		t	Z	p
					F	P			
<b>Jüngere Probandinnen</b>	17	Tagesmittel (°C)	31,18	1,81	-	-	-	-0,22	0,829
<b>Ältere Probandinnen</b>	16		31,46	1,57					
<b>Jüngere Probandinnen</b>	17	Nachtmittel (°C)	34,38	0,90	-	-	-	-1,14	0,256
<b>Ältere Probandinnen</b>	16		34,10	0,97					
<b>Jüngere Probandinnen</b>	17	Mesor (°C)	32,21	1,33	-	-	-	-0,50	0,614
<b>Ältere Probandinnen</b>	16		32,75	1,24					
<b>Jüngere Probandinnen</b>	17	Amplitude bei 24 Std. (°C)	2,26	1,07	0,81	0,376	1,84	-	0,076
<b>Ältere Probandinnen</b>	15		1,66	0,68					
<b>Jüngere Probandinnen</b>	17	Akrophase bei 24 Std. (min)	1696,29	131,08	0,06	0,81	2,57	-	0,015
<b>Ältere Probandinnen</b>	15		1581,56	119,68					

N = Anzahl an Probandinnen, F = F-Wert, p = Irrtumswahrscheinlichkeit, Z = Z-Wert

Jahreszeitenvergleich in Bezug auf die circadiane distale Hauttemperatur separat nach Altersgruppen

Tabelle 68 zeigt den Vergleich der jüngeren und älteren Probandinnen in Bezug auf die distale periphere Hauttemperatur im Winter und im Sommer.

Die Jüngeren wiesen im Winter ein um 0,51°C niedrigeres mittleres Tagesmittel auf als im Sommer. Auch das mittlere Nachtmittel lag mit 34,05°C um 0,33°C niedriger als im Sommer. Der Mesor lag im Winter ebenfalls niedriger als im Sommer. Hier betrug die Differenz 0,32°C. Die mittlere Amplitude hingegen war im Winter um 0,58°C höher als im Sommer. Dieser Unterschied ist statistisch signifikant. Die mittlere Akrophase erreichten die jüngeren Probandinnen im Winter 33,27 Minuten später als im Sommer.

Die älteren Probandinnen wiesen im Winter ein um 0,24°C niedrigeres mittleres Tagesmittel auf und ein um 0,04°C höheres mittleres Nachtmittel. Außerdem war der mittlere Mesor im Winter um 0,60°C niedriger als im Sommer. Die mittlere Amplitude lag bei den Älteren um 0,67°C höher als im Sommer. Die mittlere Akrophase erreichten sie im Winter um 38,61

Minuten später als im Sommer. Keiner der Unterschiede bei den älteren Probandinnen war statistisch signifikant.

**Tabelle 68 Jahreszeitenvergleich in Bezug auf die distale periphere Hauttemperatur separat nach Altersgruppen**

Variable	Probandinnen- gruppe	Jahreszeit	N	Mittelwert	SD	t	Z	p
Tagesmittel (°C)	Jüngere Probandinnen	Winter	17	30,67	1,84	-1,27	-	0,224
		Sommer	17	31,18	1,81			
	Ältere Probandinnen	Winter	16	31,22	0,68	-	73,00	0,460 <sup>b)</sup>
		Sommer	16	31,46	1,57			
Nachtmittel (°C)	Jüngere Probandinnen	Winter	17	34,05	1,71	-	92,00	0,463
		Sommer	17	34,38	0,90			
	Ältere Probandinnen	Winter	16	34,14	1,15	2,82	-	0,140
		Sommer	16	34,10	0,97			
Mesor (°C)	Jüngere Probandinnen	Winter	17	31,89	1,38	-0,98	-	0,340
		Sommer	17	32,21	1,33			
	Ältere Probandinnen	Winter	16	32,15	0,68	-	99,00	0,109
		Sommer	16	32,75	1,24			
Amplitude bei 24 Std. (°C)	Jüngere Probandinnen	Winter	17	2,84	1,04	2,71	-	0,015
		Sommer	17	2,26	1,07			
	Ältere Probandinnen	Winter	15	2,33	0,66	1,81	-	0,093
		Sommer	15	1,66	0,68			
Akrophase bei 24 Std. (min)	Jüngere Probandinnen	Winter	17	1663,02	105,00	-1,26	-	0,227
		Sommer	18	1696,29	131,08			
	Ältere Probandinnen	Winter	14	1603,28	95,12	0,20	-	0,846
		Sommer	14	1564,67	104,01			

N = Anzahl an Probandinnen, t = T-Wert, p = Irrtumswahrscheinlichkeit, Z = Z-Wert

### 6.3 Zusammenhänge zwischen den untersuchten Variablen

In der dritten und vierten Fragestellung sollen Zusammenhänge zwischen den Variablen untersucht werden. Diese wurden mit Hilfe von Korrelationsanalysen ermittelt. Aufgrund der Vielzahl an Variablen werden hier nur ausgewählte Zusammenhänge betrachtet. Die Kriterien der Auswahl waren Relevanz und die Sinnhaftigkeit der Zusammenhänge.

3. Gibt es einen Zusammenhang zwischen Cortisol- und CRP-Konzentrationen? Liegen Altersunterschiede vor?

4. Gibt es einen Zusammenhang zwischen der jahreszeitlichen Sonneneinstrahlung und der Cortisol- sowie der CRP-Konzentration?

### **6.3.1 Zusammenhänge zwischen der CRP-Konzentration und anthropometrischen Merkmalen sowie der Fettmasse**

Es wurde festgestellt, dass auch Fettzellen in der Lage sind, CRP zu produzieren. Außerdem gehen Übergewicht und ein hoher Körperfettanteil häufig mit entzündlichen Krankheiten einher. Daher war es interessant, den Zusammenhang zwischen den mittleren CRP-Werten und anthropometrischen Merkmalen sowie des Körperfettanteils zu untersuchen. Alle Korrelationskoeffizienten sind in Anhang A 32 und A 33 aufgelistet.

#### Winter

Für die jüngeren Probandinnen konnte ein tendenzieller mittlerer Zusammenhang zwischen der mittleren CRP-Konzentration und dem prozentualen Körperfettanteil mit  $r_s = 0,61$  gefunden werden.

Bei den älteren Probandinnen konnten für die mittlere CRP-Konzentration und dem mittleren Körpergewicht ( $r_s = 0,56$ ) und für den mittleren Bauchumfang ( $r_s = 0,60$ ) ein mittlerer statistisch signifikanter Zusammenhang gefunden werden. Der Zusammenhang zwischen der mittleren CRP-Konzentration und dem BMI wies mit  $r_s = 0,52$  lediglich eine mittlere Tendenz auf. Die Zusammenhänge sind in Abbildung 51 dargestellt.

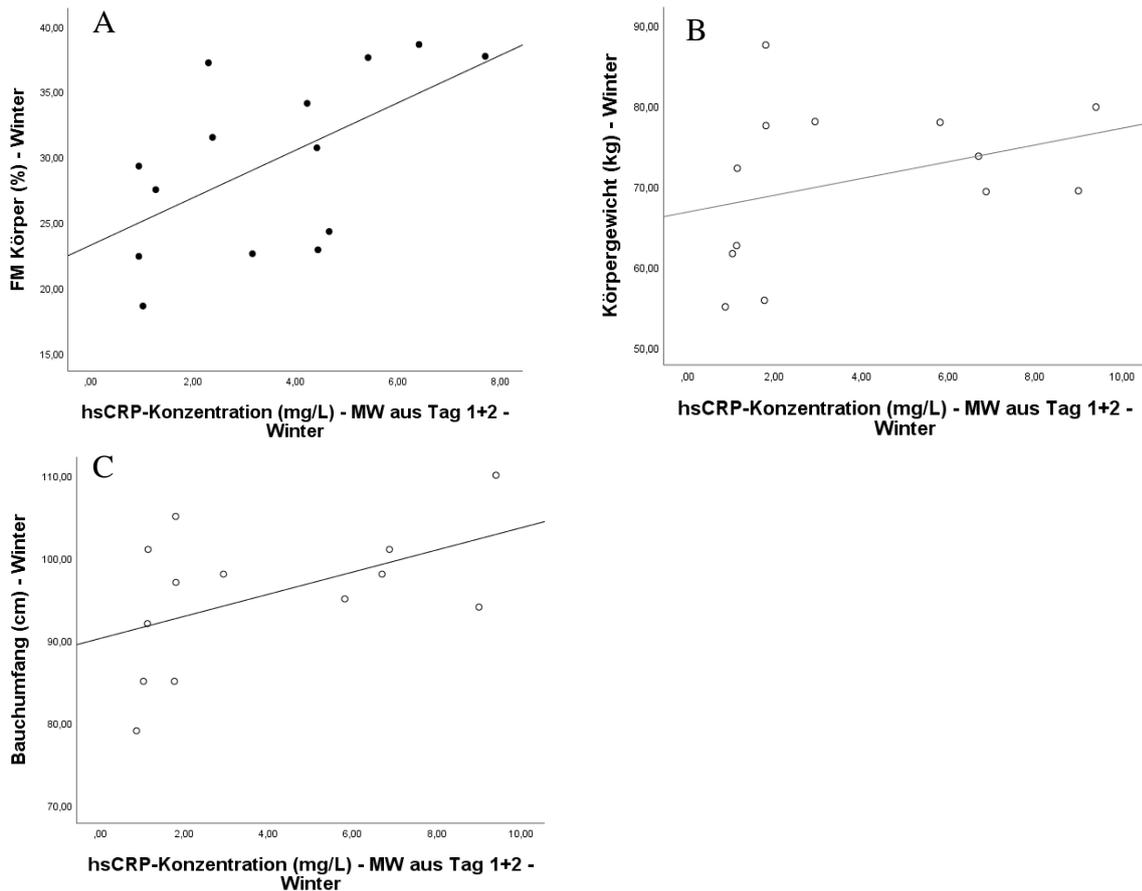
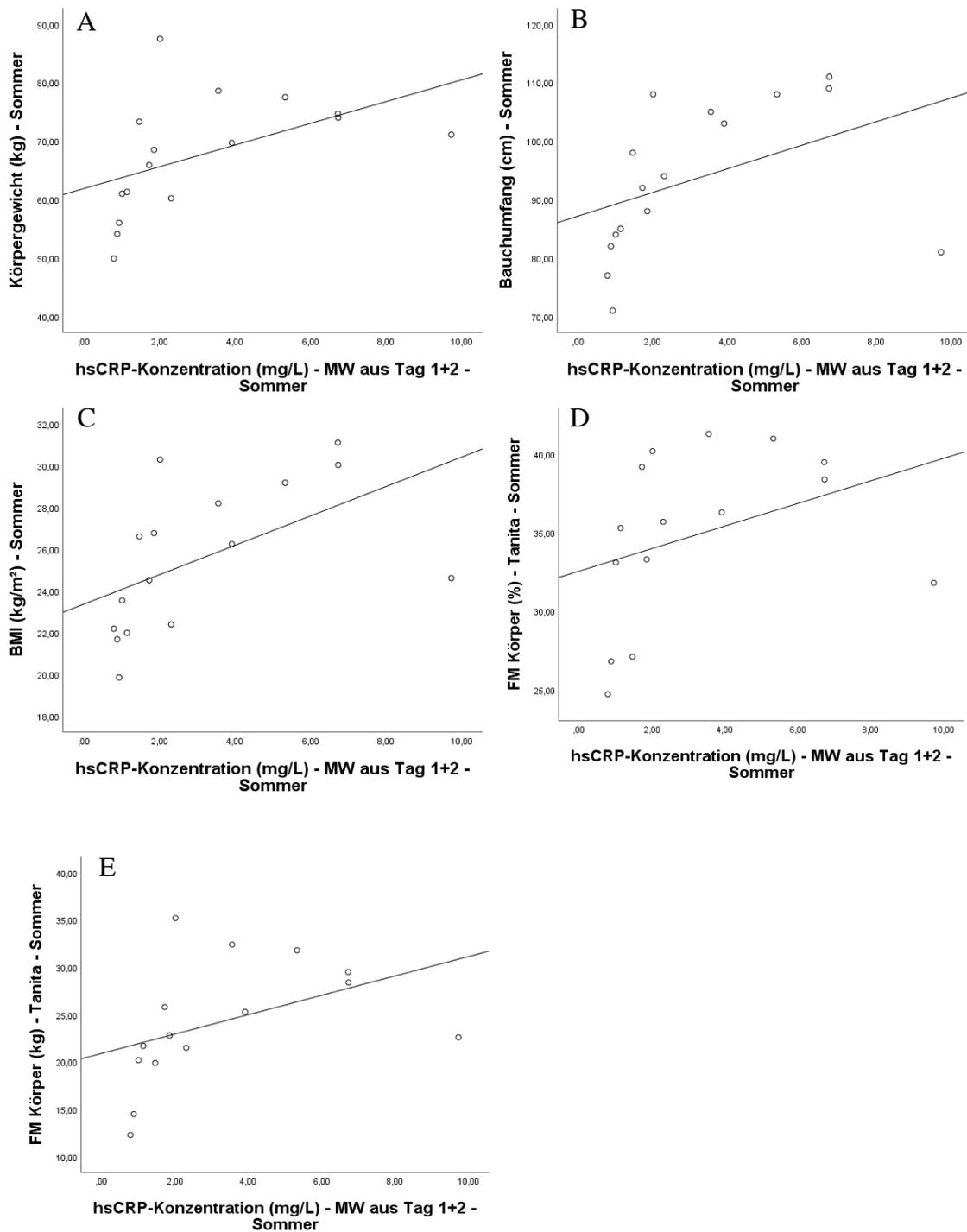


Abbildung 51 Zusammenhang zwischen der CRP-Konzentration und anthropometrischen Merkmalen im Winter. A) Zusammenhang zwischen CRP-Konzentration und der prozentualen Fettmasse bei jüngeren Probandinnen ( $r_s = 0,61$ ,  $p = 0,021$ ), B) Zusammenhang zwischen CRP-Konzentration und dem Körpergewicht bei älteren Probandinnen ( $r_s = 0,56$ ,  $p = 0,046$ ), C) Zusammenhang zwischen CRP-Konzentration und dem Bauchumfang bei älteren Probandinnen ( $r_s = 0,60$ ,  $p = 0,032$ ), MW = Mittelwert, hsCRP = hoch sensitives C-reaktives Protein, FM = Fettmasse

### Sommer

Bei den jüngeren Probandinnen konnte im Sommer kein signifikanter Zusammenhang zwischen der mittleren CRP-Konzentration und den anthropologischen Merkmalen sowie der Fettmasse gefunden werden.

Im Sommer wiesen die älteren Probandinnen ähnliche Zusammenhänge auf wie im Winter. Hier konnte ein mittlerer Zusammenhang zwischen der mittleren CRP-Konzentration und dem mittleren Bauchumfang in cm ( $r_s = 0,67$ ) sowie der mittleren prozentualen Fettmasse ( $r_s = 0,57$ ) und der mittleren Fettmasse in kg ( $r_s = 0,67$ ) gefunden werden. Außerdem wurde eine hohe Korrelation zwischen der mittleren CRP-Konzentration und dem mittleren Körpergewicht in kg ( $r_s = 0,73$ ) und dem mittleren BMI ( $r_s = 0,73$ ) gefunden werden. Dies ist in Abbildung 52 dargestellt.



**Abbildung 52** Zusammenhang zwischen der mittleren CRP-Konzentration und verschiedenen anthropometrischen Merkmalen bei älteren Probandinnen im Sommer. A) Zusammenhang zwischen mit CRP-Konzentration und Körpergewicht in ( $r_s = 0,73$ ,  $p = 0,001$ ), B) Zusammenhang zwischen CRP-Konzentration und dem Bauchumfang ( $r_s = 0,67$ ,  $p = 0,004$ ), C) Zusammenhang zwischen CRP-Konzentration und dem BMI ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) ( $r_s = 0,73$ ,  $p = 0,001$ ), D) Zusammenhang zwischen CRP-Konzentration und der prozentualen Fettmasse ( $r_s = 0,57$ ,  $p = 0,026$ ), E) Zusammenhang zwischen CRP-Konzentration und der Fettmasse in kg ( $r_s = 0,67$ ,  $p = 0,007$ ), MW = Mittelwert, FM = Fettmasse, hsCRP = hoch sensitives C-reaktives Protein, BMI = Body-Mass-Index

### 6.3.2 Zusammenhänge zwischen der Cortisol-Konzentration und anthropometrischen Merkmalen sowie der Fettmasse

Alle Korrelationskoeffizienten sind in Anhang A 34 bis A 37 aufgelistet.

#### Winter

Bei den jüngeren Probandinnen konnte ein niedriger signifikanter Zusammenhang zwischen der Speichelcortisolkonzentration zum Zeitpunkt T<sub>45</sub> und dem Körpergewicht in kg ( $r_s = 0,47$ ) sowie ein mittlerer Zusammenhang mit dem BMI ( $r_s = 0,52$ ) gefunden werden. Zum Zeitpunkt T<sub>60</sub> konnte jeweils eine niedrige Tendenz zwischen der Speichelcortisolkonzentration und dem Körpergewicht in kg ( $r_s = 0,45$ ) und dem BMI ( $r_s = 0,47$ ) gefunden werden.

Bei den älteren Probandinnen konnte kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen den Speichelcortisolkonzentrationen und den ausgewählten anthropometrischen Merkmalen sowie der Körperfettmasse festgestellt werden. Dies ist in Abbildung 53 dargestellt.

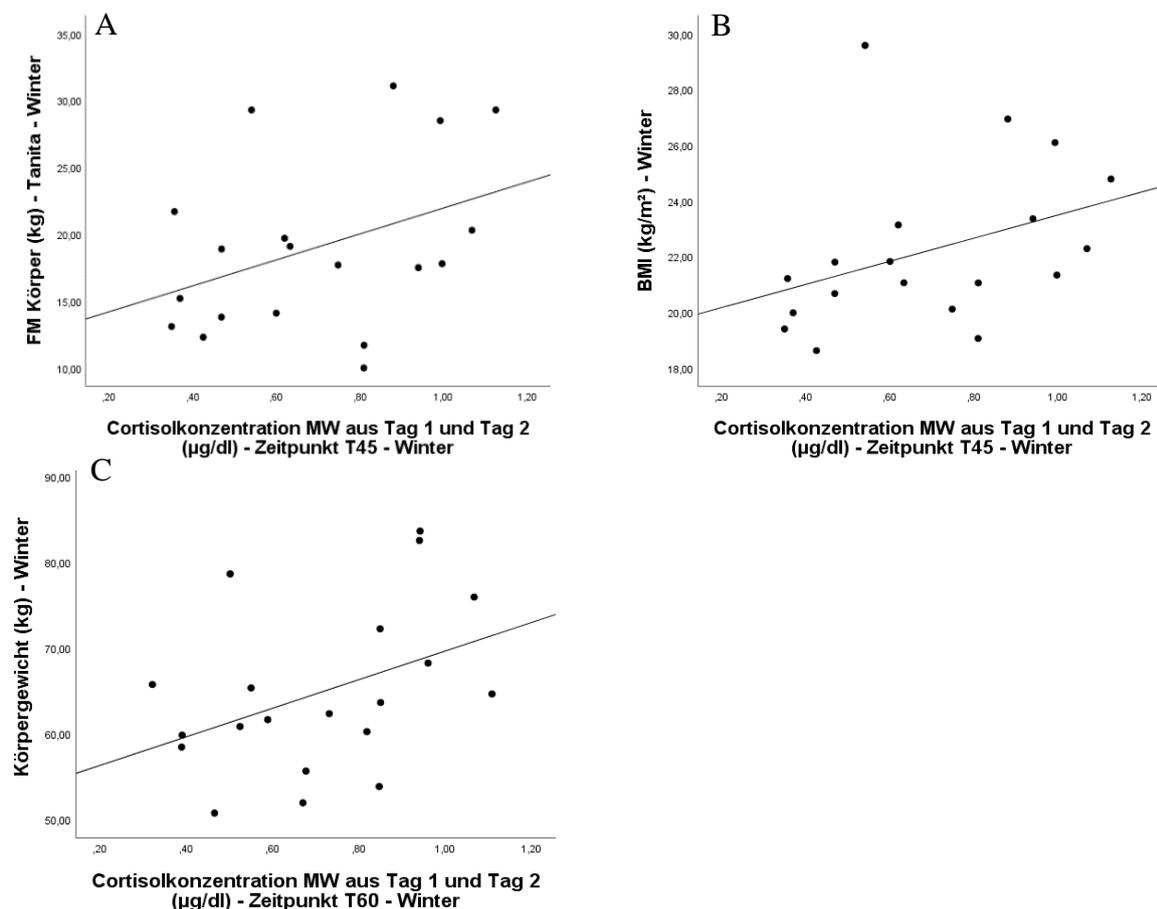


Abbildung 53 Zusammenhang zwischen den Speichelcortisolkonzentrationen und Körpergewicht sowie BMI bei jüngeren Probandinnen im Winter. A) Zusammenhang zwischen Speichelcortisolkonzentration zum Zeitpunkt T<sub>45</sub> Körpergewicht in ( $r_s = 0,47$ ,  $p = 0,041$ ), B) Zusammenhang zwischen Speichelcortisolkonzentration zum Zeitpunkt T<sub>45</sub> und dem BMI ( $r_s = 0,52$ ,  $p = 0,023$ ), C) Zusammenhang zwischen Speichelcortisolkonzentration zum Zeitpunkt T<sub>60</sub> und dem Körpergewicht in kg ( $r_s = 0,45$ ,  $p = 0,047$ ), MW = Mittelwert, BMI = Body-Mass-Index, FM = Fettmasse

## Sommer

Bei den Jüngeren konnte ein niedriger Zusammenhang zwischen Der CAR und dem Körpergewicht in kg gefunden werden ( $r_s = 0,49$ ).

Bei den Älteren konnte ein mittlerer Zusammenhang zwischen der DC1 und dem Körpergewicht in kg ( $r_s = -0,53$ ) gefunden werden. Dieser erreicht jedoch keine statistische Signifikanz. Dies ist in Abbildung 54 dargestellt.

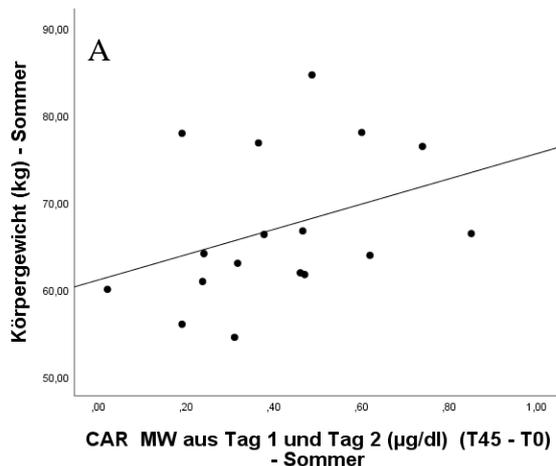


Abbildung 54 Zusammenhang zwischen der CAR und dem Körpergewicht bei jüngeren Probandinnen im Sommer ( $r_s = 0,49$ ,  $p = 0,048$ ), MW = Mittelwert, FM = Fettmasse, CAR = Cortisolaufwachreaktion

### **6.3.3 Zusammenhänge zwischen Haarcortisol und Speichelcortisol**

Um zu überprüfen, ob es einen Zusammenhang zwischen der Haarcortisol- und Speichelcortisol-Konzentration gibt, wurden Korrelationsanalysen durchgeführt. Die Korrelationskoeffizienten sind in Anhang A 38 zu finden

Für die beiden Probandinnengruppen konnte im Winter und im Sommer kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen den Speichelcortisolkonzentrationen zu den verschiedenen Sammelzeitpunkten und der Haarcortisolkonzentration gefunden werden.

### **6.3.4 Zusammenhang zwischen Cortisol- und CRP-Konzentrationen**

Anhand der beiden Probandinnengruppen sollte überprüft werden, ob es einen Zusammenhang zwischen Speichelcortisol- und CRP-Konzentrationen und Haarcortisol und CRP-Konzentrationen gibt, und ob Altersunterschiede vorliegen. Alle Korrelationskoeffizienten sind in Anhang A 39 aufgelistet.

#### **6.3.4.1 Zusammenhang zwischen Speichelcortisol- und CRP-Konzentrationen**

##### Winter

Im Winter konnte bei den Jüngeren ein hoher Zusammenhang zwischen der Speichelcortisolkonzentration zum Zeitpunkt  $T_{\text{Abend}}$  und der mittleren CRP-Konzentration ( $r_s = 0,79$ ) gefunden werden. Dieser Zusammenhang ist statistisch signifikant.

Bei den Älteren konnten jeweils mittlere Tendenzen zwischen der mittleren CRP-Konzentration und dem Speichelcortisolkonzentration zum Zeitpunkt  $T_0$  ( $r_s = 0,56$ ) und  $T_{30}$  ( $r_s = 0,60$ ) gefunden werden. Dies ist in Abbildung 55 dargestellt.

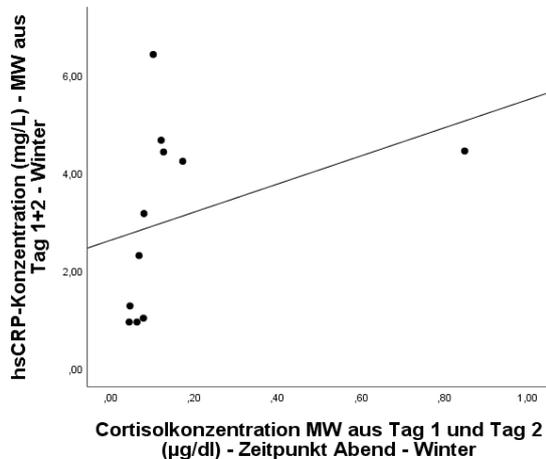


Abbildung 55 Zusammenhang zwischen der Cortisolkonzentration zum Zeitpunkt  $T_{\text{Abend}}$  und der CRP-Konzentration bei jüngeren Probandinnen im Winter ( $r_s = 0,79$ ,  $p = 0,004$ ), hsCRP = hoch sensitives C-reaktives Protein

### Sommer

Im Sommer konnte für die jüngeren Probandinnen kein signifikanter Zusammenhang zwischen Speichelcortisolkonzentrationen und der mittleren CRP-Konzentration gefunden werden.

Bei den älteren Probandinnen hat sich gezeigt, dass es mit  $r_s = -0,73$  eine hohe Korrelation zwischen der Speichelcortisolkonzentration zum Zeitpunkt  $T_0$  und der DC1 mit  $r_s = -0,71$  und der mittleren CRP-Konzentration gibt. Dies ist in Abbildung 56 dargestellt.

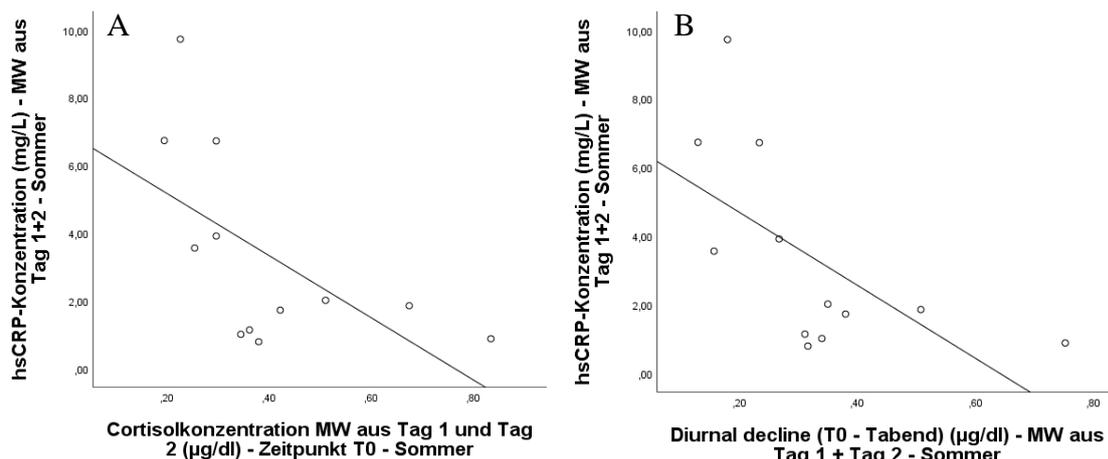


Abbildung 56 A) Zusammenhang zwischen der Speichelcortisolkonzentration zum Zeitpunkt  $T_0$  und der mittleren CRP-Konzentration im Sommer bei älteren Probandinnen ( $r_s = -0,73$ ,  $p = 0,004$ ), B) Zusammenhang zwischen der Speichelcortisolkonzentration der DC1 und der mittleren CRP-Konzentration ( $r_s = -0,71$ ,  $p = 0,010$ ), MW = Mittelwert, hsCRP = hoch sensitives C-reaktives Protein

### 6.3.4.2 Zusammenhang zwischen Haarcortisol- und CRP-Konzentrationen

Es konnten weder im Winter noch im Sommer statistisch signifikante Zusammenhänge zwischen Haarcortisol und mittleren CRP-Konzentrationen ermittelt werden (Anhang A 40).

Die Jüngeren wiesen im Winter sehr geringen Zusammenhang auf ( $r_s = -0,11$ ) und im Sommer einen geringen Zusammenhang ( $r_s = 0,44$ ). Die Älteren wiesen im Winter und im Sommer einen sehr geringen Zusammenhang auf ( $r_s = 0,04$ ,  $r_s = 0,07$ ).

### 6.3.5 Zusammenhang zwischen der jahreszeitlichen Sonneneinstrahlung und der Cortisol- und CRP-Konzentration

Die Cortisol- und CRP-Konzentrationen wurden mit den Daten zu Sonnenauf- und Sonnenuntergang, der Tageslänge, der Lichtstrommenge in den verschiedenen Zeiträumen sowie der Lichtexposition zu den verschiedenen Zeiträumen im Winter und im Sommer korreliert. Die Cortisolkonzentration wird durch Uhrengene gesteuert wird, welche durch Sonnenlicht beeinflusst werden. Die CRP-Konzentration unterliegt jahreszeitlichen Schwankungen. Daher ist es von Interesse, ob es auch zwischen CRP-Konzentrationen und Sonneneinstrahlung einen Zusammenhang gibt und ob Altersunterschiede vorliegen. Die Korrelationskoeffizienten für alle Korrelationen sind in Anhang A 41 bis A 59 zu finden.

#### 6.3.5.1 Zusammenhang zwischen der Haarcortisolkonzentration und dem Sonnenauf-, dem Sonnenuntergang und der Tageslänge

In diesem Abschnitt wurden Mittelwerte von Tag 1 und Tag 2 miteinander korreliert.

##### Winter

Bei den jüngeren Probandinnen konnten keine statistisch signifikanten Zusammenhänge gefunden werden.

Bei den älteren Probandinnen konnte ein mittlerer statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der Haarcortisolkonzentration und den Sonnenuntergang mit  $r_s = -0,52$  gefunden werden. Dies ist in Abbildung 57 dargestellt.

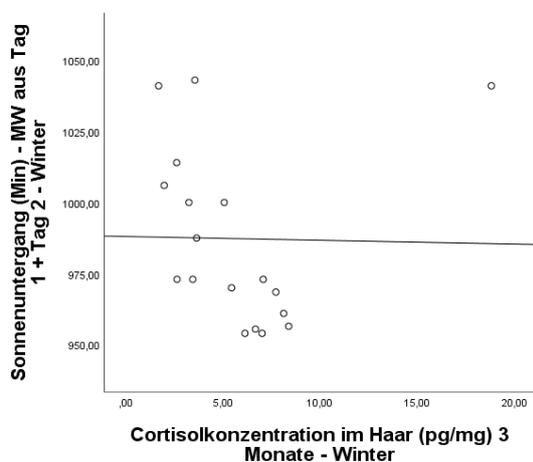


Abbildung 57 Zusammenhang zwischen der Haarcortisolkonzentration und dem Sonnenuntergang im Winter bei älteren Probandinnen ( $r_s = -0,52$ ,  $p = 0,026$ ), MW = Mittelwert

## Sommer

Bei den jüngeren Probandinnen konnte ein mittlerer statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der Haarcortisolkonzentration und dem Sonnenuntergang mit  $r_s = -0,53$  und ein geringer statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der Haarcortisolkonzentration und der Tageslänge mit  $r_s = -0,48$  gefunden werden.

Bei den älteren Probandinnen konnte im Sommer kein statistisch signifikanter Zusammenhang festgestellt werden. Dies ist in Abbildung 58 dargestellt.

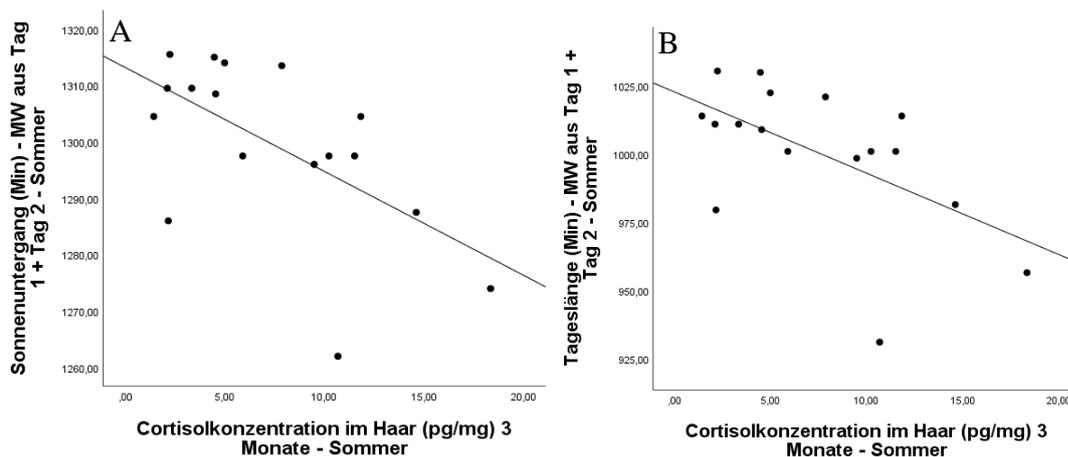


Abbildung 58 A) Zusammenhang zwischen der Haarcortisolkonzentration und dem Sonnenuntergang bei jüngeren Probandinnen im Sommer ( $r_s = -0,53$ ,  $p = 0,028$ ), B) Zusammenhang zwischen der Haarcortisolkonzentration und der Tageslänge bei jüngeren Probandinnen im Sommer ( $r_s = -0,48$ ,  $p = 0,049$ ), MW = Mittelwert, Min = Minuten

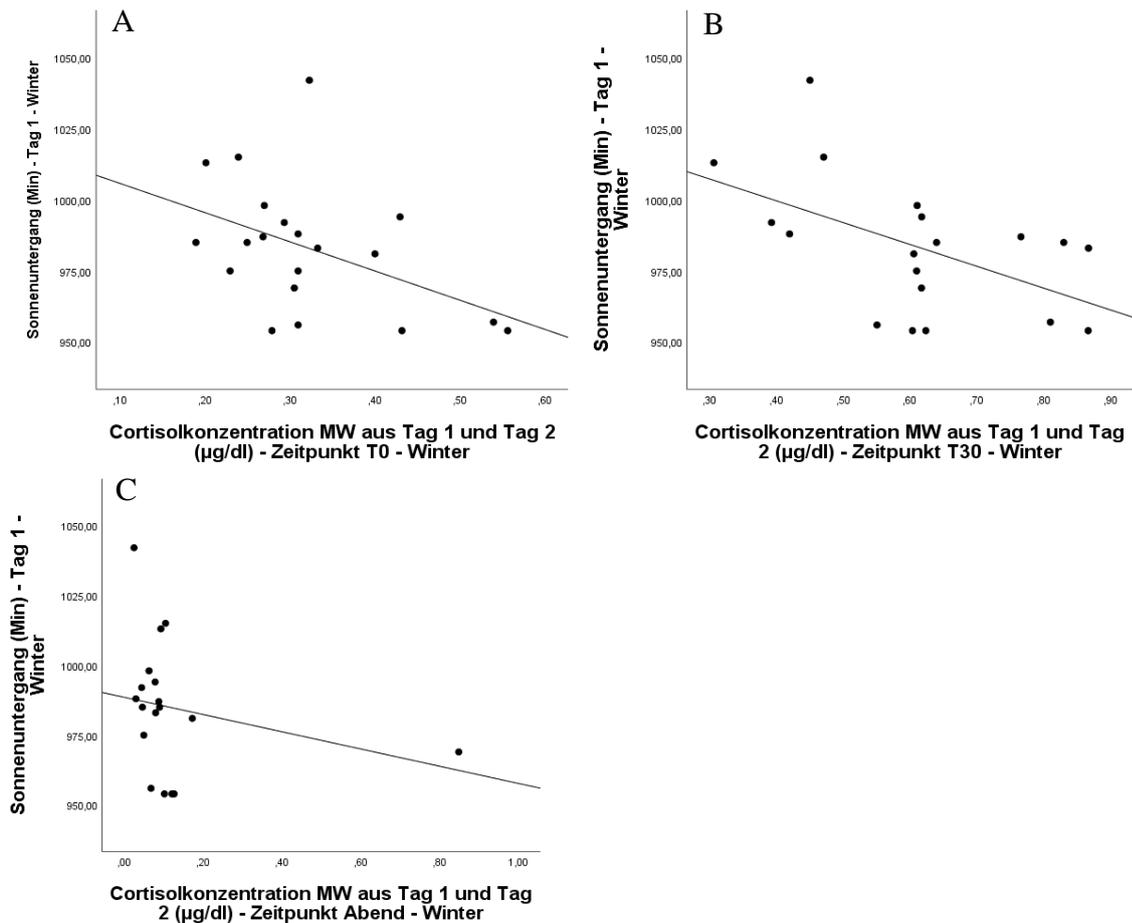
### 6.3.5.2 Zusammenhang zwischen den Speichelcortisolkonzentrationen und dem Sonnenauf- und Sonnenuntergang und der Tageslänge

In diesem Abschnitt wurde nur der Sonnenauf- und Sonnenuntergang sowie die Tageslänge von Tag 1 miteinander korreliert.

## Winter

Bei den jüngeren Probandinnen gab es einen statistisch signifikanten geringen Zusammenhang zwischen dem Sonnenuntergang und der Speichelcortisolkonzentration zum Zeitpunkt  $T_0$  ( $r_s = -0,49$ ). Zum Zeitpunkt  $T_{30}$  ( $r_s = -0,50$ ) und  $T_{Abend}$  ( $r_s = -0,53$ ) waren es mittlere Zusammenhänge.

Bei den älteren Probandinnen konnte zwei mittlere Tendenzen zwischen dem Sonnenuntergang und dem Zeitpunkt  $T_{Abend}$  ( $r_s = -0,58$ ) und zwischen der Tageslänge und dem Zeitpunkt  $T_{Abend}$  ( $r_s = -0,54$ ) gefunden werden. Die Zusammenhänge sind in Abbildung 59 dargestellt.



**Abbildung 59** Zusammenhang zwischen den Speichelcortisolkonzentrationen und dem Sonnenauf- und Sonnenuntergang und der Tageslänge im Winter. A) Speichelcortisolkonzentration zum Zeitpunkt T<sub>0</sub> und dem Sonnenuntergang ( $r_s = -0,49$ ,  $p = 0,047$ ), B) Speichelcortisolkonzentration zum Zeitpunkt T<sub>30</sub> und dem Sonnenuntergang ( $r_s = -0,50$ ,  $p = 0,036$ ), C) Speichelcortisolkonzentration zum Zeitpunkt T<sub>Abend</sub> und dem Sonnenuntergang ( $r_s = -0,53$ ,  $p = 0,028$ ), MW = Mittelwert, Min = Minuten

### Sommer

Im Sommer konnten bei den Jüngeren keine statistisch signifikanten Zusammenhänge gefunden werden.

Bei den Älteren konnten mittlere Zusammenhänge zwischen dem Speichelcortisolzeitpunkt T<sub>0</sub> und dem Sonnenaufgang ( $r_s = 0,57$ ), dem Zeitpunkt T<sub>0</sub> und der Tageslänge ( $r_s = -0,52$ ), der DC1 und dem Sonnenaufgang ( $r_s = 0,52$ ) und der DC1 und dem Sonnenuntergang ( $r_s = -0,54$ ) gefunden werden. Von diesen Zusammenhängen erreichte nur der Erste statistische Signifikanz. Dies ist in Abbildung 60 dargestellt.

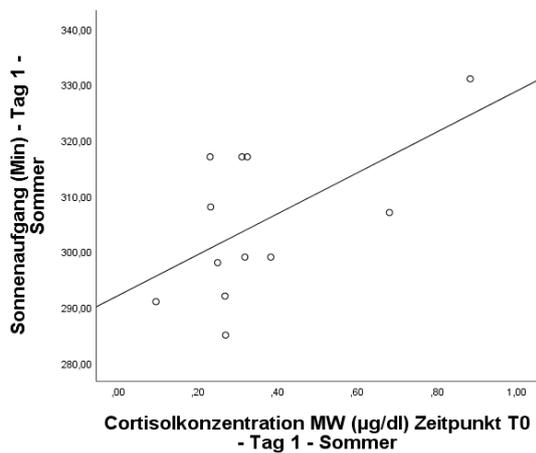


Abbildung 60 Zusammenhang zwischen der Speichelcortisolkonzentration zum Zeitpunkt T<sub>0</sub> und dem Sonnenaufgang an Tag 1 bei älteren Probandinnen im Sommer, Min = Minuten, MW = Mittelwert

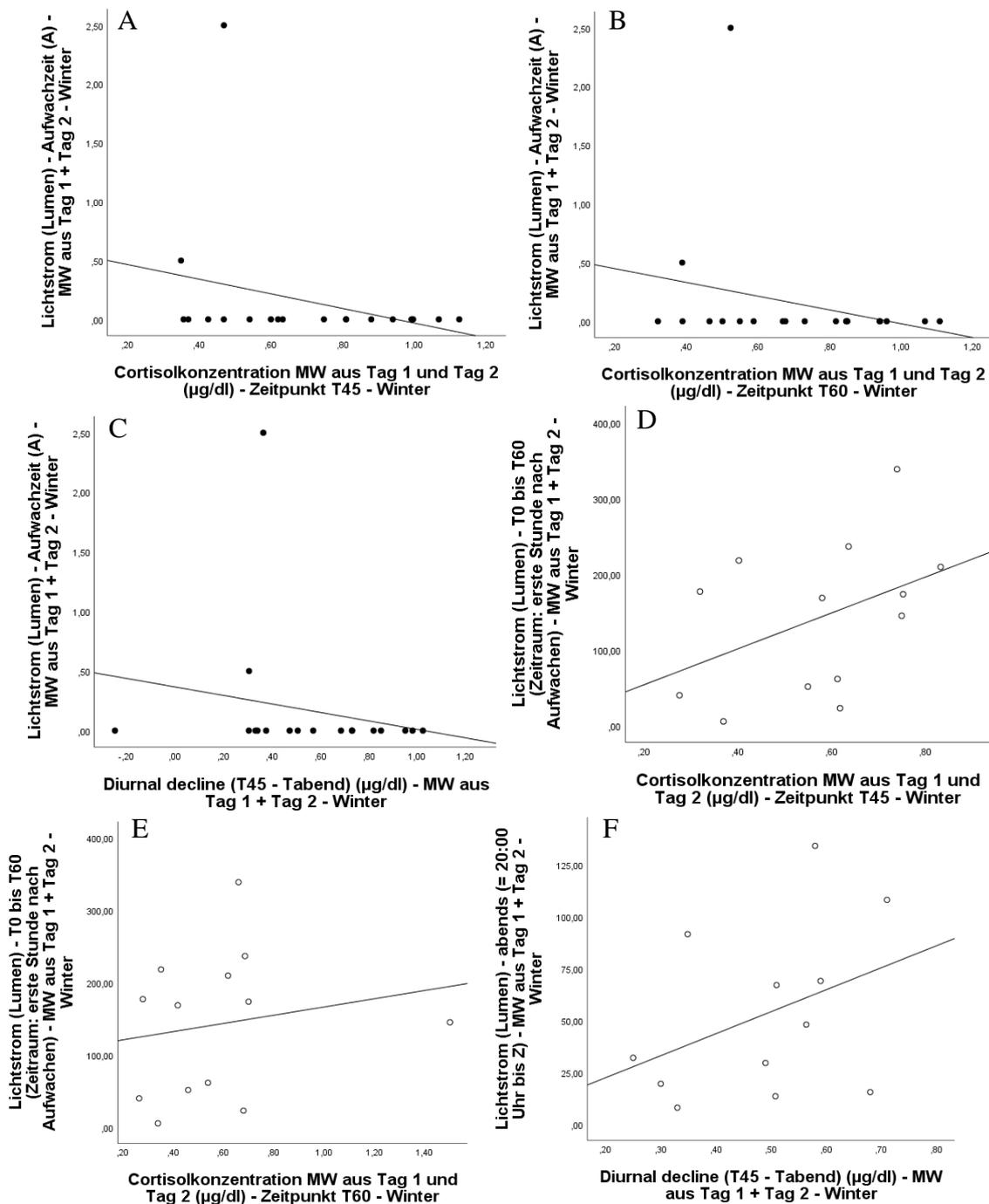
### 6.3.5.3 Zusammenhang zwischen den Speichelcortisolkonzentrationen und der Lichtstrommenge

#### Winter

Bei den jüngeren Probandinnen konnten zwei mittlere statistisch signifikante Korrelation gefunden werden. Es gab einen Zusammenhang zwischen der Lichtstrommenge beim Aufwachen und der Speichelcortisolkonzentration zum Zeitpunkt T<sub>45</sub> mit  $r_s = -0,56$  und einen zwischen dem Aufwachen und der Speichelkonzentration zum Zeitpunkt T<sub>60</sub> mit  $r_s = -0,52$ . Ein weiterer signifikanter Zusammenhang konnte zwischen der DC2 und dem Lichtstrom zum Aufwachen gefunden werden ( $r_s = -0,49$ ). Dieser war jedoch gering.

Die älteren Probandinnen wiesen mittlere statistisch signifikante Zusammenhänge zwischen der Lichtstrommenge während der ersten Stunde nach dem Aufwachen und dem Speichelcortisolzeitpunkt T<sub>30</sub> ( $r_s = 0,52$ ), T<sub>45</sub> ( $r_s = 0,56$ ), T<sub>60</sub> ( $r_s = 0,59$ ) und der DC2 ( $r_s = 0,50$ ) auf. Außerdem gab es einen mittleren Zusammenhang zwischen der DC2 und der Lichtstrommenge am Abend, welcher jedoch keine statistische Signifikanz erreichte.

Dies ist in Abbildung 61 dargestellt.



**Abbildung 61** Zusammenhänge zwischen der mittleren Lichtstrommenge und der Speichelcortisolkonzentration zu verschiedenen Zeitpunkten im Winter. A) Zusammenhang zwischen dem mittleren Lichtstrom während des Aufwachens und der Speichelcortisolkonzentration T<sub>45</sub> bei jüngeren Probandinnen ( $r_s = -0,56$ ,  $p = 0,021$ ), B) Zusammenhang zwischen dem mittleren Lichtstrom während des Aufwachens und der Speichelcortisolkonzentration zum Zeitpunkt T<sub>60</sub> bei jüngeren Probandinnen ( $r_s = -0,562$ ,  $p = 0,034$ ), C) Zusammenhang zwischen dem mittleren Lichtstrom während des Aufwachens und der DC2 bei jüngeren Probandinnen ( $r_s = -0,49$ ,  $p = 0,048$ ), D) Zusammenhang zwischen dem mittleren Lichtstrom während der ersten Stunde nach dem Aufwachen und der Speichelcortisolkonzentration zum Zeitpunkt T<sub>45</sub> bei älteren Probandinnen ( $r_s = 0,56$ ,  $p = 0,046$ ), E) Zusammenhang zwischen dem mittleren Lichtstrom während der ersten Stunde nach dem Aufwachen und der Speichelcortisolkonzentration zum Zeitpunkt T<sub>60</sub> bei älteren Probandinnen ( $r_s = 0,59$ ,  $p = 0,035$ ), F) Zusammenhang zwischen dem mittleren Lichtstrom abends und der DC2 ( $r_s = 0,58$ ,  $p = 0,039$ ), MW = Mittelwert, DC2 = Tagesabfall 2

### Sommer

Bei beiden Probandinnengruppen konnten keine statistisch signifikanten Zusammenhänge gefunden werden.

#### **6.3.5.4 Zusammenhang zwischen den Speichelcortisolkonzentrationen und der Lichtexposition ( $lx \times min$ )**

### Winter

Bei den jüngeren und älteren Probandinnen konnte im Winter kein statistisch signifikanter Zusammenhang gefunden werden.

### Sommer

Bei den jüngeren Probandinnen zeigte sich zwischen der Lichtexposition von 08:00 Uhr bis 11:59 Uhr und dem Speichelcortisol-Zeitpunkt  $T_0$ ,  $T_{30}$ ,  $T_{45}$  und  $T_{60}$  bei jüngeren Probandinnen ein mittlerer statistisch signifikanter Zusammenhang mit  $r_s = 0,51$ ,  $r_s = 0,51$ ,  $r_s = 0,67$  und  $r_s = 0,65$ . Zusätzlich besteht hier auch mittlere statistisch signifikante Korrelation zwischen dem erwähnten Lichtexpositionszeitraum und der DC2 mit  $r_s = 0,54$ . Bei den älteren Probandinnen konnte zwischen der Lichtexposition über den gesamten Tag und dem Speichelcortisolzeitpunkt  $T_0$  eine statistisch signifikante Korrelation mit  $r_s = -0,61$  gefunden werden. Außerdem konnten mittlere Zusammenhänge zwischen der DC1 und dem Zeitraum der Lichtexposition von 12:00 Uhr bis 15:59 Uhr mit  $r_s = -0,70$  und der DC2 und zwischen der DC2 und dem Lichtexpositionszeitraum 16:00 Uhr bis 19:59 Uhr mit  $r_s = -0,53$  gefunden werden. Dies ist in Abbildung 62 dargestellt.

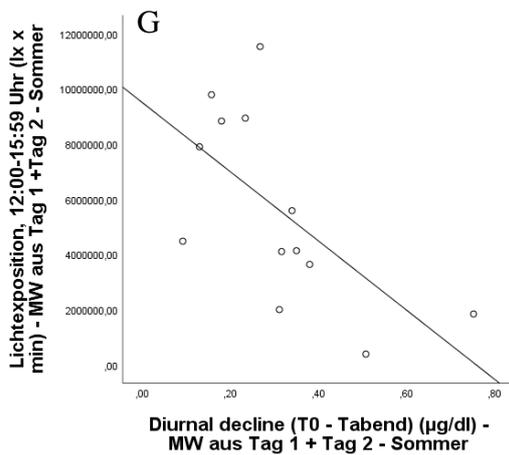
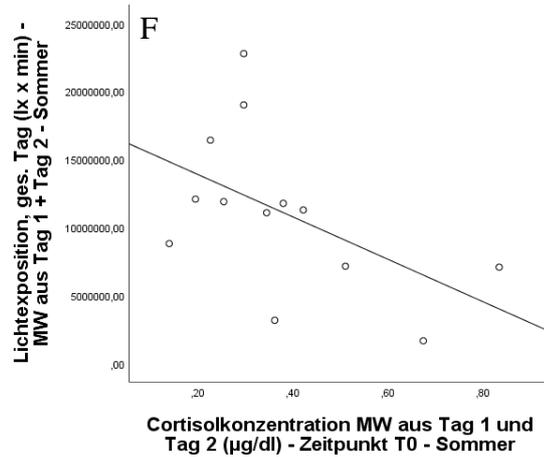
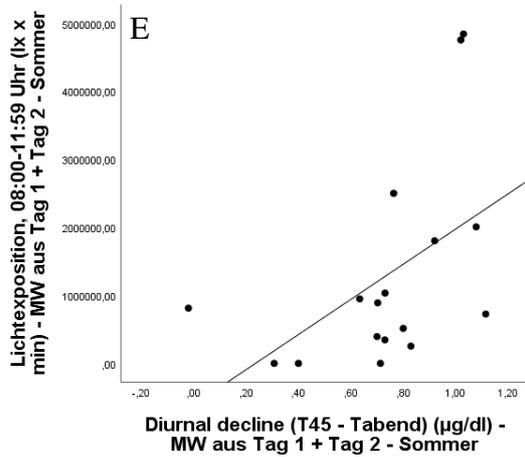
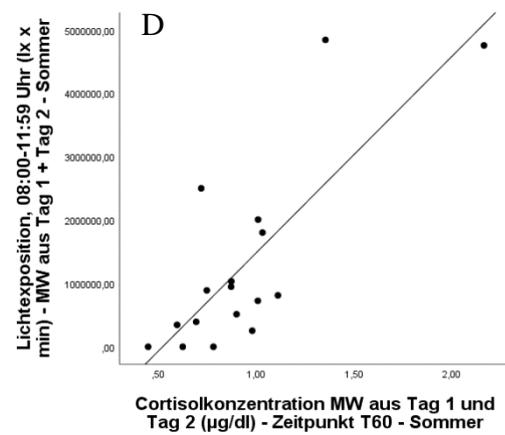
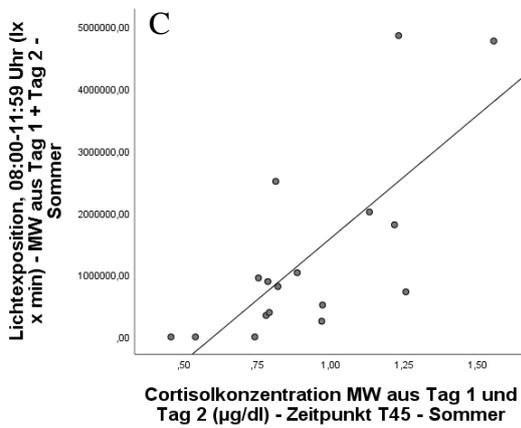
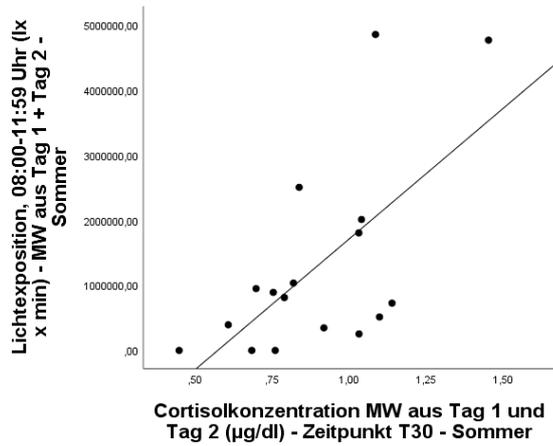
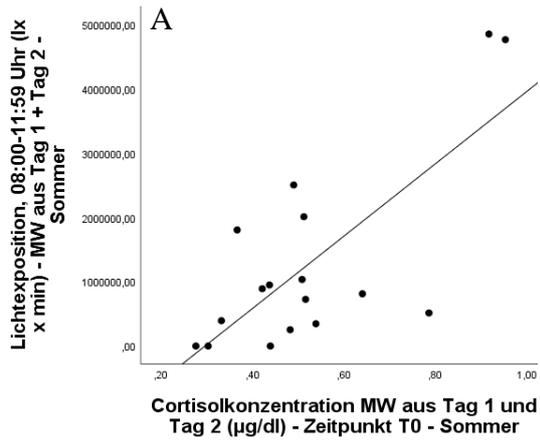


Abbildung 62 Zusammenhang zwischen der Lichtexposition ( $lx \times min$ ) und den Speichelcortisolkonzentration im Sommer.

A) Zusammenhang zwischen der Lichtexposition ( $lx \times min$ ) von 08:00 Uhr bis 11:59 Uhr und dem Speichelcortisol-Zeitpunkt  $T_0$  bei jüngeren Probandinnen ( $r_s = 0,51, p = 0,038$ ), B) Zusammenhang zwischen der Lichtexposition ( $lx \times min$ ) von 08:00 Uhr bis 11:59 Uhr und dem Speichelcortisol-Zeitpunkt  $T_{30}$  bei jüngeren Probandinnen ( $r_s = 0,51, p = 0,035$ ), C) Zusammenhang zwischen der Lichtexposition ( $lx \times min$ ) von 08:00 Uhr bis 11:59 Uhr und dem Speichelcortisol-Zeitpunkt  $T_{45}$  bei jüngeren Probandinnen ( $r_s = 0,67, p = 0,003$ ), D) Zusammenhang zwischen der Lichtexposition ( $lx \times min$ ) von 08:00 Uhr bis 11:59 Uhr und dem Speichelcortisol-Zeitpunkt  $T_{60}$  bei jüngeren Probandinnen ( $r_s = 0,65, p = 0,005$ ), E) Zusammenhang zwischen der Lichtexposition ( $lx \times min$ ) von 08:00 Uhr bis 11:59 Uhr und der DC2 bei jüngeren Probandinnen ( $r_s = 0,54, p = 0,024$ ), F) Zusammenhang zwischen der Lichtexposition ( $lx \times min$ ) des gesamten Tages und dem Speichelcortisol-Zeitpunkt  $T_0$  bei älteren Probandinnen ( $r_s = -0,61, p = 0,027$ ), G) Zusammenhang zwischen der Lichtexposition ( $lx \times min$ ) von 12:00 Uhr bis 16:00 Uhr und der DC1 ( $r_s = -0,70, p = 0,007$ ), MW = Mittelwert, *Diurnal Decline* = Tagesabfall

### 6.3.5.5 Zusammenhang zwischen der CRP-Konzentration und dem Sonnenauf- und Sonnenuntergang und der Tageslänge

#### Winter

Bei den jüngeren Probandinnen konnten zwei statistisch signifikante Korrelationen gefunden werden. Hier konnte ein hoher Zusammenhang zwischen der mittleren CRP-Konzentration und dem Sonnenuntergang mit  $r_s = -0,78$  und ein mittlerer Zusammenhang zwischen der mittleren CRP-Konzentration und der mittleren Tageslänge mit  $r_s = -0,66$  gefunden werden.

Bei den älteren Probandinnen konnte kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der mittleren CRP-Konzentration und den Tagesdaten gefunden werden. Dies ist in Abbildung 63 dargestellt.

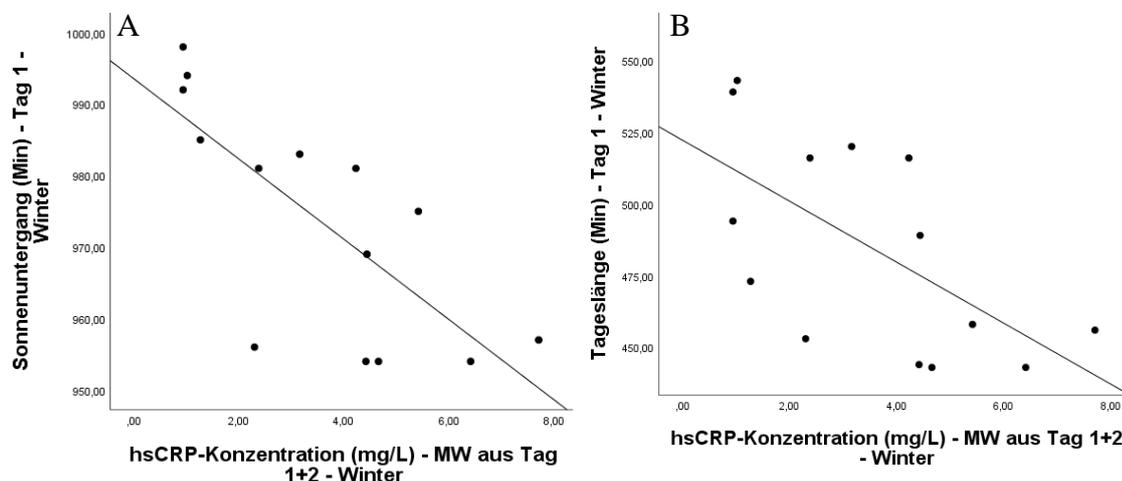


Abbildung 63 A) Zusammenhang zwischen der CRP-Konzentration und dem Sonnenuntergang bei jüngeren Probandinnen ( $r_s = -0,78, p = 0,001$ ) B) Zusammenhang zwischen der CRP-Konzentration und der Tageslänge bei den jüngeren Probandinnen im Winter ( $r_s = -0,66, p = 0,011$ ), MW = Mittelwert, hsCRP = hoch sensitives C-reaktives Protein

#### Sommer

Bei den jüngeren Probandinnen hat sich ein mittlerer statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der mittleren CRP-Konzentration und dem mittleren Sonnenuntergang mit  $r_s = -0,57$  gezeigt.

Bei den älteren Probandinnen hat sich kein statistisch signifikanter Zusammenhang gezeigt. Dies ist in Abbildung 64 dargestellt.

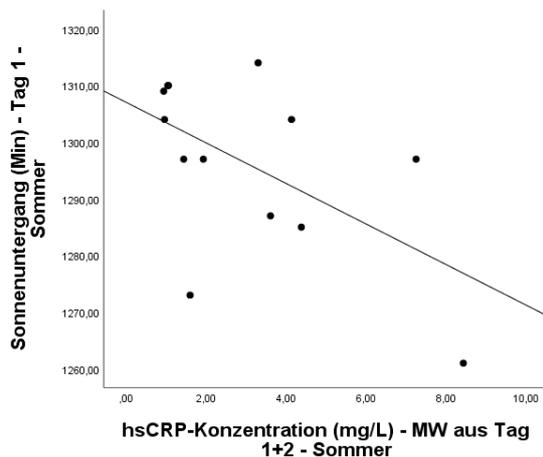


Abbildung 64 Zusammenhang zwischen der CRP-Konzentration und dem Sonnenuntergang bei den jüngeren Probandinnen im Sommer ( $r_s = -0,57$ ,  $p = 0,043$ ), MW = Mittelwert, hsCRP = hoch sensitives C-reaktives Protein

### 6.3.5.6 Zusammenhang zwischen der CRP-Konzentration und der Lichtexposition (lx × min)

Um die CRP-Konzentrationen mit der Lichtexposition vergleichen zu können, wurden von den Werten, die nicht mit „kleiner als“ angegeben wurden, Mittelwerte von den beiden Messwerten der zwei Untersuchungstage berechnet. Lag nur für eine Messung ein genauer Wert vor, so wurde dieser verwendet.

#### Winter

Im Winter konnte für beide Probandinnengruppen kein statistisch signifikanter Zusammenhang gefunden werden.

#### Sommer

Bei den jüngeren Probandinnen konnten sowohl kein statistisch signifikanter Zusammenhang als auch keine Tendenzen gefunden werden.

Bei den älteren Probandinnen hat sich zwischen der mittleren CRP-Konzentration und der Lichtexposition über den gesamten Tag mit  $r_s = -0,66$  ein mittlerer signifikanter Zusammenhang gezeigt.

Bei dem Zusammenhang zwischen der mittleren CRP-Konzentration und der Lichtexposition zwischen 12:00 Uhr und 15:59 Uhr konnte mit  $r_s = 0,69$  ein mittlerer statistisch signifikanter Zusammenhang gefunden werden. Die Befunde sind in der Abbildung 65 dargestellt.

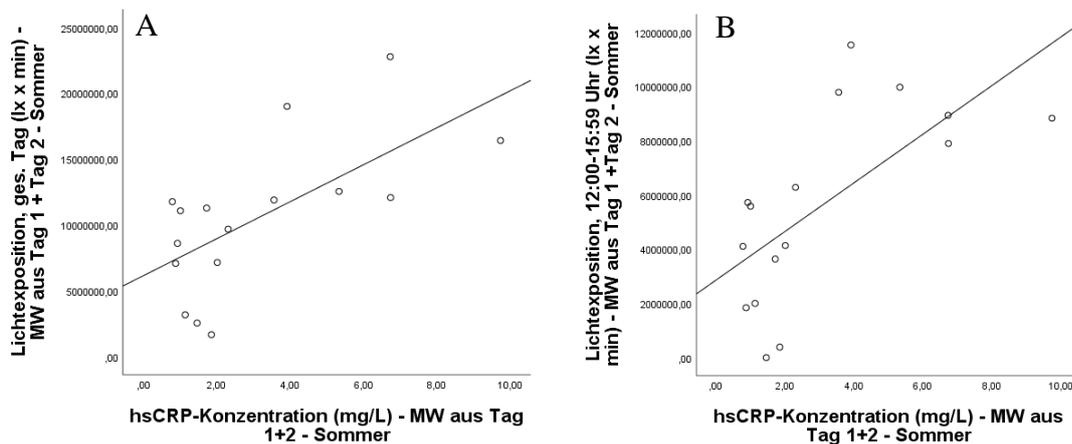


Abbildung 65 Zusammenhang zwischen CRP-Konzentration und der Lichtexposition zu den verschiedenen Zeiträumen im Sommer. A) Zusammenhang zwischen der mittleren CRP-Konzentration und der mittleren Lichtstrommenge über den gesamten Tag ( $r_s = -0,66$ ,  $p = 0,006$ ), B) Zusammenhang zwischen der mittleren CRP-Konzentration und der mittleren Lichtstrommenge zwischen 12:00 Uhr und 16:00 Uhr (nachmittags) ( $r_s = 0,69$ ,  $p = 0,003$ ), MW = Mittelwert, hsCRP = hoch sensitives C-reaktives Protein

### 6.3.5.7 Zusammenhang zwischen der CRP-Konzentration und der Lichtstrommenge Winter

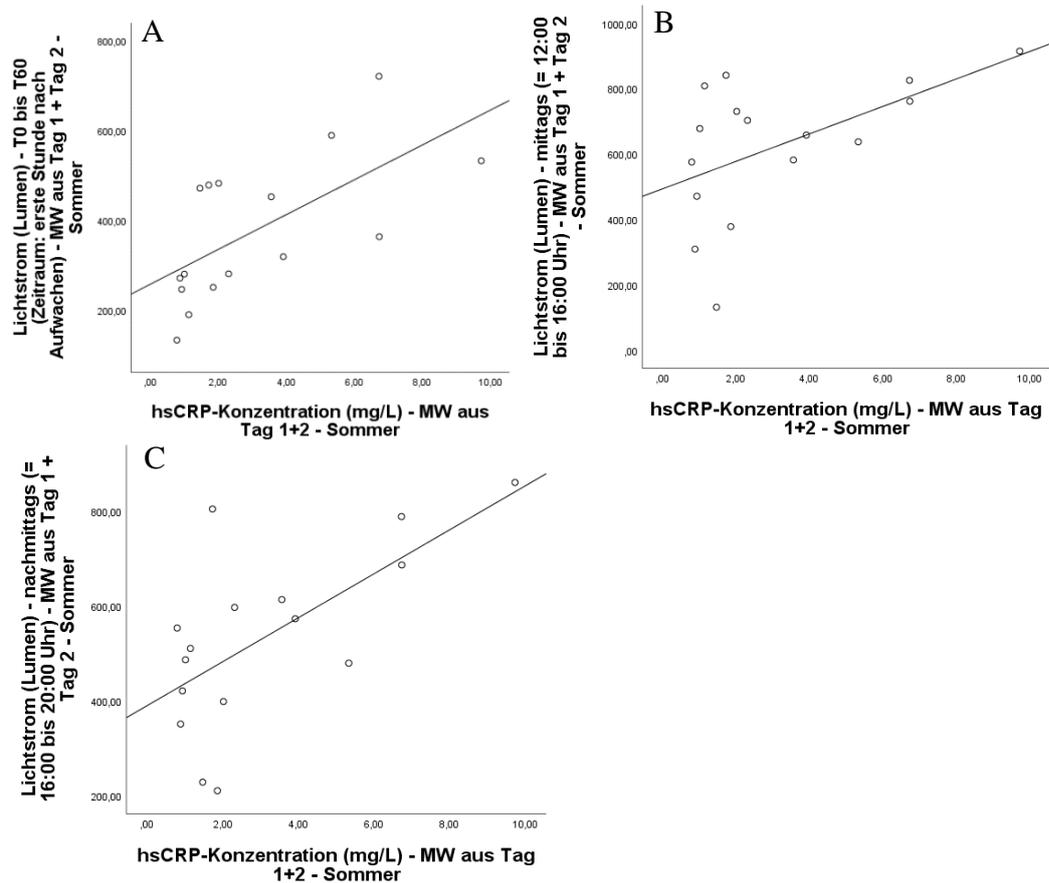
Bei den Jüngeren hat sich mit  $r_s = -0,52$  ein mittlerer Zusammenhang zwischen der mittleren CRP-Konzentration und der Lichtstrommenge zwischen 16:00 Uhr und 19:59 Uhr gezeigt. Dieser erreichte jedoch keine statistische Signifikanz.

Beiden Älteren konnte kein statistisch signifikanter Zusammenhang gefunden werden

### Sommer

Im Sommer konnte für die jüngeren Probandinnen kein signifikanter Zusammenhang festgestellt werden.

Bei den Älteren hat sich mit  $r_s = 0,74$  ein hoher statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der mittleren CRP-Konzentration und der Lichtstrommenge in der ersten Stunde nach dem Aufwachen gezeigt. Außerdem konnten mittlere Zusammenhänge zwischen der mittleren CRP-Konzentration und der Lichtstrommenge im Zeitraum zwischen 12:00 Uhr und 15:59 Uhr ( $r_s = 0,54$ ), im Zeitraum zwischen 16:00 Uhr und 19:59 Uhr ( $r_s = 0,60$ ) und über den gesamten Tag ( $r_s = 0,51$ ) gefunden werden. Der letzte Zusammenhang erreichte keine statistische Signifikanz. Dies ist in Abbildung 66 grafisch dargestellt.



**Abbildung 66** Zusammenhang zwischen CRP-Konzentration und der Lichtstrommenge in verschiedenen Zeiträumen bei älteren Probandinnen im Sommer. A) Zusammenhang zwischen der mittleren CRP-Konzentration und der mittleren Lichtstrommenge in der ersten Stunde nach dem Aufwachen im Sommer ( $r_s = 0,74$ ,  $p = 0,001$ ), B) Zusammenhang zwischen der mittleren CRP-Konzentration und der mittleren Lichtstrommenge von 12:00 Uhr bis 16:00 Uhr ( $r_s = 0,54$ ,  $p = 0,029$ ) C) Zusammenhang zwischen der mittleren CRP-Konzentration und der mittleren Lichtstrommenge von 16:00 Uhr bis 19:59 Uhr ( $r_s = 0,60$ ,  $p = 0,024$ ), MW = Mittelwert, hsCRP = hoch sensitives C-reaktives Protein

## 7 Diskussion

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse dieser Arbeit diskutiert und in den aktuellen Stand der Forschung eingeordnet. Ziel dieser Arbeit war es, die jahreszeitliche Variation des immunsuppressiven Hormons Cortisol und des Entzündungsmarkers C-reaktives Protein (CRP) anhand einer Längsschnittstudie zum Entzündungsaltern zu vergleichen. Weiterhin sollten Zusammenhänge zwischen Cortisol- und CRP-Konzentrationen untereinander separat nach Altersgruppen und zwischen den Cortisol- und CRP-Konzentrationen und der jahreszeitlichen Sonneneinstrahlung ebenfalls separat nach Altersgruppen untersucht werden. Zuvor werden die deskriptiven Kennzeichen der Probandinnen mit einander verglichen, da laut Literaturbefunden einige Kennzeichen Einfluss auf weitere untersuchte Variablen haben können.

### 7.1 Anmerkungen zum Studiendesign

Die vorliegende Studie wurde ausschließlich an Frauen durchgeführt, um geschlechtsspezifische Unterschiede auszuschließen. Hätte man im selben Zeitraum junge und ältere Männer und Frauen untersucht, so wären die Vergleichsgruppen am Ende zu klein geworden. Aufgrund der Fragestellung steht hier besonders der Cortisolrhythmus im Vordergrund. Zusätzlich gibt es große Unterschiede zwischen Männern und Frauen in Bezug auf die subjektive Schlafqualität, welche ebenfalls in dieser Studie untersucht wurden (Hinz et al. 2017). Ein weiterer Aspekt war auch der zeitlich begrenzte Untersuchungszeitraum von jeweils drei Monaten im Winter und im Sommer.

Der zentrale besondere Aspekt dieser Studie war das parallele Untersuchen von verschiedenen Merkmalen in einer Längsschnittstudie. Hierdurch war es unter anderem möglich die Auswirkungen von Cortisol und dem C-reaktivem Protein gleichzeitig über Winter und Sommer zu beobachten. Nach Kenntnis der Autorin wurden diese beiden Merkmale zum ersten Mal an jüngeren und älteren Probandinnen in einer Längsschnittstudie in zwei Jahreszeiten durchgeführt.

Die jüngeren Probandinnen wurden ausschließlich an der Universität rekrutiert und die älteren hauptsächlich in Sportvereinen und Fitnessstudios. Die Auswahl der Probandinnen beider Gruppen war selektiv, da die Probandinnen gesund sein sollten. Dies war wichtig, weil vor allem bei den älteren Probandinnen sichergestellt werden musste, dass sie die sehr strengen Kriterien dieser Studie erfüllen. Diese Kriterien bezogen sich hauptsächlich auf gesundheitsbezogene Merkmale, die Einfluss auf die biologischen Rhythmen der untersuchten Merkmale gehabt hätten. Es sollten jedoch auch aktive Probandinnen sein, um

sekundäre Faktoren wie einen passiven Lebensstil sowie psychische oder physische Erkrankungen auszuschließen. Diese haben möglicherweise einen Einfluss auf den Tagesrhythmus der Probandinnen, welcher wiederum die biologischen Rhythmen beeinflusst hätte. Dies ist zusätzlich ein Grund für die geringe Anzahl an Probandinnen. Es wurde dadurch sichergestellt, dass Unterschiede zwischen den Probandinnengruppen und zwischen den Jahreszeiten im Wesentlichen aufgrund der untersuchten Variablen bestehen.

## **7.2 Anthropometrische, physiologische, soziale und Lebensstil-bezogene Merkmale im Zusammenhang mit dem Altern**

### **7.2.1 Altersstruktur**

Das mittlere Alter der jüngeren Probandinnen lag im Winter bei 24,41 Jahren. Die jüngste Probandin war 20 Jahre alt und die Älteste 33 Jahre alt. Die älteren Probandinnen waren im Mittel 69,67 Jahre alt. Die jüngste ältere Probandin war 62 Jahre alt und die älteste war 82 Jahre alt. Der mittlere Unterschied betrug also 45,69 Jahre. Die untersuchten Variablen Cortisolkonzentration und Immunsystem weisen erst im Alter eine Veränderung auf (Feldman et al. 2002; Seeman et al. 1997; Heaney et al. 2010; Rink 2015; Panda et al. 2009 Vasto et al. 2007). Der mittlere Altersunterschied in dieser Studie sollte ausreichend sein, um diese Unterschiede berücksichtigen zu können.

### **7.2.2 Vergleich der anthropometrischen und physiologischen Kennzeichen der Probandinnen**

#### Jüngere Probandinnen

Der mittlere BMI der jüngeren Probandinnen im Winter lag mit 22,24 kg/m<sup>2</sup> im Normalbereich nach Angaben der WHO, welcher 18,50 – 24,99 kg/m<sup>2</sup> für erwachsene Frauen beträgt ([URL 18]). Der niedrigste Wert lag hierbei bei 18,62 kg/m<sup>2</sup> und der höchste Wert bei 29,58 kg/m<sup>2</sup>. Bis zu einem BMI von 29,99 kg/m<sup>2</sup> wird von Übergewicht bzw. Präadipositas gesprochen, was noch nicht als krankhaft definiert ist und somit in die Untersuchung miteingeschlossen wurde. Zur weiteren Bestimmung des Körperfettanteils wurde das abdominale Fettgewebe anhand des Bauchumfangs betrachtet (Desprès und Lemieux 2006).

Das abdominale Fettgewebe ist ebenfalls ein Risikofaktor für kardiovaskuläre Erkrankungen und steht unter Verdacht, ebenfalls CRP zu produzieren (Trayhurn und Wood 2004, Capuron et al. 2008). Der Bauchumfang lag bei den Jüngeren im Winter im Mittel bei 82,55 cm. Das Minimum lag bei 70,00 cm und das Maximum bei 97,00 cm. Nach Desprès und Lemieux (2006) liegt der Grenzwert bei Frauen bei 80,00 cm. Das Bundeszentrum für Ernährung

(BZfE) setzt den Grenzwert für Frauen auf 88,00 cm ([URL 19]). Der mittlere Bauchumfang lag also knapp unter dem Grenzwert.

Im Sommer lag der mittlere BMI bei 22,78 kg/m<sup>2</sup>, was ebenfalls dem Normalbereich entspricht ([URL 18]). Das Minimum lag hier bei 19,31 kg/m<sup>2</sup> und das Maximum bei 28,91 kg/m<sup>2</sup>, was wiederum Präadipositas entspricht. Der mittlere Bauchumfang im Sommer lag bei 84,88 cm mit einem Minimum von 72,00 cm und einem Maximum von 97,00 cm. Auch hier lag der Mittelwert im Normalbereich. Die weiteren untersuchten Variablen sollten also nicht von diesen Parametern beeinflusst worden sein.

### Ältere Probandinnen

Der mittlere BMI der älteren Probandinnen lag im Winter bei 26,03 kg/m<sup>2</sup> mit einem Minimum von 19,77 kg/m<sup>2</sup> und einem Maximum von 33,22 kg/m<sup>2</sup>. Der Mittelwert liegt also nach der WHO ([URL 18]) wieder im Normalbereich. Das Maximum liegt außerhalb des Normalbereichs nach der WHO und wird als Adipositas eingestuft. Allerdings gibt die WHO nur Werte für Personen jungen bzw. mittleren Alters an, nicht aber für Senioren (für Erwachsene ab 20 Jahren). Das Bundeszentrum für Ernährung (BZfE) gibt für Senioren einen BMI bis 29,99 kg/m<sup>2</sup> als normal bzw. unbedenklich an ([URL 19]). Eine weitere Quelle bestätigt dies und gibt für 65-90-jährige Frauen einen BMI zwischen 30,00 und 34,00 kg/m<sup>2</sup> als leichtes Übergewicht an ([URL 20]). Der BMI ist bei älteren Frauen weniger aussagekräftig als bei jüngeren, da im Alter die Muskelmasse abnimmt, es jedoch nicht automatisch zu einer Gewichtsreduktion kommt. Hier ist der Bauchumfang als Risikomarker viel entscheidender (Desprès und Lemieux). Der mittlere Bauchumfang der älteren Probandinnen lag im Winter bei 93,94 cm mit einem Minimum von 71,00 cm und einem Maximum von 111,00 cm. Nach dem BZfE liegt der Mittelwert des Bauchumfangs der älteren Probandinnen also im erhöhten Risikobereich von über 88,00 cm.

Der Unterschied im BMI ist zwischen den Probandinnengruppen zwar statistisch signifikant, jedoch liegen die Mittelwerte beider Altersgruppen jeweils im normalen Bereich ([URL 20]) und auch die Bauchumfänge liegen jeweils nicht im gesundheitsschädlichen Bereich. Daher dürften die beiden Gruppen miteinander vergleichbar sein, ohne dass diese Merkmale extremen Einfluss auf die weiteren untersuchten Merkmale Cortisolkonzentration und CRP-Konzentration gehabt haben könnten.

### **7.2.3 Vergleich der sozialen und Lebensstil-bezogenen Merkmale der Probandinnengruppen**

#### Wohnsituation und Berufsleben

Die Probandinnen wurden unter anderem nach ihrer Wohnsituation gefragt. Hier sollten sie beantworten, ob sie alleine wohnen, wie ihr Familienstand ist und ob sie Kinder haben. Diese Faktoren haben Einfluss auf das soziale Leben der Probandinnen. Frühere Studien fanden heraus, dass soziale Isolation zu einem Anstieg der Cortisolkonzentration und einem verringerten Tagesabfall führt (Grant et al. 2009; Hackett et al. 2012). Auch der Berufsstatus hat Einfluss auf das soziale Leben. Diese beiden Faktoren haben auch Teil an der Synchronisation der inneren Uhr mit äußeren Faktoren. Diese reguliert wiederum die inneren biologischen Rhythmen. Im Winter gaben die jüngeren Probandinnen bis auf zwei an, ledig zu sein. Trotzdem lebten 19 mit mindestens einer anderen Person zusammen. Bei den Älteren gaben elf Probandinnen an, verheiratet zu sein, wohingegen sieben entweder ledig, verwitwet oder getrennt/geschieden waren. Hier lebten 12 zusammen und sechs lebten alleine. Bei den Jüngeren studierten oder arbeiteten alle. Bei den Älteren waren 13 von 18 Probandinnen im Ruhestand. Im Sommer veränderten sich die Angaben kaum. Da die Jüngeren alle berufstätig waren, hatten sie soziale Kontakte. Bei den Älteren kann aufgrund der Angaben im Fragebogen keine Angabe darüber getroffen werden, ob sie soziale Kontakte pflegen. Die Orte der Rekrutierung der älteren Probandinnen (Apotheken, Sportvereine, Fitnessstudios, andere Vereine) allerdings weist daraufhin, dass sie einen aktiven Lebensstil pflegen. Dies sollte also keinen Einfluss auf die Unterschiede der Cortisolkonzentration zwischen jüngeren und älteren Probandinnen und im Verlauf der Jahreszeiten gehabt haben.

#### Gesundheitszustand

Sowohl bei den jüngeren als auch bei den älteren Probandinnen gab keine an, einen schlechten oder sehr schlechten Gesundheitszustand im Vergleich zu gleichaltrigen aufzuweisen. Bei beiden Probandinnengruppen gab der Großteil an, einen guten Gesundheitszustand zu haben und jeweils drei gaben an, ihr Gesundheitszustand sei sehr gut. Im Sommer waren ähnliche Angaben zu finden. Auch hier gab der Großteil an, einen guten Gesundheitszustand zu haben. Bei der Angabe sehr gut waren es jeweils weniger. Erwartet wurde, dass der Gesundheitszustand im Sommer besser ist als im Winter, da das Immunsystem im Winter stärker beansprucht ist (Castro Dopico et al. 2015). Das Absinken der „sehr gut“ Angaben hat jedoch mit der gesunkenen Anzahl an Probandinnen zu tun, und nicht mit einem verschlechterten Gesundheitszustand der Probandinnen. Es zeigte sich, dass

es bei den Angaben kaum einen Unterschied zwischen älteren und jüngeren Probandinnen gab. Damit dürfte das gesundheitliche Wohlbefinden, der Probandinnenkollektive die untersuchten Merkmale nicht beeinflusst haben.

### Konsum von Alkohol und anregenden Getränken

Die jüngeren Probandinnen nahmen im Winter und im Sommer ca. fünf Tassen Kaffee pro Woche zu sich und tranken weniger als ein Glas Alkohol pro Woche. Die älteren Probandinnen tranken im Mittel im Winter und im Sommer zwischen 19 und 20 Tassen Kaffee pro Woche. Dies entspricht in beiden Jahreszeiten etwa 2,8 Tassen pro Tag. Außerdem konsumierten die Älteren 3-4 Gläser Alkohol pro Woche sowohl im Winter als auch im Sommer.

Der Konsum von Alkohol und anderen anregenden Getränken wie zum Beispiel Kaffee oder schwarzer und grüner Tee kann zu Veränderungen der Aktivität der HPA-Achse führen und somit die Cortisolkonzentration beeinflussen (Rieth et al. 2016). Wie die Autoren herausfanden, führt der Konsum von Kaffee direkt vor der Probensammlung zu einer Erhöhung der Cortisolkonzentration, da dadurch die HPA-Achse aktiviert wird. Da in der vorliegenden Studie die Cortisolproben nüchtern und ohne vorheriges Koffein genommen werden mussten, sollte der Konsum von Kaffee keinen Einfluss auf die vorliegenden Cortisolkonzentrationen gehabt haben. Weitere Studien konnten keinen Einfluss des Konsums von Kaffee auf die Cortisolkonzentration herausfinden (Garde et al. 2009; Papakonstantinou et al. 2016).

Des Weiteren kann der Konsum von Alkohol Veränderungen der CRP-Konzentration verursachen (Gacouin et al. 2014). Ein zeitnaher Konsum von Alkohol führt zu verminderten CRP-Konzentrationen, wohingegen eine regelmäßige Einnahme zu einer generellen Erhöhung der CRP-Konzentration führt (Niemelä et al. 2019).

Der Konsum von mehr als 4 Tassen Kaffee pro Tag führt zu einer Verringerung der CRP-Konzentration um ca. 16% (Hang et al. 2019; Zhang und Zhang 2018). Maki et al. (2010) konnten wiederum keinen Zusammenhang zwischen der CRP-Konzentration und dem Konsum von Kaffee bzw. grünem Tee finden. Da die Probandinnen dieser Studie diese Mengen nicht konsumierten, kann davon ausgegangen werden, dass der Konsum von Kaffee und Alkohol keinen Einfluss auf die gemessenen Merkmale hatte.

### Schlafqualität

In der vorliegenden Studie wurde die subjektive Schlafqualität der Probandinnen mit Hilfe des PSQI-Fragebogens ermittelt. Es gab keinen signifikanten Unterschied zwischen der subjektiven Schlafqualität zwischen den jüngeren und älteren Probandinnen, weder im

Winter noch im Sommer. Die mittlere subjektive Schlafqualität kann in beiden Gruppen im Mittel als „gut“ eingestuft werden. Die Jüngeren wiesen im Winter und im Sommer eine signifikant höhere genuine Schlafdauer auf als die Älteren, jedoch gab es keinen signifikanten Unterschied zwischen der Schlafeffizienz und der aktuellen Schlafdauer. Es konnte jedoch beobachtet werden, dass die aktuelle Schlafdauer bei den Jüngeren höher war und eine statistische Tendenz aufwies. Es hat sich ein signifikanter Unterschied der beiden Probandinnengruppen in Bezug auf die Jahreszeiten gezeigt. Sowohl die Jüngeren als auch die Älteren wiesen im Sommer eine sehr signifikant bessere subjektive Schlafqualität auf als im Winter. Auch die Einschlafdauer war kürzer und die Schlafeffizienz war ebenfalls signifikant höher. Erwartet wurde eine bessere subjektive Schlafqualität im Winter aufgrund der Dunkelheit und niedrigerer Temperaturen und eine schlechtere Schlafqualität bei den älteren Probandinnen. Die Schlafqualität hat Einfluss auf das Wohlbefinden, auf die Gesundheit, auf das Immunsystem und auf das Gedächtnis (Chen et al. 2014; Baert et al. 2015).

In Deutschland leiden nach der Gesundheitsberichterstattung des Bundes (2005) ([URL 21]) ca. 25% der Erwachsenen an subjektiven Schlafstörungen, was zu einer schlechteren subjektiven Schlafqualität führt, und 10 % beschreiben ihren Schlaf als „nicht erholsam“ [URL 21]. Nach einer Studie von Hinz et al. (2017) haben 35% der deutschen Bevölkerung eine schlechte subjektive Schlafqualität. Außerdem sinkt die subjektive Schlafqualität mit ansteigendem Alter. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigen dies nicht. Ursache hierfür dürfte der gute Gesundheitszustand der Älteren in dieser Studie sein. Ob der Alternsprozess an sich oder aber alternsbedingte Krankheitsbilder Ursache für eine schlechtere Schlafqualität im Alter sind, ist nicht vollständig geklärt. Verschiedene Studien kommen hierbei zu gegensätzlichen Ergebnissen (Edwards et al. 2010; Hinz et al. 2017).

#### Morgen- und Abendpräferenz

Die jüngeren Probandinnen der vorliegenden Studie wiesen im Winter einen mittleren D-MEQ Punktwert von 52,49 auf und die älteren einen mittleren Punktwert von 56,66. Dieser Unterschied war statistisch nicht signifikant. Auch im Sommer ist der Unterschied von 5,03 Punkten statistisch nicht signifikant. Auch die Unterschiede in Bezug auf die Jahreszeiten waren statistisch nicht signifikant. Dies entspricht den Erwartungen. Der Alternsprozess führt nach Ryu et al. (2018) zu einer Verschiebung der Morgen- und Abendpräferenz in Richtung Morgen. Es konnte in der vorliegenden Studie zwar kein statistisch signifikanter Unterschied gefunden werden, jedoch konnte ein höherer Punktwert bei den älteren

Probandinnen beobachtet werden, was einer höheren Tendenz Richtung Morgenpräferenz entspricht.

Eine Tendenz in Richtung Abendpräferenz geht bei jungen Probandinnen mit niedrigerer CRP-Konzentration und höherer Cortisolkonzentration als Antwort auf akuten Stress einher (de Punder et al. 2019). Auch bei extremen Morgenpräferenzen wurde eine höhere Cortisolkonzentration direkt nach dem Aufwachen gemessen (Weidenauer et al. 2019). Da die Probandinnen dieser Studie im Mittel einen Punktwert im mittleren Bereich erreichten, sollte Morgen- und Abendpräferenz der Probandinnen weder die CRP-Konzentration noch die Cortisolkonzentration beeinflusst haben.

#### Distale periphere Hauttemperatur (DPH)

Die distale periphere Hauttemperatur steht im engen Zusammenhang mit dem Schlafverhalten und kann zusätzlich als Marker für Verschiebungen der inneren Rhythmik betrachtet werden (Raymann et al. 2007). Der circadiane Rhythmus der Körperkerntemperatur ist von der Informationsweiterleitung des SCN abhängig (Dibner et al. 2010, Morf und Schibler 2013). Im Alter kommt es zu einer flacheren Amplitude und früheren Akrophase (Kenney und Munce 2003).

Im Winter konnte der einzige statistisch signifikante Unterschied zwischen den beiden Probandinnengruppen bei der Amplitude der DPH gefunden werden. Hier weisen die Älteren eine niedrigere Amplitude auf. Die Amplitude beschreibt den Abstand des Maximums vom Mesor der circadianen Rhythmusfunktion. Im Sommer konnte ein statistisch signifikanter Unterschied bei der Akrophase festgestellt werden. Sie beschreibt die zeitliche Lage des Maximums einer Funktion. Die Älteren weisen hier eine kürzere Akrophase auf. Sie erreichen ihr Maximum der peripheren DHT früher. Dies deutet darauf hin, dass bei den Älteren eine Verschiebung zumindest eines circadianen Rhythmus stattgefunden hat.

Im Vergleich zwischen Winter und Sommer konnte nur bei den jüngeren Probandinnen ein signifikanter Unterschied bei der gefunden werden. Im Winter lag sie signifikant höher als im Sommer. Dieser Unterschied könnte auf jahreszeitlichen Veränderungen beruhen.

### **7.3 Wie sieht die jahreszeitliche Variation der Cortisolkonzentration bei jüngeren und älteren Erwachsenen aus? Gibt es Altersunterschiede?**

Ziel war es zu untersuchen, ob sich die Speichelcortisolkonzentrationen zu den verschiedenen Messzeitpunkten in den beiden Untersuchungszeiträumen im Winter und im Sommer unterscheiden. Zusätzlich wurden noch die Haarcortisolkonzentration und die

morgendliche CAR sowie den DC1 und den DC2 betrachtet. Danach sollte untersucht werden, ob es bezüglich dieser Merkmale Unterschiede zwischen den beiden Jahreszeiten separat nach Altersgruppen gibt.

### **7.3.1 Jahreszeitliche Unterschiede**

#### Jüngere Probandinnen

Der beobachtete Verlauf der mittleren Speichelcortisolkonzentration entsprach in der vorliegenden Studie sowohl im Winter als auch im Sommer den Erwartungen. Sie weist abends den niedrigsten Wert auf und steigt über die Nacht an (Persson et al. 2008; Kanikowska et al. 2019). In der ersten Stunde nach dem Aufwachen erreicht sie dann ihr Maximum.

Die Cortisolkonzentrationen zu den einzelnen Probensammelzeitpunkten in beiden Jahreszeiten entsprechen den Angaben des Herstellers des ELISA-Kits für Normalwerte (vgl. Tab. 10). Bei den jüngeren Probandinnen waren die Speichelcortisolkonzentrationen zu den Messzeitpunkten  $T_0$  bis  $T_{60}$  im Winter alle statistisch sehr bis hoch signifikant kleiner als im Sommer. Einzig bei  $T_{\text{Abend}}$  gab es keinen statistisch signifikanten Unterschied. Dies stimmt mit einigen Literaturbefunden überein, die entweder auch höhere Konzentrationen im Sommer festgestellt haben, oder gar keine Veränderung über die Jahreszeiten (Kanikowska et al. 2009; Adamsson et al. 2017; Kanikowska et al. 2019). Hier wurde nur die Studie von Kanikowska et al. (2019) ausschließlich an gesunden jungen Frauen durchgeführt. Die anderen Studien wurden an einem gesunden gemischten Probandenkollektiv oder an einem gesunden rein männlichen Probandenkollektiv durchgeführt.

Es gibt aber auch Literaturbefunde, welche herausgefunden haben, dass die Speichelcortisolkonzentrationen im Winter höher sind als im Sommer (Hansen et al. 2001; Persson et al. 2009; Del Ponte et al. 1984; Walker et al. 1997; Hadlow et al. 2014; Garay et al. 2019). Allerdings wurden diese Studien an weiblichen und männlichen Probanden durchgeführt und die Probensammlung erfolgte meist nicht durch Speichel, sondern aus Blut und Urin und in Folge dessen wurde kein Tagesprofil erstellt, sondern ein Mittelwert für den Tag ermittelt. Außerdem wurden die Literaturbefunde nicht mit Hilfe von Längsschnittstudien erhoben, sondern mit Querschnittstudien.

Veränderter oder erhöhter Stress im Sommer kann als externer Faktor auch ausgeschlossen werden. Es wäre möglich gewesen, dass die Probandinnen im Sommer deutlich mehr Stress gehabt hätten und somit generell mehr Cortisol ausgeschüttet wurde als im Winter.

Allerdings ergab die Auswertung des PSS-10, den die Probandinnen im Winter und im Sommer ausgefüllt haben, keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den Jahreszeiten.

Die CAR weist zwischen den Jahreszeiten keinen statistisch signifikanten Unterschied auf. Dies bestätigt die Ergebnisse von Thorn et al. (2011), welche ebenfalls keine jahreszeitlichen Schwankungen finden konnten. Die DC1 und die DC2 allerdings weisen einen statistisch signifikanten Unterschied auf. Betrachtet man  $T_{45}$  als Maximum der Cortisolkonzentration, so entspricht DC2 etwa der Amplitude des Speichelcortisolrhythmus. Dies entspricht nicht den Ergebnissen von Kanikowska et al. (2019), welche keinen Unterschied der Amplitude zwischen den Jahreszeiten Sommer und Winter feststellen konnten. Allerdings wurden bei Kanikowska et al. (2019) 24-Stunden Profile erstellt mit Speichelsammlungen alle zwei Stunden. Möglicherweise lässt sich die Amplitude mit diesem Studiendesign besser erfassen. Eine erhöhte DC1 und DC2 im Sommer spricht dafür, dass die Stimulation der Cortisolkonzentration über den Tag hinweg höher war als im Winter.

Die Erwartung, dass die Cortisolkonzentration im Winter höher ist als im Sommer, wurde unter anderem dadurch gestützt, dass der Glucocorticoidrezeptor (GR) im Winter weniger exprimiert wird als im Sommer (Castro Dopico et al. 2014). Wenn der GR weniger exprimiert wird, so wird die Feedbackschleife weniger aktiviert und die Cortisolkonzentration bleibt hoch, da sie weniger gehemmt wird.

Der GR kann allerdings auch durch die Acetylierung durch das CLOCK/hBMAL1 Heterodimer an der Ligandenbindungsdomäne in seiner Aktivität gehemmt werden (Kino und Chrousos 2011; Nalder et al. 2010). Da die Expression des GR in der vorliegenden Studie nicht untersucht wurde, können hierzu keine Aussagen gemacht werden, sollte aber in folgenden Studien berücksichtigt werden.

Da die Uhrengene unter anderem durch Licht stimuliert werden, könnte die Lichtexposition der Probandinnen eine Rolle spielen. Hierauf wird in den folgenden Kapiteln weiter eingegangen.

Bei der Haarcortisolkonzentration weisen die jüngeren Probandinnen im Winter den statistisch sehr signifikant kleineren Wert auf als im Sommer. Diese Messmethode unterstützt die zuvor aufgeführten Studienergebnisse der Speichelcortisolkonzentration.

Es herrscht also Uneinigkeit über die Veränderungen der Cortisolkonzentration in Folge der Jahreszeiten. Für die höheren Cortisolkonzentrationen im Sommer, welche nicht mit allen Literaturbefunden übereinstimmen, könnten also der Aufbau der Studien (z. B. Männer und Frauen als Probanden, da sie z. B. Unterschiede in der subjektiven Schlafqualität aufweisen

(Hinz et al. 2017), sowie die Art der Probensammlung, da Blutproben zu spontanem Stress führen können (Levine et al. 2007; Gao et al. 2010)) und ungleichmäßige Ausschlusskriterien wie Krankheiten oder Medikamente externe Ursachen sein. Es scheint außerdem eine Rolle zu spielen, ob Querschnitts- oder Längsschnittstudien durchgeführt wurden. Weiterhin könnten auch andere äußere Faktoren Einfluss auf die Cortisolkonzentration zu den Jahreszeiten haben.

### Ältere Probandinnen

Auch der Verlauf der Speichelcortisolkonzentration der älteren Probandinnen entspricht im Winter und im Sommer den Erwartungen mit dem niedrigsten Wert am Abend und einem Anstieg in den frühen Morgenstunden (Adam et al. 2006; Persson et al. 2008, Kanikowska 2019).

Zu allen Probensammelzeiten konnten im Winter die niedrigeren Konzentrationen beobachtet werden. Bei den älteren Probandinnen war die Speichelcortisolkonzentration zu dem Probensammelzeitpunkt  $T_{45}$  im Winter und im Sommer statistisch signifikant verschieden. Dies stimmt ebenfalls teilweise mit Literaturbefunden überein (Kanikowska et al. 2009; Adamsson et al. 2017; Kanikowska et al. 2019).

Es existieren jedoch auch abweichende Literaturbefunde (Hansen et al. 2001; Persson et al. 2009; Del Ponte et al. 1984; Walker et al. 1997; Hadlow et al. 2014; Pierre et al. 2017). Sowohl die übereinstimmenden als auch die abweichenden Studien wurden allerdings überwiegend an jüngeren Probanden durchgeführt und wie bereits erwähnt nicht ausschließlich anhand von Speichelproben erhoben. Ursachen für die fehlenden Unterschiede bei älteren Probandinnen zwischen Winter und Sommer könnten verschiedene Alterstheorien liefern. Ein Erklärungsansatz könnte die verminderte Reizweiterleitung im Alter sein. Nach Myers und Badia (1995) könnte die Ursache eine verminderte Reizaufnahme durch eine verringerte Anzahl an SCN-Zellen sein. Dadurch könnten die Unterschiede der äußeren Einflüsse im Winter und im Sommer nicht mehr so entscheidend für die Steuerung der Cortisolkonzentration sein. Hofman und Swaab (2006) fanden heraus, dass es bei über 80-jährigen zu einer Degeneration der SCN-Zellen kommen kann. Die Reize werden zwar wahrgenommen, jedoch können sie nicht richtig weitergeleitet werden.

Außerdem war der Tagesabfall 2 bei den Älteren im Winter statistisch signifikant niedriger als im Sommer. Dies spricht dafür, dass die Stimulation bis zum Zeitpunkt  $T_{45}$  im Winter möglicherweise niedriger war als im Sommer.

Pierre et al. (2017) fanden heraus, dass Enzyme, die die Cortisolkonzentration beeinflussen, keinen jahreszeitlichen Rhythmus aufweisen. Es wird jedoch vermutet, dass diese Enzyme, wie z. B. 11 $\beta$ -Hydroxysteroid-Dehydrogenase 1 (11 $\beta$ -HSD1) einen Anteil an den Schwankungen von Cortisol über die Jahreszeiten haben (Walker et al. 1997). Dies wurde in dieser Studie nicht untersucht. Jedoch fanden Andersson et al. (2009) heraus, dass 11 $\beta$ -HSD1 in älteren Frauen im Fettgewebe und in der Leber aktiver ist als in jüngeren.

Die Haarcortisolkonzentration von älteren Probandinnen war im Winter statistisch sehr signifikant niedriger als im Sommer. Dies unterstützt wiederum die angegebenen Literaturbefunde. Die Abweichung der anderen Befunde dieser Studie von den Literaturbefunden könnte also auch hier an der Datensammlungsmethode liegen.

### **7.3.2 Altersgruppenunterschiede**

Die jüngeren Probandinnen weisen im Vergleich zu den älteren Probandinnen im Winter zu jedem Probensammelzeitpunkt eine höhere Speichelcortisolkonzentration auf als die älteren Probandinnen. Zu den Zeitpunkten  $T_0$  und  $T_{\text{Abend}}$  waren diese Unterschiede statistisch signifikant. Bei der CAR, dem DC1 und dem DC2 konnten ebenfalls jeweils höhere Werte bei den jüngeren Probandinnen beobachtet werden. Im Sommer wiesen die jüngeren Probandinnen ebenfalls zu allen Probensammelzeitpunkten die höheren Speichelcortisolkonzentrationen auf. Auch hier war der Unterschied zu dem Zeitpunkt  $T_0$  statistisch signifikant. Auch beim DC1 und der DC2 weisen die Jüngeren den höheren Wert auf. Nur bei der CAR ist der Wert der Älteren höher. Diese drei Unterschiede sind statistisch nicht signifikant.

Zu den Veränderungen der Cortisolkonzentrationen im Alter finden sich unterschiedliche Ergebnisse in der Literatur. Zum einen zeigen diverse Studien, dass die Cortisolkonzentration im Alter ansteigen oder abfallen kann (Feldman et al. 2002; Seeman et al. 1997; Heaney et al. 2010). Eine Studie untersuchte zu den gleichen Probensammelzeiten wie die vorliegende Studie (Olbrich und Dittmar 2012). Hier lagen die Cortisolkonzentrationen (nmol/L) zu allen Probensammelzeitpunkten bei den älteren Probandinnen höher als bei den jüngeren. Insgesamt lagen die Konzentrationen bei Olbrich und Dittmar (2012) zu allen Messzeitpunkten höher als in der vorliegenden Studie.

Eine weitere Studie berichtet von einem negativen Zusammenhang zwischen dem Alter und der CAR (Krudielka und Kirschbaum 2003). Andere Studien fanden heraus, dass ältere Probandinnen generell eine höhere Cortisolkonzentration aufweisen als jüngere

Probandinnen (Karlamangla et al. 2014, Pruessner et al. 1997; Moffat et al. 2018; Rueggeberg et al. 2012).

Die in dieser Studie vorliegenden geringeren DC1 und DC2 im Vergleich zu den Jüngeren stimmen mit der Literatur überein. Adam et al. kamen 2006 zu den gleichen Ergebnissen mit einem verringerten Abfall der Cortisolkonzentrationskurve mit steigendem Alter.

Die Ursachen für die Unterschiede zwischen jüngeren und älteren Probandinnen können wohl größtenteils auf die Veränderungen der biologischen Rhythmen im Alter zurückgeführt werden. Die niedrigeren Werte der Speichelcortisolkonzentrationen zu den verschiedenen Messzeitpunkten und der DC1 und der DC2 können auf Veränderungen in der Synchronisation der inneren Uhr mit äußeren Faktoren zurückgeführt werden. Einige im Kapitel 7.3.1. bereits erwähnten Möglichkeiten sind die Veränderungen der zellulären Reizweiterleitung bei Älteren (Myers und Badia 1995; Hofman und Swaab 2006). Die Veränderungen der Umwelt können dadurch weniger gut verarbeitet werden und die Wirkung wird abgeschwächt. Eine weitere Ursache für eine mögliche verringerte Weiterleitung der Hormoninformation könnte wiederum die verringerte Sensitivität des GR sein, was im vorherigen Kapitel bereits erklärt wurde (Nader et al. 2010). Diese Veränderungen könnten allerdings auch dahingehend interpretiert werden, dass die Cortisolausschüttung in Folge einer Stressreaktion weitestgehend unverändert bleibt, die Rückkopplungsschleife jedoch verlangsamt wird, was zu höheren Cortisolwerten führen könnte. Dies wurde an einem Modellversuch an gealterten Ratten gezeigt (Sapolsky et al. 1986). In dieser Studie gaben die jüngeren Probandinnen sowohl im Winter als auch im Sommer sehr signifikant höhere Stresslevel an als die älteren Probandinnen, was eine Ursache für die höhere Cortisolkonzentration bei den Jüngeren gewesen sein könnte.

Allerdings weisen die Älteren in dieser Studie keine alterstypischen Erkrankungen auf, die auf Entzündungen zurückgeführt werden können, da sie Ausschlusskriterien waren. Wären Probandinnen mit altersbedingten Krankheiten zugelassen worden, wäre die Cortisolkonzentration der Älteren aufgrund des Stresses durch Entzündungen vermutlich deutlich höher ausgefallen (Franceschi et al. 2000)

Auch veränderte Lichtwahrnehmung im Alter z. B. durch Augenkrankheiten kann eine Ursache für altersbedingte Veränderungen sein (Münch et al. 2005; Gaffey 2016). In dieser Studie gab jedoch keine Probandin an, an einer Augenerkrankung zu leiden.

In dieser Studie können auch Krankheiten, die häufig bei älteren Personen auftreten, nicht Ursache für die Veränderungen sein, da sie als Ausschlusskriterium angegeben wurden.

Die Haarcortisolkonzentration der Jüngeren war im Winter und im Sommer jeweils niedriger als bei den älteren Probandinnen. Diese Unterschiede waren nicht statistisch signifikant.

Hollerbuhl (2015) fand an einem kleinen Kollektiv heraus, dass weibliche ältere gute und schlechte Schläferinnen nicht mit einer veränderten Cortisolkonzentration zusammenhängen. Außerdem wurde in der Studie herausgefunden, dass ältere gute Schläferinnen im Vergleich zu schlechteren Schläferinnen eine niedrigere Cortisolkonzentration vor dem Zubettgehen aufweisen. Dieser Unterschied war statistisch nicht signifikant. Dies könnte eine Teilerklärung für die niedrigen Cortisolkonzentrationen der älteren Probandinnen der vorliegenden Studie sein, da sie im Mittel eine gute subjektive Schlafqualität aufweisen.

## **7.4 Wie sieht die jahreszeitliche Variation der CRP-Konzentration bei jüngeren und älteren Erwachsenen aus? Gibt es Altersunterschiede?**

### **7.4.1 Jahreszeitliche Unterschiede**

#### Jüngere Probandinnen

Die Mittelwerte der CRP-Konzentrationen lagen nach Ausschluss aller Werte, die mit „kleiner als [Wert]“ angegeben wurden, für alle Untersuchungsmonate im Normalbereich zwischen 2 mg/L und < 10 mg/L (Black et al. 2004; Gomes-Filho 2011; Meier-Ewert et al. 2001; Gani et al. 2004; Ahmadi-Abhari et al. 2013).

Bei den jüngeren Probandinnen hat sich gezeigt, dass es keinen statistisch signifikanten Unterschied der prozentualen Verteilung in die CRP-Gruppen im Winter und im Sommer gibt. Hierfür konnte kein statistischer Test durchgeführt werden, da die entsprechenden Kriterien (Individuenzahl) nicht erfüllt wurden. Beim Verlauf der CRP-Mittelwerte über die Monate konnte beobachtet werden, dass die Werte im Winter von November bis Dezember ansteigen und danach abfallen. Im Sommer hat sich gezeigt, dass die Werte stetig abfallen. Auch diese Beobachtungen waren statistisch nicht signifikant. Bei den beobachteten Mittelwerten war zu sehen, dass der Mittelwert im Winter statistisch nicht signifikant höher ist als der im Sommer. An dieser Stelle muss allerdings auf die geringe Probandinnenanzahl verwiesen werden. Erwartet wurde, dass die Konzentrationen im Winter höher sind als im Sommer (Guinsburg et al. 2015; Liu et al. 2015; Rudnicka 2006). Die beobachteten Mittelwerte der vorliegenden Studie waren im Einklang mit diesen Befunden im Winter nicht statistisch signifikant erhöht. Als Ursache hierfür wird die unterschiedliche Aktivität des Immunsystems angeführt. Es hat sich gezeigt, dass Gene des Immunsystems im Winter mehr exprimiert werden als im Sommer (Castro Dopico et al. 2014). Weiterhin hat sich gezeigt, dass der anti-inflammatorische circadiane Transkriptionsfaktor BMAL1 im Winter

am niedrigsten exprimiert wurde. Die genaue Wirkung von BMAL1 auf das Immunsystem ist allerdings nicht bekannt.

Eine weitere Ursache könnte auch die Lichtexposition der Probandinnen gewesen sein. Dies wird in den folgenden Kapiteln ausführlich diskutiert.

Der Verlauf der CRP-Konzentrationen über die Untersuchungsmonate lässt sich möglicherweise durch einen anderen Faktor erklären. Im Winter ist die Sonneneinstrahlung niedriger als im Sommer (vgl. Kapitel 6.2.4.1). Der menschliche Körper muss sich also auch weniger an die Sonneneinstrahlung gewöhnen bzw. der gegen UV-Strahlung aufgebaute Schutz geht im Winter verloren. Am Anfang des Sommers ist der Schutz noch nicht wiederaufgebaut. Daher kommt es in der Haut zu kleinen Entzündungen, wodurch die CRP-Konzentration ansteigt (Laihia et al. 2005). Im Verlauf des Sommers wird der Sonnenschutz wiederaufgebaut und die CRP-Konzentration fällt wieder ab.

#### Ältere Probandinnen

Auch bei den älteren Probandinnen lagen die Mittelwerte in den verschiedenen Untersuchungsmonaten alle im Normalbereich zwischen 0 mg/L und < 10 mg/L (Black et al. 2004; Gomes-Filho 2011; Meier-Ewert et al. 2001; Gani et al. 2004; Ahmadi-Abhari et al. 2013).

Es hat sich gezeigt, dass es keinen statistisch signifikanten Unterschied der prozentualen Verteilung in die CRP-Gruppen im Winter und im Sommer gibt. Auch die Unterschiede zwischen den jeweiligen Untersuchungsmonaten waren alle statistisch nicht signifikant. Beim Verlauf über die Monate hat sich gezeigt, dass die CRP-Konzentration im Winter bis Januar ansteigt und im Februar wieder abfällt. Im Sommer fällt die CRP-Konzentration über die Monate stetig ab. Auch für diese Beobachtungen konnte aufgrund der zu geringen Individuenzahl kein statistischer Test durchgeführt werden. Der Verlauf könnte jedoch genauso wie bei den Jüngeren durch kleine Entzündungen in der Haut im Sommer durch die Sonneneinstrahlung erklärt werden (Laihia et al. 2005). Bei den beobachteten Mittelwerten hat sich gezeigt, dass der Mittelwert im Winter um 0,51 mg/L höher ist als der im Sommer. Auch dieser Unterschied ist statistisch nicht signifikant. Hier konnte die erwartete jahreszeitliche Variation mit höheren Werten im Winter und niedrigeren im Sommer unterstützt werden (Guinsburg et al. 2015; Liu et al. 2015; Rudnicka 2006).

Auch die in Kapitel 7.3.1. erklärten Veränderungen der biologischen Rhythmen durch verringerte Reizweiterleitungen könnte eine Ursache für das Abweichen der Literaturbefunde sein.

#### **7.4.2 Altersgruppenunterschiede**

Die jüngeren Probandinnen weisen im Vergleich zu den älteren Probandinnen in jedem Untersuchungsmonat außer Dezember und Mai niedrigere CRP-Konzentrationen auf. Der Mittelwert im Winter und im Sommer ist ebenfalls höher als der der Jüngeren. Ursache für die höheren Mittelwerte der älteren Probandinnen können entzündliche Krankheiten sein, die besonders bei älteren Menschen auftreten. Der Fachbegriff hierfür ist das sogenannte „Entzündungsaltern“ oder das „Inflammaging“. Die Ursache hierfür ist die Immunseneszenz, also die Veränderung des Immunsystems (Rink 2015; Panda et al. 2009). Dies zeigt sich vor allem daran, dass die Anzahl an Infektionen und weiteren Erkrankungen im Alter stark zunimmt (vgl. Kapitel 1.1). Auch die proinflammatorischen Cytokine nehmen im Alter zu (Rink 2015; Panda et al. 2009 Vasto et al. 2007). Dies ist ein Zeichen für chronische Entzündungen im Alter. Durch die vermehrte Produktion von IL-6 erhöht sich auch die CRP-Konzentration im Alter (Rink 2015; Ahmadi-Abhari et al. 2013; Wium-Andersen et al. 2013). Krankheiten, die mit diesen chronischen Entzündungen in Verbindung gebracht werden, sind unter anderem Alzheimer, Arteriosklerose, Diabetes, Sarkopenie und Krebs (Vasto et al. 2007). Da das Probandinnenkollektiv dieser Studie keine dieser Krankheiten aufweist, wären die Unterschiede vermutlich noch größer gewesen, wenn man die Ausschlusskriterien gelockert hätte.

#### **7.5 Gibt es einen Zusammenhang zwischen Cortisol- und CRP-Konzentrationen? Liegen Altersunterschiede vor?**

Ziel der vorliegenden Studie war es auch, den Zusammenhang zwischen der Speichel- und Haarcortisolkonzentration und der CRP-Konzentration zu untersuchen. Hierzu wurden Korrelationsanalysen durchgeführt und das Verhältnis von Cortisol zu CRP berechnet.

Es gab bei den jüngeren Probandinnen im Winter einen sehr geringen negativen Zusammenhang zwischen Haarcortisolkonzentration und CRP-Konzentration und im Sommer einen geringen positiven Zusammenhang. Beide waren statistisch nicht signifikant. Bei den älteren Probandinnen konnten für beide Jahreszeiten jeweils sehr geringe positive Zusammenhänge gefunden werden, die ebenfalls keine statistische Signifikanz erreichten. Im Winter konnte bei den Jüngeren sehr geringe bis geringe positive und negative Zusammenhänge gefunden werden, die nicht statistisch signifikant waren. Bei den Älteren hat sich zwischen der Speichelcortisolkonzentration zu den Zeitpunkten T<sub>0</sub> und T<sub>30</sub> jeweils ein mittlerer positiver Zusammenhang gezeigt. Alle anderen Zusammenhänge waren gering und erreichten keine statistische Signifikanz. Im Sommer wiesen die Jüngeren geringe

positive und negative Zusammenhänge auf, von denen keiner statistisch signifikant war. Bei den Älteren konnte ein hoher negativer statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der Speichelcortisolkonzentration zum Zeitpunkt  $T_0$  und der CRP-Konzentration mit  $r_s = -0,73$  gefunden werden. Die übrigen Zusammenhänge waren gering und erreichten keine statistische Signifikanz.

Das bedeutet, dass bei älteren Frauen ein höherer mittlerer CRP-Wert mit einer niedrigen Speichelcortisolkonzentration morgens direkt nach dem Aufstehen einhergeht. Dies unterstützt die Beobachtungen von Sharpley et al. (2019). Dort wurde an einem gemischten Probandenkollektiv mit einem mittleren Alter von 51 Jahren ebenfalls ein hoch signifikanter negativer Zusammenhang zwischen der Speichelcortisolkonzentration am Morgen und der CRP-Konzentration gefunden.

Anders ausgedrückt ist der Entzündungsmarker also höher, wenn das antiinflammatorische Hormon Cortisol am Morgen niedriger ist. Die Höhe der Speichelcortisolkonzentration am Morgen scheint bei älteren Frauen möglicherweise die Aktivität von entzündlichen Prozessen über den Tag zu bestimmen, da CRP keinen Tagesrhythmus aufweist. Man könnte auch sagen, dass morgens nicht genügend Cortisol ausgeschüttet wird, um möglicherweise altersbedingte chronische Entzündungen ausreichend zu bekämpfen.

Bei den jüngeren Frauen waren sehr geringe bis geringe positive und negative Zusammenhänge zu erkennen, die jeweils nicht statistisch signifikant waren. Die Ursache für Zusammenhänge bei den Älteren sollte also eine altersbedingte Veränderung bei den älteren Probandinnen sein.

Zu den Unterschieden zwischen jüngeren und älteren Frauen kommen verschiedene Studien zu unterschiedlichen Ergebnissen (Feldman et al. 2002; Seeman et al. 1997; Heaney et al. 2010).

Da im Winter keine statistisch signifikanten oder hohen Zusammenhänge zu beobachten waren, könnte eine mögliche Ursache eine veränderte Signalweiterleitung von Sonnenlicht bei den älteren Frauen sein, welches im Sommer mehr und stärker vorhanden ist (vgl. Kap. 6.2.4.1.), oder aber eine erhöhte Lichtexposition. Da der  $T_0$  Sammelzeitpunkt betroffen ist, scheint die naheliegendste Annahme eine frühere Aufstehzeit der älteren Probandinnen zu sein. Hierdurch könnte die schwächere Lichteinstrahlung einen niedrigeren Wert direkt nach dem Aufwachen verursachen. Die Ergebnisse haben jedoch gezeigt, dass es keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den Aufstehzeiten bei Jüngeren und Älteren oder zwischen den Jahreszeiten gibt.

Außerdem konnten im Sommer nur sehr geringe bis geringe statistisch nicht signifikante Zusammenhänge zwischen den Speichelcortisolkonzentrationen und dem Sonnenaufgang, Sonnenuntergang und der Tageslänge gefunden werden. Auch zwischen der Lichtstrommenge und der Speichelcortisolkonzentration zum Zeitpunkt  $T_0$  konnten mit  $r_s = 0,09$  bei den Jüngeren und  $r_s = -0,25$  bei den Älteren nur sehr geringe bis geringe Zusammenhänge gefunden werden, die keine statistische Signifikanz erreichten. Da es keine signifikanten Unterschiede zwischen Jüngeren und Älteren bei der Lichtstrommenge oder der Aufstehzeit gibt, entsteht der Zusammenhang zwischen der niedrigen Cortisolkonzentration direkt nach dem Aufwachen und der dadurch beeinflussten CRP-Konzentration vermutlich durch andere Faktoren.

Die nächste Stufe in der Signalkaskade von Cortisol ist die Bindung von Cortisol an den GR zur Signalweiterleitung (vgl. Abb. 10). Da auch die Expression des GR nicht Teil dieser Studie war, kann auch hier nur spekuliert werden. Der GR wird durch die Aktivität von hBMAL1 gehemmt, dessen Expression durch Licht aktiviert wird. Das hBMAL 1 wird im Sommer stärker exprimiert als im Winter (Castro Dopico et al. 2014). An einem Nagermodell hat sich gezeigt, dass der GR im Hippocampus an kürzeren Tagen weniger exprimiert wird als an längeren Tagen (Pyter et al. 2007). Da im Sommer mehr Licht vorhanden ist, sollte eine interne Veränderung der Informationsweiterleitung durch Licht bei den Älteren zu einer verminderten Expression des hBMAL1 führen. Dies hätte eine verminderte Hemmung des GR zur Folge. Eine höhere Anzahl an GR führt wiederum zu einer besseren Antwort der Vermittlung der Cortisolwirkung in den Zielzellen, was zu einer verminderten Cortisolkonzentration führen würde. Voraussetzung hierfür ist, dass die Aktivierung von hBAML1 stärker gewichtet wird als die Aktivierung der HPAA. Die genaue Funktion von hBAML1 auf das Immunsystem ist jedoch nicht bekannt (Castro Dopico et al. 2014). Im Winter war dieser Effekt möglicherweise nicht zu erkennen, da nicht genug Sonnenlicht vorhanden war, um diesen Unterschied zu erzeugen, oder aber der Effekt wurde durch andere Faktoren, die nicht so stark lichtabhängig sind, überlagert.

Die Veränderungen der Reizweiterleitung könnten wieder durch die bereits in Kapitel 2.10. erklärten altersbedingten Veränderungen verursacht werden (Meyers und Badia 1995; Hofman und Swaab 1995; Münsch et al. 2005; Hofman und Swaab 2006).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der einzige statistisch signifikante Zusammenhang zwischen der Cortisolkonzentration zu Zeitpunkt  $T_0$  und der CRP-Konzentration bei Älteren im Sommer gefunden werden konnte. Die Ursachen hierfür sind nicht abschließend geklärt.

Es kann aber vermutet werden, dass Veränderungen in der Signalweiterleitung des Lichts am Morgen bei älteren Frauen eine Ursache hierfür sind.

### **7.5.1 Altersgruppenunterschiede**

Bei den Mittelwerten ergaben sich Werte zwischen 0,15 und 0,35 im Winter und zwischen 0,08 und 0,49 im Sommer. Bei Suarez et al. (2015) lag der Mittelwert für junge Frauen bei 17,73 und bei Suarez und Sundy (2017) bei 21,10. Für die CRP-Konzentrationen wurden jeweils der Median verwendet. Allerdings waren in den Studien die Mittelwerte der Cortisolkonzentration mit 14,6 mg/dL (Suarez und Sundy 2017) und 14,2 mg/dL (Suarez et al. 2015) deutlich höher als in der vorliegenden Studie und Krankheiten waren kein Ausschlusskriterium.

Bei der Cortisol/CRP Ratio konnte im Winter ein um 0,03 höherer statistisch signifikanter Unterschied zwischen jüngeren und älteren Probandinnen zum Zeitpunkt  $T_{\text{Abend}}$  gefunden werden. Im Sommer konnte kein statistisch signifikanter Unterschied gefunden werden. Erwartet wurde, dass die älteren Probandinnen jeweils niedrigere Werte aufweisen als die jüngeren (Miller et al. 2005; Suarez et al. 2015). Das Verhältnis an  $T_{\text{Abend}}$  stimmt also mit den Literaturbefunden überein. Zu allen anderen Zeitpunkten war dies ebenfalls zu beobachten, auch wenn die Unterschiede keine statistische Signifikanz erreichen konnten. Dies ist möglicherweise auf die sehr niedrige Probandinnenanzahl zurückzuführen.

Bei verschiedenen Krankheitsbildern, vor allem bei psychischen Erkrankungen, kann eine Verschiebung der Ratio in die eine oder andere Richtung stattfinden (Sharpley et al. 2019). Da diese Erkrankungen in der vorliegenden Arbeit als Ausschlusskriterien gewertet wurden, können natürlich keine Verschiebungen beobachtet werden.

Beim Vergleich zwischen den Jahreszeiten hat sich ein statistisch signifikanter Unterschied bei den älteren Probandinnen zum Zeitpunkt  $T_{60}$  gezeigt. Hier wiesen die Älteren im Winter einen um 0,05 niedrigeren Wert auf. Zur Cortisol:CRP Ratio und den Jahreszeiten konnte keine Literatur gefunden werden.

## **7.6 Gibt es einen Zusammenhang zwischen der jahreszeitlichen Sonneneinstrahlung und der Cortisol- und CRP-Konzentration?**

### **7.6.1 Zu Zusammenhang zwischen den Speichelcortisolkonzentrationen und dem Sonnenauf- und Sonnenuntergang und der Tageslänge**

Bei den jüngeren Probandinnen gab es im Winter einen geringen bis mittleren statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen dem Sonnenuntergang und der Speichelcortisolkonzentration zum Zeitpunkt  $T_0$  ( $r_s = -0,49$ ),  $T_{30}$  ( $r_s = -0,50$ ) und  $T_{\text{Abend}}$  ( $r_s = -0,53$ ). Bei den älteren Probandinnen konnten zwischen  $T_{\text{Abend}}$  und dem Sonnenuntergang mit  $r_s = -0,58$  und der Tageslänge mit  $r_s = -0,54$  mittlere Zusammenhänge gefunden werden, die jedoch keine statistische Signifikanz erreichten. Alle weiteren Zusammenhänge wiesen nur sehr geringe bis geringe Korrelationen auf und erreichten ebenfalls keine statistische Signifikanz.

Im Sommer konnten bei den Jüngeren sehr geringe bis geringe positive und negative Zusammenhänge gefunden, die alle statistisch nicht signifikant waren. Bei den Älteren konnten zwischen der Speichelcortisolkonzentration zum Zeitpunkt  $T_0$  und dem Sonnenaufgang ein mittlerer statistisch signifikanter Zusammenhang mit  $r_s = 0,57$  gefunden werden und ein mittlerer Zusammenhang zwischen der Speichelcortisolkonzentration zum Zeitpunkt  $T_0$  und der Tageslänge mit  $r_s = -0,52$ . Dieser war statistisch nicht signifikant.

Anders ausgedrückt bedeutet dies, je später die Sonne im Winter unterging und je länger der Tag war, desto niedriger war die Cortisolkonzentration am Morgen. Im Sommer kann gesagt werden, dass bei den Älteren die Cortisolkonzentration direkt nach dem Aufwachen niedriger ist, je früher die Sonne aufgeht und je länger der Tag ist. Dies wird durch den mittleren statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen dem Sonnenuntergang und der Haarcortisolkonzentration der Älteren im Winter mit  $r_s = -0,52$  gestützt.

Bei der Speichelcortisolkonzentration zum Zeitpunkt  $T_{\text{Abend}}$  stimmt das Ergebnis dieser Studie mit einigen Literaturbefunden überein. Dies weist darauf hin, dass Abendcortisol eher von äußeren Lichteinflüssen beeinflusst wird als das Morgencortisol. An blinden Personen hat sich gezeigt, dass es keinen statistisch signifikanten Unterschied beim Morgencortisol und einer normalsichtigen Kontrollgruppe gab (Aubin et al. 2017). Eine andere Studie fand heraus, dass Lichtexposition am Morgen zu erhöhten Cortisolkonzentrationen führt, am Abend jedoch keinen Einfluss hat (Scheer et al. 1999).

Eine weitere Studie fand gegenteilig heraus, dass die Morgencortisolwerte mit früheren Sonnenaufgängen absinken (Hadlow et al. 2014). Hier wurde herausgefunden, dass die

mittlere Cortisolkonzentration für jede Stunde, die die Sonne später aufging, um 5% anstieg. 2018 fanden Hadlow et al. heraus, dass bei Probanden in Australien mit dem späteren Sonnenaufgang die Cortisolkonzentration mit jeder Stunde um 6,9% ansteigt. Die Morgencortisolwerte sollten eigentlich nicht vom Zeitpunkt des Sonnenunterganges beeinflusst werden, da dieses Ereignis nach der Probensammlung erfolgt. Bei einer größeren Anzahl an Probandinnen wären die Zusammenhänge vielleicht deutlicher gewesen.

Da dieses Phänomen nur im Winter aufgetreten ist und nicht im Sommer, scheint die eigentliche Ursache nicht die Dauer der Sonneneinstrahlung zu sein. Ob die Ursache die Lichtintensität ist, soll im nächsten Kapitel näher diskutiert werden.

Eine weitere Erklärung liefern Wehr et al. (1993). In der Studie wurde die Hypothese aufgestellt, dass sich durch elektrisches Licht die Wintertage nicht mehr von den Sommertagen unterscheiden und somit keine natürlichen Veränderungen auftreten. Dies würde von Vondrasová et al. (1997) unterstützt werden. Sie setzten 8 junge Probanden einige Tage langem Licht aus (Licht zu Dunkel 16:8) und einige Tage kurzen Licht (Licht zu Dunkel 8:16). Hier zeigte sich, dass die Cortisolkonzentration am Morgen an „echten“ Wintertagen später ansteigt. Dies geschieht trotzdem vor dem Sonnenaufgang. Außerdem erreichte die CAR an kurzen Tagen nicht so hohe Werte wie an langen Tagen. Eine echte Auswirkung der Tageslänge scheint sich nur bei Probanden zu zeigen, die in höheren Längengraden wohnen (Vondrasová et al. 1997). Beispiele hierfür sind Schweden mit 60° Nord und die Antarktis mit 68° Süd. Die vorliegende Untersuchung aus Kiel weist einen Längengrad von 54° Nord. Auch Hadlow et al. 2018 konnten beobachten, dass Cortisol stärker von der Tageslänge beeinflusst wird, je weiter man sich (südlich) vom Äquator entfernt.

### **7.6.2 Zu Zusammenhang zwischen den Speichelcortisolkonzentrationen und der Lichtstrommenge**

Die Lichtstrommenge gibt an, wie viel Licht auf die Probandinnen getroffen ist. Hierbei ist sowohl ambientes Licht als auch das Sonnenlicht gemeint.

Bei den jüngeren Probandinnen gab es im Winter zwei mittlere statistisch signifikante Zusammenhänge zwischen der Speichelcortisolkonzentration zum Zeitpunkt T<sub>45</sub> und der Lichtstrommenge zum Zeitpunkt des Aufwachens ( $r_s = -0,56$ ) und zwischen der Speichelcortisolkonzentration zum Zeitpunkt T<sub>60</sub> und der Lichtstrommenge zum Zeitpunkt des Aufwachens ( $r_s = -0,52$ ). Auch der Tagesabfall 2 weist mit  $r_s = -0,49$  einen mittleren statistisch signifikanten Zusammenhang mit der Lichtstrommenge zum Zeitpunkt des

Aufwachens auf. Alle weiteren Zusammenhänge waren sehr gering bis gering und erreichten keine statistische Signifikanz. Bei den älteren Probandinnen konnten jeweils mittlere Zusammenhänge zwischen der Speichelcortisolkonzentration zum Zeitpunkt T<sub>30</sub>, T<sub>45</sub> und T<sub>60</sub> und der Lichtstrommenge in der ersten Stunde nach dem Aufwachen gefunden werden. Der Zusammenhang zwischen der Speichelcortisolkonzentration zum Zeitpunkt T<sub>30</sub> erreichte keine statistische Signifikanz. Außerdem gab es einen mittleren statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen dem Tagesabfall 2 und der Lichtstrommenge am Abend mit  $r_s = 0,58$ .

Beim Vergleich der Mittelwerte der Lichtstrommenge hat sich gezeigt, dass sich die jüngeren und die älteren Probandinnen im nur in der ersten Stunde nach dem Aufwachen im Winter statistisch signifikant voneinander unterscheiden. Hier wiesen die Jüngeren fast nur die Hälfte der Lichtstrommenge der Älteren auf. Ansonsten war bei der Zubettgehzeit im Winter eine Tendenz zu beobachten. Hier wiesen die Jüngeren den höheren Mittelwert auf.

Bei den jüngeren Probandinnen stimmt das Ergebnis im Winter mit einigen Literaturbefunden überein. Das Morgencortisol sollte nicht so stark von äußeren Faktoren beeinflusst werden (Aubin et al. 2017). Allerdings ist die Cortisolkonzentration in der vorliegenden Studie umso niedriger, je höher die Lichtstrommenge war.

Erwartet wurde jedoch, dass die Cortisolkonzentration höher ist, je höher die Lichtstrommenge war, da Cortisol durch Licht aktiviert wird (Rusak und Zucker 1979). Dies hat sich auch in der Studie von Schmidt et al. (2018) gezeigt. Sie fanden heraus, dass Cortisol nach einer abendlichen Beleuchtung der Probanden mit blauem Licht zu einem Anstieg der Cortisolkonzentration geführt hat. Auch morgendliche Lichtexposition zwischen 05:00 Uhr und 08:00 Uhr führt nach Leproult et al. (2001) bei Probanden zu einer Erhöhung der Cortisolkonzentration am Morgen um 50%. Leproult et al. (2001) fanden auch heraus, dass dieselbe Bestrahlung am Nachmittag keinen Effekt gezeigt hat. Außerdem fanden sie heraus, dass es bei weniger als 150 Lux keinen Effekt zu beobachten gab. Scheer und Buijs (1999) kamen zu dem gleichen Ergebnis. Sie bestrahlten ihre Probanden in der ersten Stunde nach dem Aufwachen mit 800 Lux. Zu spätes Bestrahlen mit Licht führt zu keinem Anstieg der Cortisolkonzentration (Sahin et al. 2014). Dies könnte in der vorliegenden Studie die Ursache für die fehlenden Zusammenhänge im Winter am Morgen sein. Die Lichtexposition war am Morgen möglicherweise nicht stark genug.

Da sich die beiden Probandinnengruppen in der ersten Stunde nach dem Aufwachen statistisch signifikant in der Lichtstrommenge voneinander unterscheiden, jedoch kein

Zusammenhang gefunden werden konnte, könnte dies ein möglicher Hinweis darauf sein, dass die Lichtstrommenge insgesamt nicht ausgereicht hat, um einen Effekt zu erzielen.

Im Sommer weisen die beiden Probandinnengruppen jeweils sehr geringe bis geringe Zusammenhänge auf, die statistisch nicht signifikant waren.

Beim Vergleich der Mittelwerte konnte im Sommer kein statistisch signifikanter Unterschied festgestellt werden.

Bei den Jahreszeiten wurden stets die höheren Mittelwerte im Sommer erreicht. Nur bei der Zubettgehzeit war der Mittelwert im Winter höher als im Sommer. Es unterscheiden sich alle Zeiträume der Lichtstrommenge bis auf die Zubettgehzeit statistisch signifikant voneinander.

Erwartet wurde, dass die CAR und die morgendlichen Cortisolkonzentrationen von der Lichtstrommenge während der ersten 30-45 Minuten beeinflusst werden und nicht von späteren Einflüssen (Scheer und Buijs 1999; Leproult et al. 2001; Petrowski et al. 2019).

Der Zusammenhang zwischen der DC2 und der mittleren Lichtstrommenge am Nachmittag könnte darauf hinweisen, dass Cortisol bei einer höheren Lichtstrommenge zwischen 16:00 Uhr und 19:59 Uhr nicht so stark abfällt.

Es hat sich also gezeigt, dass es im Sommer keinen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen der Lichtstrommenge und der Cortisolkonzentration am Morgen gibt. Eine Ursache hierfür könnten überlagernde Effekte sein. Es könnte sein, dass der frühere Sonnenaufgang und der spätere Sonnenuntergang mehr Einfluss auf die Cortisolkonzentration haben als die Lichtstrommenge. Des Weiteren könnte die Messmethode nicht ausreichend gewesen sein, da sie ihr Messlimit bei 1000 Einheiten hat und dies auch im Winter erreicht werden konnte.

### **7.6.3 Zu Zusammenhang zwischen den Speichelcortisolkonzentrationen und der Lichtexposition ( $lx \times min$ )**

Die Lichtexposition gibt an, wie viel Sonnenlicht die Probandinnen über einen gewissen Zeitraum ausgesetzt waren. Hierbei wurden nur die Zeiträume betrachtet, die die Probandinnen im Freien verbracht haben. Da im vorherigen Kapitel künstliches Licht mit in die Auswertung eingegangen ist, entsprechen sich die Ergebnisse zwangsläufig.

Im Winter konnten bei beiden Probandinnengruppen nur sehr geringe bis geringe positive und negative Zusammenhänge gefunden werden, die alle statistisch nicht signifikant waren.

Erwartet wurde, dass die Cortisolkonzentration mit einer höheren Lichtexposition am Morgen zunimmt (Rusak und Zucker 1979; Leproult et al. 2001). Adamsson et al. (2017) fanden heraus, dass die Exposition mit Licht der Wellenlänge zwischen 450 nm und 500 nm am Nachmittag jeweils am höchsten war. Dies könnte auch eine Erklärung für die nicht vorhandenen Zusammenhänge im Winter sein. Auch wenn diese Wellenlänge in der vorliegenden Studie nicht untersucht wurde, so kann man doch vermuten, dass die Lichtexposition im Winter am Morgen womöglich einfach nicht stark genug war, um Zusammenhänge aufzuzeigen. Oder aber sie war zu spät, um die morgendliche Cortisolkonzentration zu beeinflussen, da die Sonne im Winter später aufgeht als im Sommer (Leproult et al. 2001; Sahin et al. 2014).

Adamsson et al. (2017) fanden außerdem heraus, dass die Exposition von Licht mit der Wellenlänge zwischen 450 und 500 nm im Sommer statistisch signifikant höher war als im Winter.

Eine weitere Ursache könnte auch die weniger im Freien verbrachte Zeit im Winter der Probandinnen sein. Die Jüngeren gaben an, im Winter im Mittel an Arbeitstagen 1,85 Stunden im Freien zu verbringen. Im Sommer lag der Mittelwert bei 2,00 Stunden und an freien Tagen bei 2,67 Stunden. Bei den Älteren lag der Mittelwert im Winter an freien Tagen, da der Großteil der Älteren nicht berufstätig war, bei 2,40 Stunden und im Sommer bei 3,27 Stunden.

Im Sommer konnte ein mittlerer statistisch signifikanter Zusammenhang für die jüngeren Probandinnen zwischen der Lichtexposition zwischen 08:00 Uhr und 11:59 Uhr und der Speichelcortisolkonzentration zu den Zeitpunkten  $T_0$  ( $r_s = 0,51$ ),  $T_{30}$  ( $r_s = 0,51$ ),  $T_{45}$  ( $r_s = 0,67$ ) und  $T_{60}$  ( $r_s = 0,65$ ) festgestellt werden. Außerdem besteht hier auch eine mittlere Korrelation zwischen dem erwähnten Lichtexpositionszeitraum und dem Tagesabfall 2 mit  $r_s = 0,54$ . Je mehr Licht die Jüngeren am Morgen also ausgesetzt waren, desto höher war auch die Cortisolkonzentration am Morgen.

Dies entspricht den Erwartungen (Rusak und Zucker 1979; Leproult et al. 2001). Je höher die Lichtexposition am Morgen war, desto höher war auch die Cortisolkonzentration.

Bei den älteren Probandinnen konnte zwischen der Lichtexposition des gesamten Tages und der Speichelcortisolkonzentration zum Zeitpunkt  $T_0$  ein mittlerer statistisch signifikanter Zusammenhang mit  $r_s = -0,61$  festgestellt werden. Außerdem konnten mittlere Zusammenhänge zwischen dem Tagesabfall 1 und der Lichtexposition im Zeitraum von 12:00 Uhr bis 15:59 Uhr mit  $r_s = -0,70$  und zwischen dem Tagesabfall 2 und der

Lichtexposition im Zeitraum zwischen 16:00 Uhr und 19:59 Uhr mit  $r_s = -0,53$  gefunden werden. Letzterer erreichte keine statistische Signifikanz.

Die jüngeren Probandinnen weisen über den gesamten Tag eine um 5812432,99 lx × min niedrigere mittlere Lichtexposition auf als die älteren Probandinnen. Dieser Unterschied ist statistisch signifikant. Zwischen 12:00 Uhr und 15:59 Uhr weisen die Jüngeren ebenfalls eine niedrigere mittlere Lichtexposition auf. Auch dieser Unterschied ist statistisch signifikant.

Im Vergleich zwischen den Jahreszeiten weisen sowohl die jüngeren als auch die älteren Probandinnen bis auf die Zeiträume zwischen 04:00 – 07:59 Uhr und 20:00 – 23:59 Uhr im Sommer statistisch signifikant höhere Werte auf als im Winter. Dies stimmt mit den Ergebnissen von Adamsson et al. (2017) überein, die ebenfalls im Sommer die höchste Lichtexposition ihrer Probanden gemessen haben. Diese lag bei 1394200 lx × min. In der vorliegenden Studie lag das Tagesmittel bei den Jüngeren im Sommer bei 5303433,91 lx × min und bei den Älteren bei 11115866,90 lx × min. Die Werte der vorliegenden Studie waren insgesamt also höher. Die Tagesmittelwerte im Winter betragen bei Adamsson et al. (2017) 91,366 lx × min und in der vorliegenden Studie bei den Jüngeren 187674,54 lx × min und bei den Älteren 641830,69 lx × min. Auch hier waren die Werte der vorliegenden Studie höher. Die Erklärung hierfür sollte der Untersuchungsort sein. Die vorliegende Studie wurde in Kiel bei 54° Nord durchgeführt und die von Adamsson et al. bei 56° Nord. Schon die verschiedenen Tageslängen führen zu unterschiedlichen möglichen Lichtexpositionen.

Obwohl die Älteren im Winter eine statistisch signifikant höhere Lichtexposition aufwiesen als die Jüngeren, zeigen sich bei ihnen nur sehr geringe bis geringe Zusammenhänge zwischen der Lichtexposition und der Cortisolkonzentration am Morgen ( $T_0 - T_{60}$ ) mit  $r_s < 0,23$  und keiner statistischen Signifikanz. Da die Jüngeren Zusammenhänge aufwiesen, kann auch hier also vermutet werden, dass es bei den älteren Probandinnen zu Veränderungen der Lichtweiterleitung im Körper kommt (s. Kap. 1.10).

#### **7.6.4 Zu Zusammenhang zwischen der CRP-Konzentration und dem Sonnenauf- und Sonnenuntergang und der Tageslänge**

Bei den jüngeren Probandinnen konnte im Winter ein hoher statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der mittleren CRP-Konzentration und dem Sonnenuntergang mit  $r_s = -0,78$  und ein mittlerer statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der mittleren CRP-Konzentration und der mittleren Tageslänge mit  $r_s = -0,66$  gefunden werden. Bei den älteren Probandinnen konnten geringe Zusammenhänge zwischen der mittleren CRP-

Konzentration und den Tagesdaten gefunden werden, die jeweils statistisch nicht signifikant waren.

Im Sommer war Ähnliches zu beobachten. Auch hier hat sich bei den jüngeren Probandinnen ein statistisch signifikanter mittlerer Zusammenhang zwischen der mittleren CRP-Konzentration und dem mittleren Sonnenuntergang mit  $r_s = -0,57$  gezeigt.

Bei den älteren Probandinnen haben sich ebenfalls nur sehr geringe bis geringe Zusammenhänge gezeigt, die alle keine statistische Signifikanz erreichen konnten.

Anders ausgedrückt bedeutet das, dass die mittlere CRP-Konzentration höher ist, je früher die Sonne untergeht und je kürzer der Tag ist. Dies stimmt mit den Erwartungen überein. Viele Literaturbefunde weisen darauf hin, dass die CRP-Konzentration im Winter höher ist als im Sommer (Guinsburg et al. 2015; Liu et al. 2015; Rudnicka 2006). Castro Dopico et al. (2015) fanden weiterhin heraus, dass die Gene für die CRP-Expression im Winter mehr exprimiert werden als im Sommer. Dies wurde in der vorliegenden Arbeit nicht untersucht. Allerdings hat sich gezeigt, dass die Werte um die Wintersonnenwende am höchsten waren und um die Sommersonnenwende am niedrigsten. Diese Beobachtungen waren jedoch nicht statistisch signifikant.

Die fehlenden statistisch signifikanten Zusammenhänge der älteren Probandinnen könnten drei Ursachen haben. 1) Es gibt keine Unterschiede bei gesunden Probandinnen. 2) Die zweite Variante ist, dass sie nicht mehr so gut in der Lage sind, die Signale für die Reizweiterleitung zur Stimulation des Immunsystems zu verarbeiten (s. Kapitel 1.10.). 3) Die dritte Ursache könnte sein, dass das Immunsystem der Älteren einfach nicht mehr so stark durch äußere Einflüsse beeinflusst wird. Es konnte keine weitere Literatur zum Thema CRP und Sonnenauf- bzw. -untergang oder der Tageslänge gefunden werden. Ob der Zusammenhang durch die unterschiedlichen Lichtverhältnisse zu den beiden Jahreszeiten diskutiert werden kann, soll in den folgenden beiden Kapiteln geklärt werden.

#### **7.6.5 Zu Zusammenhang zwischen der CRP-Konzentration und der Lichtstrommenge**

Im Winter hat sich bei den jüngeren Probandinnen ein mittlerer Zusammenhang zwischen der mittleren CRP-Konzentration und der Lichtstrommenge am Nachmittag mit  $r_s = -0,52$  gezeigt, welcher jedoch keine statistische Signifikanz erreichte. Bei den älteren Probandinnen konnten nur sehr geringe bis geringe positive und negative Zusammenhänge gefunden werden, die statistisch nicht signifikant waren.

Im Sommer haben sich bei den Jüngeren nur sehr geringe bis geringe negative Zusammenhänge gezeigt, die alle nicht statistisch signifikant waren.

Bei den Älteren haben sich mittlere bis hohe Zusammenhänge zwischen der mittleren CRP-Konzentration und der Lichtstrommenge in der ersten Stunde nach dem Aufwachen ( $r_s = 0,74$ ), mittags ( $r_s = 0,54$ ), nachmittags ( $r_s = 0,60$ ) und über den gesamten Tag ( $r_s = 0,51$ ) gezeigt. Alle weiteren Zusammenhänge sowie der letzte aufgeführte waren gering bis mittel und erreichten keine statistische Signifikanz.

Die Ergebnisse im Winter weisen darauf hin, dass die Lichtstrommenge, welche aus künstlichem und natürlichem Licht besteht, nicht den Erwartungen nach der Tageslänge entspricht (s. Kap. 7.6.4.). Die Ursache könnte sein, dass das künstliche Licht diesen Zusammenhang überlagert und die natürliche Struktur nicht mehr zum Tragen kommt. Möglicherweise ist das künstliche Licht, das im Winter vorherrscht, auch nicht stark genug, um einen Effekt zu erzielen. Es könnte auch sein, dass das Immunsystem nicht von der Lichtstrommenge beeinflusst wird. Ein Hinweis könnten die Studien von Meier-Ewert et al. (2001) und von Rudnicka (2006) sein, die beide keinen circadianen Verlauf der CRP-Konzentration finden konnten.

Der Zusammenhang bei den älteren Probandinnen im Sommer ist überraschend, da aufgrund von Alterungsprozessen eher bei den Jüngeren ein Zusammenhang erwartet wurde. Auch entspricht dieser Zusammenhang nicht den Erwartungen. Aufgrund der höheren Werte im Winter wurde erwartet, dass die CRP-Konzentration eher negativ mit der Lichtstrommenge korreliert (Guinsburg et al. 2015; Liu et al. 2015; Rudnicka 2006). Zum Zusammenhang zwischen CRP und der Lichtstrommenge konnte keine weitere Literatur gefunden werden.

#### **7.6.6 Zu Zusammenhang zwischen der CRP-Konzentration und der Lichtexposition (Lx × min)**

Im Winter haben sich bei beiden Probandinnengruppen nur sehr geringe bis geringe positive und negative statistisch nicht signifikante Zusammenhänge gezeigt.

Im Sommer konnten bei den jüngeren Probandinnen ebenfalls nur geringe positive und negative Zusammenhänge gezeigt werden

Bei den älteren Probandinnen hat sich zwischen der mittleren CRP-Konzentration und der Lichtexposition über den gesamten Tag mit  $r_s = -0,66$  ein mittlerer statistisch signifikanter Zusammenhang gezeigt. Außerdem konnte ein mittlerer statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der mittleren CRP-Konzentration und der Lichtexposition von 12:00 Uhr bis 15:59 Uhr mit  $r_s = 0,69$  gefunden werden.

Hier entsprechen die Ergebnisse der älteren Probandinnen im Sommer teilweise den Erwartungen nach den Zusammenhängen der Tageslänge bzw. des Sonnenuntergangs. Da in diesem Abschnitt nur das natürliche Licht betrachtet wurde, kann die Ursache für die fehlende Übereinstimmung der übrigen Ergebnisse nicht das moderne Leben mit künstlichem Licht sein, welches die Effekte überlagern könnte. Eine Überlegung ist jedoch auch hier, dass die Lichtexposition im Winter nicht ausgereicht hat, um einen Effekt aufzuzeigen. Unerwartet ist auch wiederum der positive Zusammenhang zwischen der Lichtexposition über den gesamten Tag und der CRP-Konzentration bei den älteren Probandinnen. Auch hier wurde erwartet, dass die höhere Lichtexposition eher mit einer niedrigeren CRP-Konzentration einhergeht (Guinsburg et al. 2015; Liu et al. 2015; Rudnicka 2006). Es könnte allerdings sein, dass der Zusammenhang der Älteren in diesem Fall nicht der direkte Zusammenhang zwischen der CRP-Konzentration und der Lichtexposition ist, sondern ein indirekter. Wie in Kapitel 8.4.1 bereits angesprochen, könnte dieser Zusammenhang durch kleine Entzündungen in der Haut im Sommer durch die Sonneneinstrahlung erklärt werden (Laihia et al. 2005). Die Älteren können aufgrund von Alternsprozessen einen schlechteren Schutz gegen die Sonneneinstrahlung aufweisen, da sich die Hautbarriere bei älteren Menschen nicht mehr so gut regenerieren kann. Außerdem summieren sich die Hautschäden mit der Zeit (Krutmann et al. 2005). Dabei könnte es sein, dass sich diese kleinen Schädigungen der Haut in einer niedrigen Erhöhung der CRP-Konzentration widerspiegeln.

Hierbei wird nicht von wirklichen Sonnenbränden gesprochen, sondern nur von den täglich auftretenden Schäden durch das Sonnenlicht. In den USA hat sich nämlich gezeigt, dass jüngeren Menschen deutlich häufiger akute Sonnenbrände aufweisen als ältere (Holman et al. 2014).

Eine weitere Vermutung ist, dass nicht die unterschiedlichen Lichtverhältnisse zu den beiden Jahreszeiten ausschlaggebend sind, sondern möglicherweise Kältestress. Zu diesem Thema konnte allerdings keine Literatur gefunden werden.

Es hat sich jedoch gezeigt, dass es einige Zusammenhänge zwischen der CRP-Konzentration und den anthropometrischen Merkmalen und der Körperzusammensetzung gibt. Im Winter gibt es bei den Älteren zwei mittlere positive statistisch signifikante Zusammenhänge zwischen der mittleren CRP-Konzentration und dem Körpergewicht ( $r_s = 0,56$ ) und dem Bauchumfang ( $r_s = 0,60$ ). Im Sommer gibt es fünf mittlere bis hohe positive Zusammenhänge zwischen der mittleren CRP-Konzentration und dem Körpergewicht ( $r_s =$

0,73), dem Bauchumfang ( $r_s = 0,67$ ), dem BMI ( $r_s = 0,73$ ), der prozentualen Körperfettmasse ( $r_s = 0,57$ ) und der Körperfettmasse ( $r_s = 0,67$ ). Diese Zusammenhänge sind alle statistisch signifikant. Nach Trayhurn und Wood (2004) sind Fettzellen vermutlich auch in der Lage, CRP zu produzieren, was diese Zusammenhänge erklären würde.

Zusammenfassend lässt sich also sagen, dass sich für CRP anscheinend kein Zusammenhang mit Lichteinwirkung oder -exposition feststellen ließ und dass die Körperzusammensetzung womöglich einen größeren Einfluss hat.

## **7.7 Methodenkritik**

### Probandenkollektiv

Einer der größten Kritikpunkte ist die sehr geringe Anzahl an Probandinnen (Winter 2018 N = 41), welche durch die Aufteilung in die Gruppen ältere und jüngere Probandinnen und die Ausstiegsquote im Sommer (Sommer N = 34) zusätzlich verringert wurde. Ursache hierfür ist sicherlich der mit vier Studientagen hohe Aufwand für die Probandinnen. Außerdem war der erste Untersuchungszeitraum begrenzt, weshalb nicht mehr Probandinnen im Zeitfenster rekrutiert werden konnten. Außerdem wurden bei den verschiedenen Messmethoden noch Probandinnen ausgeschlossen, weil sie die Voraussetzungen nicht erfüllten oder die Messung nicht richtig ausgeführt haben. Daher kommt es besonders bei den Speichelcortisolmessungen zu einer geringen Probandinnenanzahl und die daraus resultierende abgeschwächte statistische Power.

### Studiendesign

Der größte Kritikpunkt am Studiendesign sind die Messungen, die die Probandinnen zu Hause durchgeführt haben. Trotz genauer Instruktion und der Möglichkeit, die Untersucherin jederzeit telefonisch zu erreichen, sowie elektronischer Kontrolle, kam es vermehrt zu Fehlern bei der Sammlung von Speichelproben. Außerdem mussten die Probandinnen während der vier Untersuchungstage sehr viele Verhaltensweisen beachten. Die Probandinnen waren angehalten, an den Untersuchungstagen 1 bis 3 abends ab 18 Uhr zu Hause zu sein. Darüber hinaus mussten die Probandinnen Protokoll über mehrere Untersuchungspunkte führen, um äußere Einflüsse so gut wie möglich miteinzubeziehen. Hier kann nicht garantiert werden, dass die Probandinnen die Anweisungen befolgt haben und die gemachten Angaben der Wahrheit entsprechen. Das Gleiche gilt für die Angaben, die auf den jeweiligen Fragebögen gemacht wurden. Bei Messungen zu Hause kommt es generell zu Einflüssen, die nicht protokolliert werden können und dadurch die Messwerte verfälschen könnten.

### Fragebögen

Generell kann bei der Beantwortung von Fragebögen durch Probandinnen nicht garantiert werden, dass die gemachten Angaben der Wahrheit entsprechen. Beim PSQI und ESS-Fragebogen kommt hinzu, dass die Angaben rückblickend über vier Wochen gemacht werden sollten. Da die meisten Jüngerer Studierende waren, waren ihre Tage je nach Verteilung der Kurse sehr unterschiedlich. Außerdem war es besonders schwierig für Probandinnen, die eher unregelmäßige Aufsteh- und Zubettgehzeiten aufweisen. Das Gleiche gilt für den ESS-Fragebogen.

Beim Fragebogen zur Erfassung des Stresslevels („Perceived Stress Scale“ PSS-10) kann es ebenfalls zu Verfälschungen gekommen sein, da das Empfinden von Stress sehr subjektiv ist.

### Speichelcortisol

Der Vorteil der Speichelcortisolmessung zu Hause ist, dass die Probandinnen die Proben nicht-invasiv in ihrer gewohnten Umgebung nehmen konnten. Dadurch wurde die Beeinflussung durch akuten Stress minimiert. Der Nachteil an dieser Methode ist jedoch, dass die Untersucherin nicht kontrollieren kann, ob die Proben richtig gesammelt wurden. Obwohl die Probandinnen darüber aufgeklärt wurden, dass sie sowohl bei der Aufwachzeit, als auch bei den Sammelzeitpunkten, mit Hilfe der MEMS und der SOMNOWatch™ plus elektronisch überwacht werden, wurden die Zeiten nicht immer eingehalten. So kam es häufig vor, dass die erste Probe nicht direkt nach dem Aufwachen genommen wurde und alle anderen Proben daher um einige Minuten verschoben waren. Fünf Minuten sind laut Stalder et al. (2016) tolerabel. Die Daten einiger Probandinnen mussten bei größeren Überschreitungen aus der Analyse entfernt werden. Dadurch war es nicht immer möglich, den richtigen Cortisolverlauf darzustellen. Außerdem wurden nur an zwei Tagen Cortisolproben genommen. Es wäre besser gewesen, die Proben über mehrere Tage zu sammeln, um die Schwankungen von Tag zu Tag auszugleichen. Die Belastung der Probandinnen sollten jedoch nicht zu hoch werden, weshalb am Ende nur an zwei Tagen Proben gesammelt wurden. Außerdem hätten andere Methoden, z. B. aus Blut, Stress für die Probandinnen bedeutet, was die Werte ebenfalls beeinflusst hätte.

### CRP-Messungen

Die Messung des CRPs hing größtenteils vom Messgerät ab. Hierbei ist zu kritisieren, dass das Messgerät sein messbares Minimum bei Kapillarblut bei 0,80 mg/L hat. Dadurch konnten feinere Unterschiede nicht erkannt werden. Darüber hinaus gab das Messgerät nach

der Einbeziehung des Hämatokritwertes teilweise Werte mit  $< [\text{Wert}]$  („kleiner als  $[\text{Wert}]$ “) an. Aus diesen Angaben konnten keine Mittelwerte gebildet werden, sondern nur Kategorien.

#### Aktigrafie und Messung des Lichtstroms

Die Aktigrafiemessung und die Messung des Lichtstroms erfolgten jeweils mit Hilfe der SOMNOwatch™ plus (SOMNOmedics, Randersacker). Es wurde nicht die gesamte Aktigrafie ausgewertet, sondern nur die Aufsteht- und Zubettgehzeiten. Für die subjektive Aufsteh- bzw. Zubettgehzeit mussten die Probandinnen einen Knopf an der Uhr drücken, der dann einen kurzen Ton von sich gab. Vor allem die älteren Probandinnen hatten hierbei Probleme den Ton wahrzunehmen. Außerdem hat der Knopf das Drücken nicht immer aufgezeichnet. Die objektive Messung der Aufwach- und Einschlafzeiten wurden mit Hilfe der Bewegungssensoren der Uhr bestimmt. Der Nachteil hierbei ist, dass eine größere Unruhe beim Schlafen und die dadurch resultierenden Bewegungen eher als Wachzustand gewertet werden. Dadurch kann es auch zu Verfälschungen bei den gemessenen Aufwach- und Einschlafzeiten kommen. Dies hat sich unter anderem bei den Abweichungen der Angaben der Probandinnen gezeigt. Die gemessenen Zeiten wurden benutzt, um zu kontrollieren, ob die Speichelproben zum richtigen Zeitpunkt genommen wurden. Eine bessere Methode wäre ein tragbares EEG-Gerät gewesen, welches das Aufwachen und Schlafen mit Hilfe von Gehirnwellen bestimmt hätte. Dies wäre allerdings für die Probandinnen zusätzlich ein sehr hoher Aufwand gewesen, was auch zu mehr Stress geführt hätte. Deshalb wurde in dieser Studie davon abgesehen.

Bei der Messung des Lichtstroms war der größte Kritikpunkt die Skala und die Einheit der Messung. Die Skala endete hier bei 1000 Lumen, was einer direkten Aussetzung von Sonnenstrahlen im Sommer entspricht. Die Werte zeigen, dass sie auch durchaus noch höher gehen würden. Bei den Probandinnen im Alltag wurden diese Werte allerdings kaum erreicht, weshalb der Faktor am Ende nicht so relevant war. Der zweite Kritikpunkt ist die Einheit, in der gemessen wurde. Diese wurde in Lumen angegeben, was allerdings im physikalischen Sinne eine Aussage über ein Leuchtmittel darstellt und nicht in Lux umgerechnet werden kann. Auch auf Nachfragen beim Hersteller konnte nicht geklärt werden, was genau die Uhr in welcher Einheit misst. Daher wurden diese Werte nicht direkt mit anderen Lux-Werten verglichen und die Einheit als von der Physik losgelöste Einheit dargestellt. Darüber hinaus konnte besonders im Winter nicht sichergestellt werden, dass die Uhr, welche am Handgelenk getragen wurde, auch immer dem Licht ausgesetzt war. Im Winter wurde sie häufig von Kleidung bedeckt, obwohl die Probandinnen instruiert waren, sie nicht zu bedecken. Dies konnte jedoch durch die Probandinnen kaum vermieden werden.

Im Sommer hingegen war dieses Problem aufgrund von kürzerer Kleidung zu vernachlässigen.

### Temperatursensoren

Die Probandinnen sollten während der drei Untersuchungstage, an denen sie den Temperatursensor getragen haben, stets eine Socke tragen und genau aufschreiben, zu welchen Zeiten sie den Chip abgenommen haben. Allerdings konnte anhand der Datenanalyse festgestellt werden, dass die Angaben der Probandinnen in einigen Fällen nicht korrekt waren. Des Weiteren berichteten einige Probandinnen, dass sie den Chip während der Nacht verloren haben. Um dies zu vermeiden, wurde der Chip mit Klebeband doppelt fixiert und den Probandinnen wurde das Klebeband mitgegeben, damit sie den Chip auch zu Hause neu fixieren können. Es könnte sein, dass die Probandinnen zu Hause nicht ausreichend Klebeband verwendet haben.

### **7.8 Ausblick**

Die immer älter werdende Gesellschaft und das Bedürfnis nach einem langen und auch gesunden Leben rücken die Forschung an altersbedingten Veränderungen immer mehr in den Mittelpunkt. Es befassen sich sehr viele Studien mit inflammatorischen Aspekten bei älteren Menschen und auch Cortisol als Stresshormon ist noch lange nicht abschließend erforscht. Viele neue Ergebnisse aus der Chronomedizin zeigen, dass bestimmte Medikamente ihre Wirkung in Abhängigkeit der Tageszeit und auch der Jahreszeit entfalten. Die Berücksichtigung dieser Faktoren könnte die Behandlung von Krankheiten noch gezielter unterstützen und mit möglichst wenig Einsatz die bestmöglichen Behandlungsergebnisse erzielen.

In kommenden Studien ist es sinnvoll, die Anzahl an Probandinnen zu erhöhen. Darüber hinaus könnten die Studien auch über mehrere Jahre gehen, um spezifische Faktoren einzelner Jahreszeiten, wie z. B. die Temperatur, zu verringern. Ein ungewöhnlich warmer Winter könnte möglicherweise zum Beispiel die Studienergebnisse in Hinblick auf Winter allgemein stark beeinflussen. Daraus resultierend sollte man auch die Temperatur berücksichtigen, um auch hier mögliche Einflüsse zu erfassen.

Um die Lichtexposition noch genauer zu erfassen sollte möglichst eine Brille mit Lichtsensor getragen werden, da diese nie von Kleidung bedeckt ist und genaueren Aufschluss darüber gibt, wie viel Licht auf die Augen trifft. Dabei können auch „moderne“ Faktoren wie innere Beleuchtung besser berücksichtigt werden. Außerdem sollte auch die Temperatur in den Räumen gemessen werden. Durch diese „modernen“ Faktoren

könnten Veränderungen im Alter, die unter „natürlichen“ Bedingungen möglicherweise auftreten, überlagert werden. Hier sollte darauf geachtet werden, dass alle Messgeräte in derselben Einheit messen, um die Ergebnisse besser miteinander vergleichen zu können. Ein weiterer Punkt könnte auch die Festlegung des Beginns der Sammelzeitpunkte sein durch einen Wecker sein. Wenn dieser Zeitpunkt genormt wäre, könnten Fehler bei den Probensammlungen minimiert werden und auch die äußeren Faktoren wären bei allen Probandinnen zu den Sammelzeitpunkten gleich. Um die HPA-Achse noch besser berücksichtigen zu können, könnte man auch die Expression des GR im Speichel einbringen und hierbei auch auf Unterschiede zwischen vorhandenen SNPs eingehen.

Bei der Bestimmung der CRP-Konzentration sollte zukünftig mit Messgeräten gearbeitet werde, damit auch sehr geringe Konzentration berücksichtigt werden können, z. B. aus Serum. Des Weiteren könnte man auch weitere Immunparameter in die Studie mit einbeziehen, um die CRP-Werte zu ergänzen. Außerdem sollten weitere Faktoren wie z. B. Kälte und Hitze als mögliche Ursachen miteinbezogen werden.

Die gleiche Studie könnte auch an Männern durchgeführt werden, da auch hier die Veränderungen im Alter besser verstanden werden müssen. Von einer gemischten Studie sollte hingegen abgesehen werden, da Männer und Frauen vor allem auf dem Gebiet der Hormone starke Unterschiede aufweisen.

## 8 Zusammenfassung

Die Alternsprozesse beim Menschen betreffen auch die Reaktionen auf entzündliche Prozesse im Körper, welche häufig mit alterstypischen Krankheiten einhergehen. Im Alter kann sich der Körper auch schlechter an äußere Faktoren anpassen, was zu einer Desynchronisierung mit der Umwelt führen kann. Ziel dieser Promotion war es, den jahreszeitlichen Vergleich dieser Parameter durch eine Längsschnittstudie an gesunden älteren und jüngeren Erwachsenen im Zusammenhang mit dem Entzündungsaltern zu untersuchen. Um dies zu untersuchen, wurden in dieser Studie circadiane (24-Stunden)-Rhythmen (Cortisolkonzentration, peripherer Hauttemperaturrhythmus, Schlaf-Wach-Rhythmus) und jahreszeitliche Unterschiede der Variation des immunsuppressiven Hormons Cortisol und des Entzündungsmarkers C-reaktives Protein (CRP) betrachtet.

Um andere Einflüsse auszuschließen, unterlag diese Studie sehr strengen Ein- und Ausschlusskriterien. Es wurden im Winter 22 jüngere und 18 ältere Probandinnen untersucht. Die jüngeren Probandinnen waren im Mittel 24,41 Jahre alt und die älteren Probandinnen 69,67 Jahre alt. Im Sommer wurden 17 jüngere und 17 ältere Probandinnen der gleichen Probandinnen aus dem Untersuchungszeitraum Winter untersucht.

Die allgemeine Charakterisierung der Probandinnen erfolgte jeweils im Winter und im Sommer mit Fragebögen zur Schlafqualität (Pittsburgh Sleep Quality Index), der Erfassung der Morgen-Abend-Präferenz (deutsche Version des Morningness-Eveningness Questionnaire) und zur Tagesschläfrigkeit (Eppworth Sleepiness Scale). Über den Untersuchungszeitraum von vier Tagen wurde die Lichtstrommenge, die auf die Probandinnen traf, mit Hilfe der Somnowatch® erfasst. Diese erfasste auch die Einschlaf- bzw. Aufwachzeit. Mit einem Temperatursensor wurde alle 10 Minuten die distale Hauttemperatur am Knöchel gemessen. Zu festgelegten Zeitpunkten wurden Speichelproben gesammelt und mit Hilfe eines Enzyme Linked Immunosorbent Assay (ELISA) die Konzentration des Hormons Cortisol im Speichel bestimmt, woraus die Cortisol-Aufwachreaktion (CAR) und der Tagesabfall (DC) berechnet wurden. Am ersten und letzten Tag der beiden Untersuchungszeiträume wurde jeweils die CRP-Konzentration gemessen.

Die Ergebnisse dieser Studie haben gezeigt, dass die Speichelcortisolkonzentration bei Jüngeren zu den Zeitpunkten  $T_0$  und  $T_{\text{Abend}}$  im Winter statistisch signifikant höher ist als bei Älteren. Im Sommer traf dies zum Zeitpunkt  $T_0$  ebenfalls zu. Die Literatur kommt hierbei zu unterschiedlichen Ergebnissen. Beim Vergleich der Jahreszeiten hat sich gezeigt, dass beide Probandinnengruppen im Sommer höhere Werte aufweisen als im Winter. Dies ist bei den Jüngeren statistisch signifikant. Der Unterschied im Haarcortisol ist in beiden Jahreszeiten

statistisch nicht signifikant, jedoch weisen beide Probandinnengruppen im Sommer hoch signifikant höhere Konzentrationen auf als im Winter. Eine Ursache hierfür scheint die Dauer oder Intensität der Lichtexposition zu sein, nicht aber die Lichtstrommenge. Tageszeitliche Auswirkungen zeigten sich in dieser Studie insofern, dass die Speichelcortisolkonzentration im Winter höher war, je früher der Sonnenaufgang war. Im Sommer konnte dies nur für die Älteren bestätigt werden. Bei höheren Breitengraden sollte dies eine entscheidendere Rolle spielen.

Die Konzentration des C-reaktiven Proteins (CRP) scheint eher von der Tageslänge bzw. dem Sonnenauf- oder -untergang beeinflusst zu werden. Die Lichtstrommenge und die Dauer oder Intensität der Lichtexposition ergaben nur bei den Älteren im Winter und Sommer zwei statistisch signifikante mittlere bis hohe Zusammenhänge mit der CRP-Konzentration. Über die Jahreszeiten gab es bei beiden Probandinnengruppen keine signifikanten Unterschiede bei der Verteilung der CRP-Konzentration. Die Älteren wiesen im Winter und im Sommer statistisch signifikante positive Zusammenhänge zwischen der CRP-Konzentration und der Körperzusammensetzung und anthropologischen Merkmalen auf. Die Jüngeren nur einen statistisch signifikanten im Winter.

Bei der Cortisol/CRP Ratio hat sich gezeigt, dass es bei gesunden Probandinnen weder bei Jüngeren noch bei Älteren zu besonderen Verschiebungen in Richtung pathologischer Befunde kommt, auch wenn die Jüngeren nicht signifikant höhere Werte aufweisen als die Älteren.

Insgesamt lässt sich sagen, dass die Tageslänge erst in extremen Breitengraden eine Rolle spielt. Bei der Lichtstrommenge und Lichtexposition spielt nicht nur die Dauer eine Rolle, sondern vielmehr der Zeitpunkt und die Stärke sowie vermutlich die Zusammensetzung des Lichts, was in zukünftigen Studien untersucht werden könnte. Im Winter inhibiert künstliches Licht möglicherweise die Effekte des natürlichen Tageslichts. Vor allem bei älteren Probandinnen scheint die Körperzusammensetzung eine wichtige Rolle für die CRP-Konzentration zu spielen. Die Ratio zeigt bei gesunden Probandinnen keine statistisch signifikanten Unterschiede weder zwischen Altersgruppen noch zwischen den Jahreszeiten. Sie spielt laut Literatur eher bei vorliegenden Krankheiten eine Rolle.

## 9 Summary

The process of ageing in the human body affects the reactions to inflammatory processes which often accompany typical age-related diseases. Furthermore, at an advanced age the body is no longer able to adjust to external factors as well as it was at a younger age. This often leads to a desynchronization of the body with the environment. The objective of this study was to conduct a seasonal comparison of these parameters in a longitudinal study in a collective of healthy young and older women related to “inflammaging”. To examine this, circadian rhythms (cortisol secretion, peripheral skin temperature, sleep-wake-rhythm) and seasonal variations of the immunosuppressive hormone cortisol and the inflammatory marker C-reactive protein (CRP) were observed. Recruitment of subjects was conducted under strict inclusion and exclusion criteria to ensure that observed differences are due to biological age and not secondary influences.

To achieve this, 22 younger adult women and 18 older women were examined during winter time. The younger women were on average 24.41 years old and the older women 69.67 years. 17 of these younger and 17 of these older participants were examined both in summer and winter.

The general characterisation of the participants of the study was done once during the summer and once during the winter by means of questionnaires about the subjects’ sleep quality (Pittsburgh Sleep Quality Index), daytime preference (Morningness Eveningness Questionnaire) and daytime sleepiness (Eppworth Sleepiness Scale). In the four days of study the participants wore a Somnowatch® to record the amount of light exposure over the day. The Somnowatch® was also able to record the time of sleep and awakening. Distal skin temperatures were recorded every ten minutes by temperature sensors. At defined time points ( $T_0$ ,  $T_{30}$ ,  $T_{45}$ ,  $T_{60}$ ,  $T_{\text{Evening}}$ ) the participants collected saliva samples. The samples were used to analyse cortisol concentrations by Enzyme Linked Immunosorbent Assay (ELISA). Based on these values, the Cortisol Awakening Response (CAR) and the Diurnal Decline (DC) were calculated. On the first and on the last day of the study the CRP-concentration was measured.

The results of this study indicate that the saliva cortisol concentration at time points  $T_0$  and  $T_{\text{Evening}}$  is statistically significantly higher in younger than in older women. In the summer the concentration at the time point  $T_0$  is statistically significantly higher in the older participants, too. Other studies have shown varying results. Comparing the two seasons, both groups show higher concentrations of cortisol in the summer. In the younger group this is statistically significant. The difference in hair cortisol concentration between the age groups

is not significant. Hair cortisol concentration in the summer is significantly higher than in the winter. One reason for this seems to be the daily exposure to sunlight rather than the amount of general light exposure of the participants. The time of day showed an effect on the results, as saliva cortisol concentration was higher in winter the earlier the sunrise was. In the summer, this could only be shown in the older group. This is likely to be more important in higher latitudinal lines.

CRP concentration seems to be more affected by daylength, as well as sunrise and sunset. The amount of light exposure of the participants did not show significant correlations. The length and intensity of daily exposure to sunlight showed highly significant correlations only in the older group. Both groups of participants showed no differences in the concentration of CRP related to seasons. The older group showed statistically significant correlations between the CRP concentration and anthropometric characteristics, as well as CRP concentration and body composition in winter and in summer. In the younger group, there was one correlation only in winter.

The cortisol/CRP ratio revealed no significant shifts in healthy women, although younger women showed higher values than the older group.

In conclusion, the length of day seems to have a bigger impact in higher longitudinal lines. In the case of the amount of light exposure of the participants and the exposure of sunlight, not the duration but rather the timing and the intensity of light have a higher importance in affecting other rhythms. This could be investigated in future studies. It is possible that the composition of light also plays a role. During winter, artificial light may inhibit natural effects. Especially in the older group, body composition seems to be very important to the CRP concentration. The cortisol/CRP ratio showed no significant shifts in healthy women between age groups or seasons. It could be more important under the influence of certain diseases.

## 10 Literaturverzeichnis

Adam EK, Hawkey LC, Kudielka BM, Cacioppo JT (2006). Day-to-day dynamics of experience– cortisol associations in a population-based sample of older adults. *PNAS* 103:1705817063

Adamsson M, Laike T, Morita T (2017): Annual variation in daily light exposure and circadian change of melatonin and cortisol concentrations at a northern latitude with large seasonal differences in photoperiod length. *Journal of Physiological Anthropology* 36:6

Agrawal A, Samols D, Kushner I (2003): Transcription factor c-Rel enhances C-reactive protein expression by facilitating the binding of C/EBP $\beta$  to the promoter. *Molecular Immunology* 40:373-380

Ahmadi-Abhari S, Luben RN, Wareham NJ, Khaw KT (2013): Distribution and determinants of C-reactive protein in the older adult population: European prospective investigation into Cancer-Norfolk study. *European Journal of Clinical Investigation* 43: 899–911

Akashi M, Shungo Furudo S, Hashikawa K, Sakakibara A, Hasegawa T, Shigeta T, Minamikawa T, Komori T (2015): Postoperative abnormal response of C-reactive protein as an indicator for infectious complications after oral oncologic surgery with primary reconstruction. *Journal of Otolaryngology - Head and Neck Surgery*. 44:13-18

Albrecht U, Eichele G (2003) The mammalian circadian clock. *Current Opinion in Genetics & Development* 13:271-277

Andersson T, Simonyte K, Andrew R, Strand M, Burén J, Walker BR, Mattsson C, Olsson T (2009): Tissue-specific increases in 11 $\beta$ -hydroxysteroid dehydrogenase type 1 in normal weight postmenopausal women. *PLoS One* 4: e8475

Ando H, Ushijima K, Kumazaki M, Takamura T, Yokota N, Saito T, Irie S, Kaneko S, Fujimura A (2010): Influence of age on Clock gene expression in peripheral blood cells of healthy Women. *The Journals of Gerontology* 65:9 - 13

Ansorge S (2007): Immunsystem. In: Löffler G, Petrides PE, Heinrich PC (Hrsg.) *Biochemie und Pathobiochemie*. Heidelberg: Springer Medizin, S. 1103-1139

Aschoff, J (1960). Exogenous and endogenous components in circadian rhythms. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*, 25:11-28

Aschoff J (1962): Spontanperiodik des Menschen bei Ausschluss aller Zeitgeber. *Naturwissenschaften* 49:337-342

Aubin S, Kupers R, Ptito M, Jennum P (2017): Melatonin and cortisol profiles in the absence of light perception. *Behavioral Brain Research* 317: 515-521

Baert S, Omeij E, Verhaest D, Vermeir A (2015): Mister Sandman, bring me good marks! On the relationship between sleep quality and academic achievement. *Social Science and Medicine* 130:91-98

Balletshofer B, Gallwitz B, Coerper S, Müssig K, Hoefl S (2009): *Endokrinologie und Diabetes*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag, 227 S.

Bansal T, Pandey A, D D, Asthana AK (2014): C-reactive protein (CRP) and its association with periodontal disease: A brief review. *Journal of Clinical and Diagnostic Research* 8: ZE21-ZE24

Black S, Kushner I, Samols D (2004): C-reactive protein. *The Journal of biological chemistry* 279: 48487-48490

Buckingham JC (2006): Glucocorticoids: exemplars of multi-tasking. *British Journal of Pharmacology* 147: 258–268

Capuron L, Su S, Miller AH, Bremner JD, Goldberg J, Vogt GJ, Maisano C, Jones J, Murrain NV, Vaccarino V (2008): Depressive symptoms and metabolic syndrome: Is inflammation the underlying link? *Society of Biological Psychiatry*. 64:896-900

Castro Dopico X, Evangelou M, Ferreira RC, Guo H, Pekalski ML, Smyth DJ, Cooper N, Burren OS, Fulford AJ, Hennig BJ, Prentice AM, Ziegler AG, Bonifacio E, Wallace C, Todd JA (2015): Widespread seasonal gene expression reveals annual differences in human immunity and physiology. *NATURE COMMUNICATIONS* 6: Article Number 7000

Chen J-H, Lauderdale DS, Waite LJ (2015): Social participation and older adults' sleep. *Social Science and Medicine* 149:164-173

Craig RG, Yip JK, So MK, Boylan RJ, Socransky SS, Haffajee AD (2003): Relationship of destructive periodontal disease to the acute-phase response. *Journal of Periodontology* 74:1007-1016

Del Ponte A, Guagnano AMT, Sensi S (2004): Time-related behaviour of endocrine secretion: Circannual variations of FT3, cortisol, Hgh and serum basal insulin in healthy subjects. *Chronobiology International* 1: 297-300

- De Punder K, Heim C, Entringer S (2019): Association between chronotype and body mass index: The role of C-reactive protein and the cortisol response to stress. *Psychoneuroendocrinology* Epub 2019 Jul 24
- Dettenborn L, Tietze A, Kirschbaum C, Stalder T (2011): The assessment of cortisol in human hair: Associations with sociodemographic variables and potential confounders. *International Journal on the Biology of Stress* 15: 578-588
- De Vries MJ, Treep JA, de Pauw ES, Meijer JH (1994): The effects of electrical stimulation of the optic nerves and anterior optic chiasm on the circadian activity rhythm of the Syrian hamster: involvement of excitatory amino acids. *Brain Research* 642:206-212
- Desprès JP, Lemieux I (2006): Abdominal obesity and metabolic syndrome. *Nature* 444:881-887
- Dibner U, Schibler U, Albrecht U (2010): The mammalian circadian timing system: organization and coordination of central and peripheral clocks. *Annual Review of Physiology* 72:517–549
- Dick R, Penzel T, Fietze I, Partinen M, Hein H, Schulz J (2010): AASM standards of practice compliant validation of actigraphic sleep analysis from SOMNOwatch plus™ versus polysomnographic sleep diagnostics shows high conformity also among subjects with sleep disordered breathing. *Physiological Measurement* 31:1623-1633
- Ebersole JL, Cappelli D (2000): Acute-phase reactants in infections and inflammatory diseases. *Periodontology* 23: 19-49
- Feldman HA, Longcope C, Derby CA, Johannes CB, Araujo AB, Coviello AD, Bremner WJ, McKinley JB (2002): Age Trends in the Level of Serum Testosterone and Other Hormones in Middle-Aged Men: Longitudinal Results from the Massachusetts Male Aging Study. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* 87: 589–598
- Feller S, Vigl M, Bergmann MM, Boeing H, Kirschbaum C, Stadler T (2014): Predictors of hair cortisol concentrations in older adults. *Psychoneuroendocrinology* 39: 132-140
- Fleissner G (1996). Rhythmicität, zirkadiane Rhythmik und Schlaf. In: J. Dudel, R. Menzel & R. F. Schmidt (Eds.), *Neurowissenschaft*. Berlin: Springer-Verlag, S. 519-537
- Foley DJ, Monjan AA, Brown SL, Simonsick EM, Wallace RB, Blazer DG (1995): Sleep complaints among elderly persons: an epidemiologic study of three communities. *Sleep* 18:425-32

Franceschi C, Bonafe M, Valensin S, Olivieri F, de Luca M, Ottaviani E, de Benedictis G (2000): Inflamm-aging. An evolutionary perspective on immunosenescence. *Annals of the New York Academy of Science* 908:244-54

Francheschi C, Capri M, Monti D, Giunta S, Olivieri F, Sevini F, Panourgia MP, Invidia L, Celani L, Scurti M, Cevenini E, Castellani GC, Salvioli S (2007): Inflammaging and anti-inflammaging: a systemic perspective on aging and longevity emerged from studies in humans. *Mechanisms of Aging and Development* 128:92-105

Fries E, Dettenborn L, Kirschbaum C (2009): The cortisol awakening response (CAR): Facts and directions. *International Journal of Psychophysiology* 72:67-73

Gacouin A, Roussel M, Le Priol J, Azzaoui I, Uhel F, Fest T, Le Tulzo Y, Tadie JM (2014): Acute alcohol exposure has an independent impact on C-reactive protein levels, neutrophil CD64 expression, and subsets of circulating white blood cells differentiated by flow cytometry in nontrauma patients. *Shock* 42: 192-198

Gaffey AE, Bergeman CS, Clark LA, Wirth MM (2016): Aging and the HPA axis: Stress and resilience in older adults. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 68: 928–945

Gani DK, Lakshmi D, Krishan R, Emmadi P (2009): Evaluation of C-reactiv protein and interleukin-6 in the peripheral blood of patients with chronic periodontitis. *Journal of Indian Society of Periodontology* 13: 69-74

Gao W, Xie Q, Jin J, Qiao T, Wang H, Chen L, Deng H, Lu Z (2010): HPLC-FLU detection of cortisol distribution in human hair. *Clinical Biochemistry* 43:677-682

Garay MS, Savory KA, Sumption LA, Penketh RJA, Jones IR, Janssen AB, John RM (2019): Seasonal variation in salivary cortisol but not symptoms of depression and trait anxiety in pregnant women undergoing an elective caesarean section. *Psychoneuroendocrinology* 108: 14-19

Garde AH, Persson R, Hansen AM, Osterberg K, Ørbaek P, Eek F, Karlson B (2009): Effects of lifestyle factors on concentrations of salivary cortisol in healthy individuals. *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation* 69: 242-245

Gomes-Filho IS, Freitas Coelho JM, Seixas da Cruz S, Santana Passos J, Teixeira de Freitas CO, Aragao Farias NS, da Silva RA, Silva Pereira MN, Lopes Lima T, Lima Barreto T (2011): Chronic Periodontitis and C-Reactive Protein Levels. *Journal of Periodontology* 82: 969-978

- Goulding NJ (2004): The molecular complexity of glucocorticoid actions in inflammation – a four-ring circus. *Current Opinion of Pharmacology* 4:629-635
- Grant N, Hamer M, Steptoe A (2009): Social isolation and stress-related cardiovascular, lipid, and cortisol responses. *Annals of Behavioral Medicine* 37: 29-37
- Guinsburg AM, Usvyat LA, Etter M, Xu X, Thijssen S, Marcelli D, Canaud B, Marelli C, Barth C, Wang Y, Carioni P, van der Sande FM, Kotanko, Kooman JP (2015): Seasonal variations in mortality and clinical indicators in international hemodialysis populations from the MONDO registry. *BMC Nephrology* 16:139-149
- Hackett RA, Hamer M, Endrighi R, Brydon L, Steptoe A (2012): Loneliness and stress-related inflammatory and neuroendocrine responses in older men and women. *Psychoneuroendocrinology* 37: 1801-1809
- Hang D, Kværner AS, Ma W, Hu Y, Tabung FK, Nan H, Hu Z, Shen H, Mucci LA, Chan AT, Giovannucci EL, Song M (2019): Coffee consumption and plasma biomarkers of metabolic and inflammatory pathways in US health professionals. *American Journal of Clinical Nutrition* 109: 635-647
- Hansen ÅM, Garde AH, Skoovgard LT, Christensen JM (2001): Seasonal and biological variation of urinary epinephrine, norepinephrine, and cortisol in healthy women. *Clinica Chimica Acta* 309: 25-35
- Harding C, Pompei F, Bordonaro SF, McGillicuddy DC, Burmistrov D, Sanchez LD (2019): The daily, weekly, and seasonal cycles of body temperature analyzed at large scale. *Chronobiology International* 36: 1646-1657
- Hadlow N, Brown S, Wardrop R, Conradie J, Henley D (2018): Where in the world? Latitude, longitude and season contribute to the complex co-ordinates determining cortisol levels. *Clinical Endocrinology* 89: 299-307
- Hadlow NC, Brown S, Wardrop R, Henley D (2014): The effects of season, daylight saving and time of sunrise on serum cortisol in a large population. *Chronobiology International* 31: 243-251
- Heaney JLJ, Phillips HC, Carrol D (2010): Ageing, depression, anxiety, social support and the diurnal rhythm and awakening response of salivary cortisol. *International Journal of Psychophysiology* 78: 201-208

- Hadlow N, Brown S, Wardrop R, Conradie J, Henley D (2018): Where in the world? Latitude, longitude and season contribute to the complex co-ordinates determining cortisol levels. *Clinical Endocrinology* 89: 299-307
- Hildebrandt G, Moser M, Lehofer M (2013): *Chronobiologie und Chronomedizin*. 2. Überarb. Aufl., Weiz: Gesundheitsleitsystem, 203 S.
- Hinz A, Glaesmer H, Brähler E, Löffler M, Engel C, Enzenbach C, Hegerl U, Sander C (2017): Sleep quality in the general population: psychometric properties of the Pittsburgh Sleep Quality Index, derived from a German community sample of 9284 people. *Sleep Medicine* 30:57-63
- Hofman MA, Swaab DF (1995): Influence of aging on the seasonal rhythm of the vasopressin-expressing neurons in the human suprachiasmatic nucleus. *Neurobiology of Aging* 16: 965-971
- Hofman MA, Swaab DF (2006): Living by the clock: The circadian pacemaker in older people. *Ageing Research Reviews* 5: 33–51
- Holman DM, Berkowitz Z, Guy GP Jr, Hartman AM, Perna FM (2014): The association between demographic and behavioral characteristics and sunburn among U.S. adults - National Health Interview Survey, 2010. *Preventive Medicine* 63: 6-12
- Horvath SM, Radcliffe CE, Hutt BK, Spurr GB (1955): Meta-bolic responses of older people to a cold environment. *Journal of Applied Physiology* 8: 145–148
- Jialal I, Devaraj S, Venugopal SK (2004): C-Reactive Protein: Risk marker or mediator in atherothrombosis? *Hypertension* 44:6-11
- Kanikowska D, Sugenoja J, Sato M, Shimizu Y, Inukai Y, Nishimura N, Iwase S (2009): Seasonal variation in blood concentrations of interleukin-6, adrenocorticotrophic hormone, metabolites of catecholamine and cortisol in healthy volunteers. *International Journal of Biometerology* 53: 479-485
- Kanikowska D, Roszak M, Rutkowski R, Sato M, Sikorska D, Orzechowska Z, Breborowicz A, Witowski J (2019): Seasonal differences in rhythmicity of salivary cortisol in healthy adults. *Journal of Applied Physiology* 126: 764-770
- Kenney WL, Armstrong CG (1996): Reflex peripheral vasoconstriction is diminished in older men. *Journal of Applied Physiology* 80: 512–515

- Kenney, WL, Munce, TA (2003): Invited review: aging and human temperature regulation. *Journal of Applied Physiology* 95:2598-2603
- Kino T, Chrousos GP (2011): Acetylation-mediated Epigenetic Regulation of Glucocorticoid Receptor Activity: Circadian Rhythm-associated Alterations of Glucocorticoid Actions in Target Tissues. *Molecular Cell Endocrinology* 336: 23-30
- Kirkwood TB (1997): The origins of aging. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 352: 1765-1772
- Klein EM, Brähler E, Dreier M, Reinecke L, Müller KW, Schmutzer G, Wölfling K, Beutel ME (2016): The german version of the Perceived Stress Scale – psychometric characteristics in a representative german community sample. *BMC Psychiatry* 16: 159-169
- Knußmann, R (1988). Somatometrie. In: R. Knußmann (Ed.), *Anthropologie. Handbuch der vergleichenden Biologie des Menschen. Band I: Wesen und Methoden der Anthropologie. 1. Teil: Wissenschaftstheorie, Geschichte, morphologische Methoden.* Stuttgart, New York: Fischer, S. 232-285
- Köhrle J, Petrides PE (2007): Hypothalamisch-hypophysäres System und Zielgewebe. In: Löffler G, Petrides PE, Heinrich PC (Hrsg.) *Biochemie und Pathobiochemie.* Heidelberg: Springer Medizin, S. 841-891
- Kräuchi K, Wirz-Justice, A (1994): Circadian rhythm of heat production, heart rate, and skin and core temperature under unmasking conditions in men. *American Journal of Physiology.* 267:819-829
- Krutman J, Diepgen T, Billman-Krutmann C (2008): *Hautalterung: Grundlagen – Prävention – Therapie.* 2. Überarb. Auflage. Heidelberg: Springer Medizinischer Verlag, 283 Seiten
- Kudielka BM, Kirschbaum C (2003): Awakening cortisol responses are influenced by health status and awakening time but not by menstrual cycle phase. *Psychoneuroendocrinology* 28: 35-47
- Kurth T (2011): Entwicklung. In: Munk K (Hrsg.) *Taschenlehrbuch Biologie: Zoologie.* Stuttgart: Georg Thieme Verlag, S. 298-358
- Kuoppamäki M, Salminen M, Vahlberg T, Irjala K, Kivelä SL, Rähä I (2015): High sensitive C-reaktive-protein (hsCRP), cardiovascular events and mortality in the aged: A prospective 9-year follow -up study. *Archives of Gerontology and Geriatrics* 60: 112-117

Lachenmeier D (2003): Neue Methodenkombination aus dynamischer Festphasenextraktion, Gaschromatographie und Massenspektrometrie für den Einsatz in der forensisch-toxikologischen Haaranalytik. Dissertation, Fachbereich Biologie, Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, 77S.

Laihia JK, Koskinen JO, Waris ME, Jansén CT (2005): Adaptation of the human skin by chronic solar-simulating UV irradiation prevents ultraviolet-B irradiation-induced rise in serum C-reactive protein levels. *Photochemistry and Photobiology* 81: 654-658

Leproult R, Colecchia EF, L'Hermite-Balériaux M, Van Cauter E (2001): Transition from dim to bright light in the morning induces an immediate elevation of cortisol levels. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 86: 151-157

Levine A, Zagoory-Sharon O, Feldman R, Lewis JG, Weller A (2007): Measuring cortisol in human psychobiological studies. *Physiology & Behavior* 90: 43-53

Li ZM, Wang LX, Jiang LC, Zhu JX, Geng FY, Qiang F (2009): Relationship between plasma cortisol levels and stress ulcer following severe head injury. *Medical Principles and Practice* 19:17-21

Lipsky MS, King M (2015): Biological theories of aging. *Disease-a-Month* 61: 460-466

Liu B, Taioli M (2015): Seasonal variations of complete blood count and in inflammatory biomarkers in the US population-Analysis of NHANES Data. *PLoS ONE* 10: e0142382

Madea B, Musshoff F (2004): *Haaranalytik: Technik und Interpretation in Medizin und Strafrecht*. Köln: Deutscher Ärzte-Verlag, 399 S.

Maki T, Pham NM, Yoshida D, Yin G, Ohnaka K, Takayanagi R, Kono S (2010): The relationship of coffee and green tea consumption with high-sensitivity C-reactive protein in Japanese men and women. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine* 48: 849-854

Marion GS, McGann KP, and Camp DL (1991): Core body temperature in the elderly and factors which influence its measurement. *Gerontology* 37: 225-232

Martinez-Nicolas A, Meyer M, Hunkler S, Madrid JA, Rol MA, Meyer AH, Schötzau A, Orgül S, Kräuchi K (2015): Daytime variation in ambient temperature affects skin temperatures and blood pressure: Ambulatory winter/summer comparison in healthy young women. *Physiology & Behavior* 149: 203-211

Meier-Ewert HK, Ridker PM, Rifai N, Price N, Dinges DF, Mullington MF (2001): Absence of diurnal Variation of C-reactive Protein concentrations in healthy human subjects. *Clinical Chemistry* 47: 426–430

Madeira MD, Sousa N, Santer RM, Paula-Barbosa MM, Gundersen HJ (1995); Age and sex do not affect the volume, cell numbers, or cell size of the suprachiasmatic nucleus of the rat: An unbiased stereological study. *Journal of Comparative Neurology* 361:585-601

Middeke M (2005): *Arterielle Hypertonie*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag, 253 S.

Miller GE, Rohleder N, Stetler C, Kirschbaum C (2005): Clinical depression and regulation of the inflammatory response during acute stress. *Psychosomatic Medicine* 67:679–687

Moffat SD, An Y, Resnick SM, Diamond MP, Ferrucci L (2018): Longitudinal change in cortisol levels across the adult life span. *Journals of Gerontology* Vol. XX, No. XX, 1–7

Morf J, Schibler U (2013): Body temperature cycles: Gatekeepers of circadian clocks

Müller-Esterl W, Brandt U, Anderka, O Kerscher S (2011): *Biochemie: Eine Einführung für Mediziner und Naturwissenschaftler*. 2. Aufl. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag, 738 S.

Münch M, Cajochen C, Wirz-Justice A (2005): Schlaf und zirkadiane Rhythmik im Alter. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*. 38(Suppl 1/21-I/23)

Myers BL, Badia P (1995): Changes in circadian rhythms and sleep quality with aging: mechanisms and interventions. *Neuroscience and Behavioral Reviews* 19: 553-571

NACB LMPG Committee Members (2009): National academy of clinical biochemistry and laboratory medicine practice guidelines: Emerging biomarkers for primary prevention of cardiovascular disease. *Clinical Chemistry* 55: 378-384

Nader N, Chrousos GP, Kino T (2009): Circadian rhythm transcription factor CLOCK regulates the transcriptional activity of the glucocorticoid receptor by acetylating its hinge region lysine cluster: potential physiological implications. *FASEB Journal* 25:1572-1583

Nader N, Chrousos GP, Kino T (2010): Interactions of the circadian CLOCK system and the HPA axis. *Trends in Endocrinology and Metabolism* 21: 277-286

Niemelä O, Nivukoski U, Bloigu A, Bloigu R, Aalto M, Laatikainen T (2019): Laboratory test based assessment of WHO alcohol risk drinking levels. *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation* 79: 58-64

- Olbrich D, Dittmar M (2012): The cortisol awakening response is related with *PERIOD1* clock gene expression in older women. *Experimental Gerontology* 47:527-533
- Panda A, Arjona A, Sapey E, Bai F, Fikrig E, Montgomery RR, Lord JM, Shaw AC (2009): Human innate Immunosenescence: causes and consequences for immunity in old age. *Trends in Immunology*. 30: 325-33
- Papakonstantinou E, Kechribari I, Sotirakoglou K, Tarantilis P, Gourdomichali T, Michas G, Kravvariti V, Voumvourakis K, Zampelas A (2016): Acute effects of coffee consumption on self-reported gastrointestinal symptoms, blood pressure and stress indices in healthy individuals. *Nutrition Journal* 15:26
- Pearson TA, Mensah GA, Alexander RW, Anderson JL, Cannon III RO, Criqui M, Yazid Fadl YY, Fortmann SP, Hong Y, Myers GL, Rifai N, Smith Jr SC, Taubert K, Tracy RP, Vinicor F (2003): Markers of inflammation and cardiovascular disease application to clinical and public health practice - A statement for healthcare professionals from the Centers for Disease Control and Prevention and the American Heart Association. *Circulation* 107:499-511
- Persson R, Garde AH, Hansen ÅM, Kai Österberg, Larsson B, Ørbæk P, Karlson B (2008): Seasonal Variation in Human Salivary Cortisol Concentration. *Chronobiology International* 25: 923–937
- Petrides PE (2007): Blut. In: Löffler G, Petrides PE, Heinrich PC (Hrsg.) *Biochemie und Pathobiochemie*. Heidelberg: Springer Medizin, S. 951-999
- Petrowski K, Schmalbach B, Niedling M, Stalder T (2019): The effects of post-awakening light exposure on the cortisol awakening response in healthy male individuals. *Psychoneuroendocrinology* 108:28-34
- Pierre K, Schlesinger N, Androulakis IP (2017): The Hepato-Hypothalamic-Pituitary-Adrenal-Renal Axis: Mathematical Modeling of Cortisol's Production, Metabolism, and Seasonal Variation. *Journal of Biological Rhythms* 32: 469-484
- Pruessner JC, Wolf OT, Hellhammer DH, Buske-Kirschbaum A, von Auer K, Jobst S, Kaspers F, Kirschbaum C (1997): Free Cortisol levels after awakening: A reliable biological marker for the assessment of adrenocortical activity. *Life Sciences* 61:2539-2549
- Pyter LM, Adelson JD, Nelson RJ (2007): Short Days Increase Hypothalamic-Pituitary-Adrenal Axis Responsiveness. *Endocrinology* 148: 3402–3409

- Raymann, R J E M, Swaab, D F, & Van Someren, E J W (2007). Skin temperature and sleep-onset latency: Changes with age and insomnia. *Physiology & Behavior*, 90:257-266
- Refinetti R (2010): The circadian rhythm of body temperature. *Frontiers in Bioscience* 15: 564-594
- Reghunandanan V, Reghunandanan R (2006): Neurotransmitters of the suprachiasmatic nuclei. *Journal of Circadian Rhythms* 4:2
- Ridker PM, Everett BM, Thuren T, MacFadyen JG, Chang WH, Ballantyne C, Fonseca F, Nicolau J, Koenig W, Anker SD, Kastelein JJP, Cornel JH, Pais P, Pella D, Genest J, Cifkova R, Lorenzatti A, Forster T, Kobalava Z, Vida-Simiti L, Flather M, Shimokawa H, Ogawa H, Dellborg M, Rossi PRF, Troquay RPT, Libby P, Glynn RJ (2017): Antiinflammatory Therapy with Canakinumab for Atherosclerotic Disease. *The New England Journal of Medicine* 377:1119-1131
- Rieth N, Vibarel-Rebot N, Buisson C, Jaffré C, Collomp K (2016): Caffeine and saliva steroids in young healthy recreationally trained women: impact of regular caffeine intake. *Endocrine* 52: 391-394
- Rink L (2015): Immungerontologie. In: Rink L, Kruse A, Haase H (Hrsg.) *Immunologie für Einsteiger*. Berlin/Heidelberg: Springer, S.197-205
- Rohen JW, Lütjen-Drecoll E (2000): *Funktionelle Histologie: Kurzgefasstes Lehrbuch der Zytologie, Histologie und mikroskopischen Anatomie des Menschen nach funktionellen Gesichtspunkten*. 4. überarb. Auflage, Stuttgart: Schattauer, 501 S.
- Rudnicka AR, Rumley A, Lowe GDO, Strachan DP (2007): Diurnal, Seasonal, and Blood-Processing Patterns in Levels of Circulating Fibrinogen, Fibrin D-Dimer, C-Reactive Protein, Tissue Plasminogen Activator, and von Willebrand Factor in a 45-Year-Old Population. *Circulation* 115: 996-1003
- Rueggeberg R, Wrosch C, Miller GE (2012): Sleep duration buffers diurnal cortisol increase in older adulthood. *Psychoneuroendocrinology* 37: 1029-1038
- Rusak B, Zucker I (1979): Neural regulation of circadian rhythms. *Physiological Reviews* 59:449-526
- Ryu H, Joo EY, Choi SJ, Suh S (2018): Validation of the Munich ChronoType Questionnaire in Korean Older Adults. *Psychiatry Investigation* 15: 775-782
- Sahin L, Wood BM, Plitnick B, Figueiro MG (2014): Daytime light exposure: effects on

biomarkers, measures of alertness, and performance. *Behavioral Brain Research* 274: 176-185

Sapolsky RM, Krey LC, McEwen BS (1986). The neuroendocrinology of stress and aging: the glucocorticoid cascade hypothesis. *Endocrine Reviews* 7:284-301

Sarabia JA, Rol M., Mendiola P, Madrid JA (2008): Circadian rhythm of wrist temperature in normal-living subjects: A candidate of new index of the circadian system. *Physiology & Behavior* 95:570–580

Scheer FA, Buijs RM (1999): Light affects morning salivary cortisol in humans. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 84: 3395-3398

Schibler U, Sassone-Corsi P (2002): A web of circadian pacemakers. *Cell* 111:919-922

Sharpley CF, Bitsika V, McMillan ME, Jesulola E, Agnew LL (2019): The association between cortisol:C-reactive protein ratio and depressive fatigue is a function of CRP rather than cortisol. *Neuropsychiatric Disease and Treatment* 15:2467-2475

Schmidt C, Xhrouet M, Hamacher M, Delloye E, LeGoff C, Cavalier, Collette F1, Vandewalle G (2018): Light exposure via a head-mounted device suppresses melatonin and improves vigilant attention without affecting cortisol and comfort. *PsyCH Journal* 7: 163-175

Shaw AC, Joshi S, Greenwood H, Panda A, Lord JM (2010): Aging of the innate immune system. *Current Opinion in Immunology* 22:507-513

Seeman TE, McEwen TS, Singer BH, Albert MS, Rowe JW (1997): Increase in Urinary Cortisol Excretion and Memory Declines: MacArthur Studies of Successful Aging. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* 82: 2458-2465

Shiels MS, Katki HA, Freedman ND, Purdue MP, Wentzense N, Trabert B, Kitahara CM, Furr M, Li Y, Kemp TJ, Goedert JJ, Chang CM, Engels EA, Caporaso NE, Pinto LA, Hildesheim A, Chaturved AK (2014): Cigarette smoking and variations in systemic immune and inflammation markers. *Journal of the National Cancer Institute* 6: dju294

Shrive AK, Cheetham GMT, Holden D, Myles DAA, Turnell WG, Volanakis JE, Pepys MD, Bloemer AC, Grennhough TJ (1996): Three dimensional structure of human C-reactive protein. *Nature Structural Biology* 3:346-354

Silbernagl S, Despopoulos A (2012): *Taschenatlas Physiologie*. 8. Aufl., Stuttgart: Thieme, 455 S.

- Smyth N, Bianchin M, Thron L, Hucklebridge F, Kirschbaum C, Stalder T, Clow A (2016): Hair cortisol concentrations in relation to ill-being and well-being in healthy young and old females. *International Journal of Psychophysiology* 102: 12-17
- Sorg RV, Sorg UR (2011): Immunologie. In: Munk K (Hrsg.) *Taschenlehrbuch Biologie: Zoologie*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag, S. 780-831
- Stalder T, Kirschbaum C, Kudielka BM, Adam EK, Pruessner JC, Wüst S, Dockray S, Smyth N, Evans P, Hellhammer DH, Miller R, Wetherell MA, Lupien SJ, Clow A (2016): Assessment of the cortisol awakening response: Expert consensus guidelines. *Psychoneuroendocrinology* 63: 414-432
- Straub R, Buttgerit F, Cutolo M. Alterations of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis in systemic immune diseases: A role for misguided energy regulation. *Clinical Rheumatology* 29:23–31
- Stroppe H, Langer H, Streitenberger P, Specht E (2012): *Physik für Studierende der Natur- und Ingenieurwissenschaften*, 15. Überarb. Aufl., München: Karl Hanser Verlag, 549 S.
- Stuck BA, Maurer JT, Schredl M, Weeß HW (2013): *Praxis der Schlafmedizin: Schlafstörungen bei Erwachsenen und Kindern Diagnostik, Differenzialdiagnostik und Therapie*. 2. Aufl. Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 304 S.
- Suarez EC, Sundy JS, Erkanli A (2015): Depressogenic vulnerability and gender-specific patterns of neuro-immune dysregulation: What the ratio of cortisol to C-reactive protein can tell us about loss of normal regulatory control. *Brain, Behavior and Immunity* 44:137–147
- Suarez EC, Sundy JS (2017): The cortisol:C-reactive protein ratio and negative affect reactivity in depressed adults. *Health Psychology* 36: 852-862
- Tillet WS, Francis TJ (1930): Serological reactions in pneumonia with a non-protein somatic fraction of pneumococcus. *Journal of experimental Medicine* 52: 561-585
- Trayhurn P, Wood IS (2004): Adipokines: Inflammation and the pleiotropic role of white adipose tissue. *British Journal of Nutrition* 92: 347–355
- Vondrasová D, Hájek I, Illnerová H (1997): Exposure to long summer days affects the human melatonin and cortisol rhythms. *Brain Research* 759: 166-1670.
- Vasto S, Candore G, Balistreri CR, Caruso M, Colonna-Romano G, Grimaldi MP, Listi F, Nuzzo D, Lio D, Caruso C (2007): Inflammatory networks in ageing, age-related diseases and longevity. *Mechanisms of Ageing and Development* 128: 83-91

Walker BR, Best R, Noon JP, Watt GCM, Webb DJ (1997): Seasonal Variation in Glucocorticoid Activity in Healthy Men. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 82: 4015-4019

Wehr TA, Moul DE, Barbato G, Giesen HA, Seidel JA, Barker C, Bender C (1993): Conservation of photoperiod-responsive mechanisms in humans. *American Journal of Physiology* 265: 846-857

Weidenauer C, Vollmer C, Scheiter K, Randler C (2019): Weak Associations of Morningness-Eveningness and Stability with Skin Temperature and Cortisol Levels. *Journal of Circadian Rhythms* 17: 8

Wester VL, Van Rossum EFC (2015): Clinical applications of cortisol measurements in hair. *European Journal of Endocrinology* 137 M1-M10

Wium-Andersen MK, Ørsted DD, Nielsen SF, Nordestgaard BG (2013): Elevated C-reactive protein levels, psychological distress, and depression in 73, 131 individuals. *JAMA Psychiatry* 70:176-84

Zhang Y, Zhang DZ (2018): Is coffee consumption associated with a lower level of serum C-reactive protein? A meta-analysis of observational studies. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 69: 985-994

Zuther P, Gorbey S, Lemmer B (2009): Chronos-Fit. Version 1.06.

### Elektronische Quellen

[URL 1] <https://www.haarausfallen.de/unser-haar-im-detail/aufbau-unseres-haares/>  
(30.03.2020, 11:53 Uhr)

[URL 2] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/gene/1401>  
(30.03.2020, 11:53 Uhr)

[URL 3] <https://www.genecards.org/cgi-bin/carddisp.pl?gene=crp>  
(30.03.2020, 11:53 Uhr)

[URL 4] [http://www.data-input.de/media/pdf-deutsch/Kompendium\\_III\\_Ausgabe\\_2009.pdf](http://www.data-input.de/media/pdf-deutsch/Kompendium_III_Ausgabe_2009.pdf)  
(30.03.2020, 11:53 Uhr)

[URL 5] <https://www.uni-kiel.de/med-klimatologie/uvinfo.html>  
(30.03.2020, 11:53 Uhr)

- [URL 6] <https://www.geomar.de/service/wetter/>  
(30.03.2020, 11:53 Uhr)
- [URL 7] <http://www.bpb.de/politik/grundfragen/deutsche-verhaeltnisse-eine-sozialkunde/137999/bevoelkerung>  
(30.03.2020, 11:53 Uhr)
- [URL 8] <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1365/umfrage/bevoelkerung-deutschlands-nach-altersgruppen/>  
(30.03.2020, 11:53 Uhr)
- [URL 9] [https://www.ibl-international.com/de\\_de/cortisol-saliva-elisa](https://www.ibl-international.com/de_de/cortisol-saliva-elisa)  
(30.03.2020, 11:53 Uhr)
- [URL 10] <https://www.sarstedt.com/produkte/diagnostik/kapillarblut/gefaesse/produkt/17.2113.020/>  
(30.03.2020, 11:55 Uhr)
- [URL 11] <https://shop.ultra-pharm.de/shop/images/artikel/detail/06570566.jpg>  
(18.03.2020; 14:47 Uhr)
- [URL 12] <https://www.euolyser.com/de/medizinische-diagnostik/point-of-care/cubes/>  
(30.03.2020, 11:55 Uhr)
- [URL 13] <https://somnomedics.de/produkte/schlafdiagnostik/aktigraphie/somnowatch-plus-aktigraphie/>  
(30.03.2020, 11:55 Uhr)
- [URL 14] <http://www.landwirtschaftskammer.de/gartenbau/beratung/technik/artikel/lichtwerte-umrechnen.htm>  
(30.03.2020, 11:55 Uhr)
- [URL 15] <https://www.geomar.de/de/service/wetter/stations-info/>  
(30.03.2020, 11:55 Uhr)
- [URL 16] <https://www.sunrise-and-sunset.com/de/sun/deutschland/kiel>  
(30.03.2020, 11:55 Uhr)
- [URL 17] <http://www.embeddeddatasystems.com/zoomify.asp?catalogid=5&image=assets/images/group-f5.jpg>,  
(30.03.2020, 11:55 Uhr)
- [URL 18] <http://www.euro.who.int/en/health-topics/disease-prevention/nutrition/ahealthy-lifestyle/body-mass-index-bmi>  
(30.03.2020, 11:55 Uhr)

- [URL 19] <https://www.bzfe.de/inhalt/uebergewicht-3173.html>  
(30.03.2020, 11:55 Uhr)
- [URL 20] <https://bmi.biz/BMI-Tabelle-Frau.html>  
(30.03.2020, 11:55 Uhr)
- [URL 21] [http://www.gbebund.de/gbe10/abrechnung.prc\\_abr\\_test\\_logon?p\\_uid=gast&p\\_aid=0&p\\_knoten=FID&p\\_sprache=D&p\\_suchstring=9627](http://www.gbebund.de/gbe10/abrechnung.prc_abr_test_logon?p_uid=gast&p_aid=0&p_knoten=FID&p_sprache=D&p_suchstring=9627)  
(30.03.2020, 11:55 Uhr)

# 11 Anhang

## A 1 Probandeninformation (verkleinert)



Zoologisches Institut - Abteilung Humanbiologie - Prof. Dr. Manuela Dittmar - Am Botanischen Garten 9 - 24118 Kiel - Tel.: 0431-880-4357

### Probandeninformation

Proband-Nr.: LSD-.....

Verantwortliche und Leiterin der Studie: Prof. Dr. Manuela Dittmar, Direktorin der Humanbiologie.  
Aufklärende Person: Frau Lisa Steffens, M.Sc., Mitarbeiterin der Studie, Tel. Nr. 0431-880-4221.

Titel der Studie: Jahreszeitliche Variation von Cortisol, C-reaktivem Protein (CRP) und Hauttemperatur bei jüngeren und älteren Erwachsenen.

Ziel der Untersuchung und Studiendesign:

Als eine Ursache für das menschliche Altern werden Entzündungen diskutiert (Theorie des Entzündungsalterns). Das Hormon Cortisol hemmt Entzündungen und das C-reaktive Protein (CRP) ist ein Marker für Entzündungen. Ziel ist zu untersuchen, ob sich jüngere und ältere erwachsene Menschen in der tageszeitlichen (circadianen) und jahreszeitlichen (circannualen) Bildung von Cortisol und CRP voneinander unterscheiden und ob ein Zusammenhang zwischen diesen Merkmalen besteht. Auch die tageszeitliche und jahreszeitliche Variation der Hauttemperatur wird untersucht, weil sie einen wichtigen Marker für biologische Rhythmen darstellt. Ein weiteres Ziel ist zu untersuchen, wie diese biologischen Merkmale durch Umweltfaktoren (z.B. Tageslichtdauer) beeinflusst werden. Zu diesen Fragestellungen gibt es bisher kaum Daten von älteren Menschen. Zur Untersuchung dieser Fragestellungen werden die genannten Merkmale bei älteren und jüngeren Menschen bestimmt und miteinander verglichen (sog. Querschnittsstudie).

Ablauf der Untersuchung:

Da die jahreszeitliche Variation untersucht werden soll, werden die Untersuchungen bei Ihnen sowohl im Winter als auch im Sommer durchgeführt. In jeder Jahreszeit tragen Sie einige Tage lang ein Gerät zur Erfassung Ihres Ruhe-Aktivitäts-Zyklus und Ihrer Lichtexposition (tragen Sie wie eine Uhr am Handgelenk) und einen knopfgroßen Temperatursensor zur Messung Ihrer Hauttemperatur (am Handgelenk). Außerdem füllen Sie in dieser Zeit ein Probandenprotokoll (Aktivitätenprotokoll) aus. Zwei Tage lang sammeln Sie zuhause jeweils fünf Speichelproben (einige ml) für die Bestimmung der Cortisolkonzentration (Analysemethode: ELISA). Zusätzlich wird aus einer Haarprobe Ihre Cortisolkonzentration der vergangenen drei Monate bestimmt (ca. zehn Haare werden am Haaransatz abgeschnitten). Aus einem Tropfen Kapillarblut (5 µl) wird an zwei Tagen Ihr CRP-Wert automatisch bestimmt (Gerät Eurolyser Cube-S). Zusätzlich füllen Sie einige Fragebögen aus, mit denen u.a. Ihr Chronotyp (Morgen- oder Abendmensch), Ihre Schlafqualität und Tagesschläfrigkeit und Ihre körperliche Aktivität ermittelt werden. Außerdem werden Körperzusammensetzung (Muskelmasse, Fettmasse, Körperwasser), Körperhöhe und anthropometrische Merkmale bei Ihnen bestimmt.

Da nicht alle Untersuchungen bei allen Probanden durchgeführt werden, sind in der nachfolgenden Liste diejenigen Untersuchungen angekreuzt, die bei Ihnen persönlich erfolgen:

- Bestimmung von Körperhöhe, Gewicht und weiteren Maßen (anthropometrische Merkmale)
- Bestimmung der Körperzusammensetzung (Bioimpedanzanalyse)
- Bestimmung der Cortisol-Konzentration aus Speichel
- Bestimmung der Cortisol-Konzentration aus Haaren
- Bestimmung der CRP-Konzentration aus Kapillarblut
- Analyse der Hauttemperatur (Temperatursensor)
- Bestimmung des Ruhe-Aktivitäts-Zyklus und der Lichtexposition (Aktigrafie)
- Führen eines Probandenprotokolls (Aktivitätenprotokoll)
- Fragebogen Allgemein
- Fragebogen Chronotyp
- Fragebögen Schlafqualität und Tagesschläfrigkeit

1

Nutzen-Risiko-Abwägung: Diese Studie dient der Grundlagenforschung. Ziel ist es für die Allgemeinheit neue Erkenntnisse zum menschlichen Altern zu erhalten. Risiken sind für Sie durch die Abnahme von Kapillarblut sind eine potenzielle geringe Infektionsgefahr und ein sehr geringes Risiko einer Nervenverletzung. Hinsichtlich des Versicherungsschutzes werden Sie vorsorglich darauf hingewiesen, dass Sie für Gesundheitsschäden oder sonstige Beeinträchtigungen, die Ihnen im Zusammenhang mit der Teilnahme an dieser Untersuchung entstehen, ohne dass ein Mitglied des Forscherteams ein schuldhaftes Fehlverhalten trifft, z.B. für Wegeunfälle, nicht versichert sind.

Datenschutzrechtliche Informationen:

Für die Datenverarbeitung verantwortlich ist Frau Prof. Dr. Manuela Dittmar (Studienleiterin). Die Datenerhebung erfolgt zum Zweck des oben genannten Forschungsvorhabens. Die erhobenen Daten umfassen Geburtsdatum, Adresse, Fragebogenbefunde, Speichelproben, Haarproben und Messdaten zu den oben aufgeführten Merkmalen (s. „Ablauf der Untersuchung“). Ihre Daten aus dieser Untersuchung werden vertraulich behandelt und unterliegen den datenschutzrechtlichen Bestimmungen. Ihre Daten werden ausschließlich in der Abteilung Humanbiologie der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel in pseudonymisierter Form, d.h. ohne direkten Bezug zu Ihrem Namen, elektronisch gespeichert und ausgewertet. Ihre Angaben werden so gespeichert und aufbereitet, dass kein Rückschluss auf Ihre Person möglich ist. Die Daten werden ausschließlich unter wissenschaftlichen Gesichtspunkten ausgewertet. Zugriff auf Ihre Daten haben nur Mitarbeiter der Studie. Diese Personen sind zur Verschwiegenheit verpflichtet. Die Daten sind vor fremdem Zugriff geschützt. Die Daten werden nicht an Dritte weitergegeben. Nach der Auswertung der Ergebnisse werden Ihnen Ihre Befunde auf Wunsch mitgeteilt. Die Bestimmungen des Datenschutzgesetzes werden eingehalten. Zuständige Datenschutzbeauftragte ist Frau Daniela Geißler (Christian-Albrechts-Platz 4, 24118 Kiel, Tel. 0431-880-1773). Für Beschwerden ist die Datenschutzbehörde zuständig (Unabhängiges Landeszentrum für Datenschutz Schleswig-Holstein, Holstenstraße 98, 24103 Kiel, Tel. 0431-988-1200). Sie haben das Recht, in der Humanbiologie Auskunft über Ihre personenbezogenen Daten zu erhalten sowie ggf. deren Berichtigung oder Löschung zu verlangen. Alle von Ihnen gesammelten Biomaterialien (Speichel- und Haarproben) werden nach Abschluss der Studie vernichtet.

Freiwilligkeit, Rücktrittsklausel

Die Teilnahme an der Untersuchung ist freiwillig. Sie müssen also nicht teilnehmen. Ihr Einverständnis können Sie jederzeit auch ohne Angabe von Gründen und ohne Nachteile zu erwarten zurücknehmen. Wenn Sie die Studienteilnahme abbrechen, werden alle bis dahin von Ihnen gesammelten Daten und Biomaterial (Speichelproben, Haare) vernichtet.

  
\_\_\_\_\_  
(Prof. Dr. M. Dittmar)

  
\_\_\_\_\_  
(Datum)

\_\_\_\_\_  
(Unterschrift Proband)

\_\_\_\_\_  
(Datum)

## A 2 Einverständniserklärung (verkleinert)



Zoologisches Institut - Abteilung Humanbiologie - Prof. Dr. Manuela Dittmar - Am Botanischen Garten 9 - 24118 Kiel - Tel.: 0431-880-4357

### Einwilligungserklärung

Proband-Nr.: LSD-.....

**zur Studie:** „Jahreszeitlichen Variation von Cortisol, C-reaktivem Protein (CRP) und Hauttemperatur bei jüngeren und älteren Erwachsenen“

Name, Vorname des Probanden .....  
Geburtsdatum .....  
Adresse .....  
Telefon/Handy-Nr. ....  
E-Mail-Adresse .....

Hiermit erkläre ich mich mit der Teilnahme an der Untersuchung einverstanden. Ich hatte Gelegenheit alle meine Fragen zu stellen. Diese wurden zufriedenstellend und vollständig beantwortet. Ich wurde durch Frau Lisa Steffens, Tel. Nr. 0431-880-4221, über die Studie informiert.

Ich habe die schriftliche Probandeninformation zur oben genannten Studie erhalten, gelesen und verstanden. Ich wurde ausführlich – mündlich und schriftlich – über das Ziel und den Verlauf der Studie, meine Rechte und Pflichten sowie die Freiwilligkeit der Teilnahme aufgeklärt. Ich habe zu der Untersuchung keinerlei weitere Fragen und mein Einverständnis bedarf keiner weiteren Bedenkzeit.

Ich erkläre hiermit meine Teilnahme an der oben genannten Studie. **Ich wurde darauf hingewiesen, dass meine Teilnahme freiwillig ist und dass ich das Recht habe, diese jederzeit ohne Angabe von Gründen zu beenden, ohne dass mir dadurch Nachteile entstehen.**

Hinsichtlich des Versicherungsschutzes wurde ich vorsorglich darauf hingewiesen, dass für Gesundheitsschäden oder sonstige Beeinträchtigungen, die bei mir im Zusammenhang mit der Teilnahme an dieser Untersuchung auftreten, ohne dass den Wissenschaftlern oder ihren Mitarbeitern ein schuldhaftes Fehlverhalten trifft, z. B. für Wegeunfälle, nicht versichert bin.

Ich bin damit einverstanden, dass meine personenbezogenen, für die wissenschaftliche Erforschung notwendigen Daten gesammelt und gespeichert werden. Ich wurde informiert, dass meine Daten ausschließlich in der Abteilung Humanbiologie der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel ohne direkten Bezug zu meinem Namen (pseudonymisiert), elektronisch gespeichert und ausgewertet werden. Die Verarbeitung dieser Daten dient ausschließlich der wissenschaftlichen Forschung. Alle Personen, die Zugang zu den Daten haben, sind der Wahrung des Datengeheimnisses verpflichtet.

#### Datenschutzrechtliche Einwilligungserklärung

Ich wurde über meine Datenschutzrechte informiert. Mit der Erhebung, Verarbeitung und Speicherung meiner Daten sowie der Übermittlung im Rahmen der Studie bin ich einverstanden.

\_\_\_\_\_  
(Unterschrift Proband)

*Dittmar*

\_\_\_\_\_  
(Prof. Dr. M. Dittmar)

\_\_\_\_\_  
(Datum)

*10.05.19*

\_\_\_\_\_  
(Datum)

### A 3 Datenbogen (verkleinert)

#### Datenbogen

Proband/in Nr. LSD-.....

Geschlecht: 1  männlich      2  weiblich  
 Geburtsdatum: ..... Alter: ..... Jahre

#### Winter 2018/19

Datum: .../.../20..... (Tag 1)  
 Alter: ..... Jahre

#### Sommer 2019

Datum: .../.../20..... (Tag 1)  
 Alter: ..... Jahre

#### Anthropometrie

- ▶ vorher: Schuhe ausziehen, schwere Kleidung ausziehen, Taschen entleeren (Geldbörse, Schlüssel etc.)
- ▶ Messung morgens

#### Winter 2018/19

Körpergewicht: ..... kg  
 (mit 1 Nachkommastelle messen)  
 Körperhöhe: ..... cm  
 Taillenumfang: ..... cm  
 Hüftumfang: ..... cm  
 Bauchumfang: ..... cm

#### Sommer 2019

Körpergewicht: ..... kg  
 (mit 1 Nachkommastelle messen)  
 Körperhöhe: ..... cm  
 Taillenumfang: ..... cm  
 Hüftumfang: ..... cm  
 Bauchumfang: ..... cm

#### Bioimpedanzanalyse (Tanita, BC-418):

Beginn (Uhrzeit): .....

- ▶ vor Messung Blase entleeren
- ▶ kein Gewicht für Kleidung abziehen !

#### Winter

Modus 1  Standard    2  Athlet    (bitte ankreuzen)

	Ganzer Körper	Rechtes Bein	Linkes Bein	Rechter Arm	Linker Arm	Rumpf
Resistanz bei 50 kHz („Impedanz“)						<del>XXXX</del>
Fettmasse (FM) (%)						
FM (kg)						
Fettfreie Masse (FFM) (kg)						
Muskelmasse (kg)	<del>XXXX</del>					
Körperwasser (kg)		<del>XXXX</del>	<del>XXXX</del>	<del>XXXX</del>	<del>XXXX</del>	<del>XXXX</del>

Ergebnisgrößen (bitte notieren):

[FM = Fettmasse, FFM = Fettfreie Masse (Magermasse)]

FM Körper (%) ..... FFM Körper (kg) .....  
 FM Bein rechts (%) ..... FFM Bein rechts (kg) .....  
 FM Bein links (%) ..... FFM Bein links (kg) .....  
 FM Arm rechts (%) ..... FFM Arm rechts (kg) .....  
 FM Arm links (%) ..... FFM Arm links (kg) .....

FM Rumpf (%).....  
 FM Körper (kg) .....  
 FM Bein rechts (kg) .....  
 FM Bein links (kg) .....  
 FM Arm rechts (kg) .....  
 FM Arm links (kg) .....  
 FM Rumpf (kg) .....  
 Grundumsatz (kcal/24 Std.) .....

FFM Rumpf (kg) .....  
 Muskelmasse Bein rechts (kg) .....  
 Muskelmasse Bein links (kg) .....  
 Muskelmasse Arm rechts (kg) .....  
 Muskelmasse Arm links (kg) .....  
 Muskelmasse Rumpf (kg) .....  
 Körperwasser Körper (L) .....

**Sommer**

Modus 1  Standard 2  Athlet (bitte ankreuzen)

	Ganzer Körper	Rechtes Bein	Linkes Bein	Rechter Arm	Linker Arm	Rumpf
Resistenz bei 50 kHz („Impedanz“)						<del>XXXX</del>
Fettmasse (FM) (%)						
FM (kg)						
Fettfreie Masse (FFM) (kg)						
Muskelmasse (kg)	<del>XXXX</del>					
Körperwasser (kg)		<del>XXXX</del>	<del>XXXX</del>	<del>XXXX</del>	<del>XXXX</del>	<del>XXXX</del>

**Ergebnisgrößen (bitte notieren):**

[FM = Fettmasse, FFM = Fettfreie Masse (Magermasse)]

FM Körper (%) .....  
 FM Bein rechts (%).....  
 FM Bein links (%).....  
 FM Arm rechts (%).....  
 FM Arm links (%).....  
 FM Rumpf (%).....  
 FM Körper (kg) .....  
 FM Bein rechts (kg) .....  
 FM Bein links (kg) .....  
 FM Arm rechts (kg) .....  
 FM Arm links (kg) .....  
 FM Rumpf (kg) .....  
 Grundumsatz (kcal/24 Std.) .....

FFM Körper (kg) .....  
 FFM Bein rechts (kg) .....  
 FFM Bein links (kg) .....  
 FFM Arm rechts (kg) .....  
 FFM Arm links (kg) .....  
 FFM Rumpf (kg) .....  
 Muskelmasse Bein rechts (kg) .....  
 Muskelmasse Bein links (kg) .....  
 Muskelmasse Arm rechts (kg) .....  
 Muskelmasse Arm links (kg) .....  
 Muskelmasse Rumpf (kg) .....  
 Körperwasser Körper (L) .....

**Cortisol (Speichel)**

- ▶ Morgens: ab Aufstehen bis zur letzten Probennahme nichts essen/trinken, keine Zähne putzen etc.
- ▶ Abends: vor Probensammlung 60 Min nichts essen/ trinken etc.

Tag 1 (Winter): Datum: ...../...../20.....

Tag 2 (Winter): Datum: ...../...../20.....

Tag 1 (Winter): Wochentag:  Mo  Di  Mi  Do  Fr  Sa  So (bitte Wochentag ankreuzen)

Tag 2 (Winter): Wochentag:  Mo  Di  Mi  Do  Fr  Sa  So (bitte Wochentag ankreuzen)

**Tag 1 (Winter)**

Aufwachzeit (subjektiv): .....:..... Uhr\*  
 Aufwachzeit (objektiv, SomniWatch): .....:..... Uhr\*  
 Zubettgehzeit (subjektiv): .....:..... Uhr\*  
 Einschlafzeit (objektiv, SomniWatch): .....:..... Uhr\*

**Tag 2 (Winter)**

Aufwachzeit (subjektiv): .....:..... Uhr\*  
 Aufwachzeit (objektiv, SomniWatch): .....:..... Uhr\*  
 Zubettgehzeit (subjektiv): .....:..... Uhr\*  
 Einschlafzeit (objektiv, SomniWatch): .....:..... Uhr\*

\* auf die Minute genau angeben (z.B. 07:35)

**Tag 1 (Winter)**

Zeitpunkt	Uhrzeit Probennahme		Cortisol-Konzentration	
	nach Proband	nach MEMS	Wert 1**	Wert 2**
T0 Min:	.....:..... Uhr*	.....:..... Uhr*	..... µg/dl	..... µg/dl
T30 Min:	.....:..... Uhr*	.....:..... Uhr*	..... µg/dl	..... µg/dl
T45 Min:	.....:..... Uhr*	.....:..... Uhr*	..... µg/dl	..... µg/dl
T60Min:	.....:..... Uhr*	.....:..... Uhr*	..... µg/dl	..... µg/dl
T <sub>Abend</sub> :	.....:..... Uhr*	.....:..... Uhr*	..... µg/dl	..... µg/dl

**Tag 2 (Winter)**

Zeitpunkt	Uhrzeit Probennahme		Cortisol-Konzentration	
	nach Proband	nach MEMS	Wert 1**	Wert 2**
T0 Min:	.....:..... Uhr*	.....:..... Uhr*	..... µg/dl	..... µg/dl
T30 Min:	.....:..... Uhr*	.....:..... Uhr*	..... µg/dl	..... µg/dl
T45 Min:	.....:..... Uhr*	.....:..... Uhr*	..... µg/dl	..... µg/dl
T60Min:	.....:..... Uhr*	.....:..... Uhr*	..... µg/dl	..... µg/dl
T <sub>Abend</sub> :	.....:..... Uhr*	.....:..... Uhr*	..... µg/dl	..... µg/dl

\* auf die Minute genau angeben (z.B. 07:35)

\*\* alle Kommastellen angeben

.....  
 Tag 1 (Sommer): Datum: ...../...../20.....

Tag 2 (Sommer): Datum: ...../...../20.....

Tag 1 (Sommer): Wochentag:  Mo  Di  Mi  Do  Fr  Sa  So (bitte Wochentag ankreuzen)

Tag 2 (Sommer): Wochentag:  Mo  Di  Mi  Do  Fr  Sa  So (bitte Wochentag ankreuzen)

**Tag 1 (Sommer)**

Aufwachzeit (subjektiv): .....:..... Uhr\*  
 Aufwachzeit (objektiv, SomniWatch): .....:..... Uhr\*  
 Zubettgehzeit (subjektiv): .....:..... Uhr\*  
 Einschlafzeit (objektiv, SomniWatch): .....:..... Uhr\*

**Tag 2 (Sommer)**

Aufwachzeit (subjektiv): .....:..... Uhr\*  
 Aufwachzeit (objektiv, SomniWatch): .....:..... Uhr\*  
 Zubettgehzeit (subjektiv): .....:..... Uhr\*  
 Einschlafzeit (objektiv, SomniWatch): .....:..... Uhr\*

\* auf die Minute genau angeben (z.B. 07:35)

**Tag 1 (Sommer)**

Zeitpunkt	Uhrzeit Probennahme		Cortisol-Konzentration	
	nach Proband	nach MEMS	Wert 1**	Wert 2**
T0 Min:	..... Uhr*	..... Uhr*	..... µg/dl	..... µg/dl
T30 Min:	..... Uhr*	..... Uhr*	..... µg/dl	..... µg/dl
T45 Min:	..... Uhr*	..... Uhr*	..... µg/dl	..... µg/dl
T60Min:	..... Uhr*	..... Uhr*	..... µg/dl	..... µg/dl
T <sub>Abend</sub> :	..... Uhr*	..... Uhr*	..... µg/dl	..... µg/dl

**Tag 2 (Sommer)**

Zeitpunkt	Uhrzeit Probennahme		Cortisol-Konzentration	
	nach Proband	nach MEMS	Wert 1**	Wert 2**
T0 Min:	..... Uhr*	..... Uhr*	..... µg/dl	..... µg/dl
T30 Min:	..... Uhr*	..... Uhr*	..... µg/dl	..... µg/dl
T45 Min:	..... Uhr*	..... Uhr*	..... µg/dl	..... µg/dl
T60Min:	..... Uhr*	..... Uhr*	..... µg/dl	..... µg/dl
T <sub>Abend</sub> :	..... Uhr*	..... Uhr*	..... µg/dl	..... µg/dl

\* auf die Minute genau angeben (z.B. 07:35)

\*\* alle Kommastellen angeben

**Cortisol (Haar, 3 cm ab Haaransatz)**

Probennahme (Winter): Datum: ...../...../20.....

Probennahme (Sommer): Datum: ...../...../20.....

Cortisol-Konzentration Winter: ..... (pg/mg)

Cortisol-Konzentration Sommer: ..... (pg/mg)

**hsCRP-Messung**

Tag 1 (Winter): Datum: ...../...../20.....

Tag 2 (Winter): Datum: ...../...../20.....

Tag 1 (Winter): Wochentag:  Mo  Di  Mi  Do  Fr  Sa  So (bitte Wochentag ankreuzen)Tag 2 (Winter): Wochentag:  Mo  Di  Mi  Do  Fr  Sa  So (bitte Wochentag ankreuzen)

Tag 1 (Sommer): Datum: ...../...../20.....

Tag 2 (Sommer): Datum: ...../...../20.....

Tag 1 (Sommer): Wochentag:  Mo  Di  Mi  Do  Fr  Sa  So (bitte Wochentag ankreuzen)Tag 2 (Sommer): Wochentag:  Mo  Di  Mi  Do  Fr  Sa  So (bitte Wochentag ankreuzen)

hsCRP-Konz. (mg/L)\*

hsCRP-Konz. (mg/L)\*

Tag 1 (Winter): ..... Tag 1 (Sommer): .....

Tag 2 (Winter): ..... Tag 2 (Sommer): .....

\* alle Kommastellen angeben

**Photoperiode**

**Winter 2018/19**

Sonnenaufgang Tag 1\*: ..... Uhr ..... Min  
 Sonnenuntergang Tag 1\*: ..... Uhr ..... Min  
 Tageslänge (berechnen) Tag 1: ..... Min  
 Sonnenaufgang Tag 2\*: ..... Uhr ..... Min  
 Sonnenuntergang Tag 2\*: ..... Uhr ..... Min  
 Tageslänge (berechnen) Tag 2: ..... Min

**Sommer 2019**

..... Uhr ..... Min  
 ..... Uhr ..... Min  
 ..... Min  
 ..... Uhr ..... Min  
 ..... Uhr ..... Min  
 ..... Min

\*aus [www.wetteronline.de](http://www.wetteronline.de) (Tag 1 und Tag 2 beziehen sich auf die Cortisol-Tage)

**Mittlere Lichtexposition (SomnoWatch)**

**Winter**

**Tag 1**                      **Tag 2**

Lichtstrom (Lumen) – Aufwachzeit (A) .....  
 Lichtstrom (Lumen) – T0 bis T60 (Zeitraum: erste Std nach Aufwachen) .....  
 Lichtstrom (Lumen) – Vormittags (= A bis 12:00 Uhr) .....  
 Lichtstrom (Lumen) – Mittags (= 12:00 bis 16:00 Uhr) .....  
 Lichtstrom (Lumen) – Nachmittags (= 16:00 bis 20:00 Uhr) .....  
 Lichtstrom (Lumen) – Abends (20:00 Uhr bis Z) .....  
 Lichtstrom (Lumen) – Zubettgehzeit (Z) .....  
 Lichtstrom (Lumen) – Tag (= A-Z) .....  
 Lichtstrom (Lumen) – Nacht (= Z-A) .....

**Sommer**

**Tag 1**                      **Tag 2**

Lichtstrom (Lumen) – Aufwachzeit (A) .....  
 Lichtstrom (Lumen) – T0 bis T60 (Zeitraum: erste Std nach Aufwachen) .....  
 Lichtstrom (Lumen) – Vormittags (= A bis 12:00 Uhr) .....  
 Lichtstrom (Lumen) – Mittags (= 12:00 bis 16:00 Uhr) .....  
 Lichtstrom (Lumen) – Nachmittags (= 16:00 bis 20:00 Uhr) .....  
 Lichtstrom (Lumen) – Abends (20:00 Uhr bis Z) .....  
 Lichtstrom (Lumen) – Zubettgehzeit (Z) .....  
 Lichtstrom (Lumen) – Tag (= A-Z) .....  
 Lichtstrom (Lumen) – Nacht (= Z-A) .....

**Lichtexposition (Geomar)**

**Winter**

Tag (Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang) allgemein:

Zeitraum im Freien: ..... Uhr bis ..... Uhr

Mittlere solare Einstrahlung (W/m<sup>2</sup>) kurzweilig:

Tag 1

Tag 2

.....

.....

.....

.....

*(Tag 1 und Tag 2 beziehen s. auf Cortisol)*

**Sommer**

Tag (Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang) allgemein:

Zeitraum im Freien: ..... Uhr bis ..... Uhr

Mittlere solare Einstrahlung (W/m<sup>2</sup>) kurzweilig:

Tag 1

Tag 2

.....

.....

.....

.....

*(Tag 1 und Tag 2 beziehen s. auf Cortisol)*

### Auswertung mit Cosinor-Programm Chronos-Fit

- Data -> speichern unter Probanden-Nr.  
 Graph -> ausdrucken und zu diesem Datenbogen legen  
 Graph -> speichern unter Probanden-Nr. (mit „save bitmap“)  
 Datei -> speichern als oft-Datei unter Probanden-Nr.  
 Linearanalyse -> ausdrucken und zu diesem Datenbogen legen  
 Rhythmus-Analyse -> ausdrucken und zu diesem Datenbogen legen  
 Rhythmus-Analyse -> Werte nachfolgend auf Datenblatt notieren für die spätere Dateneingabe

### Rhythmus-Analyse – iButton – FUSS – Winter 2018/19

(Auswertezeitraum: genau 24 Stunden: 18:00 Uhr Tag 1 bis 18:00 Uhr Tag 2  
 18:00 Uhr Tag 2 bis 18:00 Uhr Tag 3

	<u>Tag1/Nacht1/Tag2</u>	<u>Tag2/Nacht2/Tag3</u>
<b>Menstruationstag:</b>		
▶ in <u>Follikelphase</u> Hauttemperatur-Daten sammeln, wenn keine oralen Kontrazeptiva eingenommen werden		
<u>Overall fit statistics:</u>		
F:	.....	.....
P:	..... (alle Kommastellen)	.....
%Rhythmus:	..... (alle Kommastellen)	.....
<u>Fläche unter der Kurve (Area under curve, AUC)</u>		
AUC Tag:	..... (2 Nachkommastellen)	.....
AUC Nacht:	..... (2 Nachkommastellen)	.....
AUC 24 Std:	..... (2 Nachkommastellen)	.....
<u>Mittelwerte</u>		
Tagesmittel (°C):	..... (2 Nachkommastellen)	.....
Nachtmittel (°C):	..... (2 Nachkommastellen)	.....
<u>Chronobiologische Kenngrößen</u>		
Periode (Std.):	24	
Maximum (Peak) (°C):	..... (2 Nachkommastellen)	.....
Uhrzeit des Peaks (Std., dezimal):	..... (2 Nachkommastellen, z.B. 5,97)	.....
Uhrzeit des Peaks (Min., umrechnen*):	..... (0 Nachkommastellen, z.B. 1499 Min)	.....
Minimum (Nadir) (°C):	..... (2 Nachkommastellen)	.....
Uhrzeit des Nadirs (Std., dezimal):	..... (2 Nachkommastellen, z.B. 16,88)	.....
Uhrzeit des Nadirs (Min., umrechnen**):	..... (0 Nachkommastellen, z.B. 1020 Min)	.....
Mittelwert (Mesor) (°C):	..... (2 Nachkommastellen)	.....
Amplitude bei 24 Std. (°C):	..... (2 Nachkommastellen)	.....
Akrophase bei 24 Std. (Std., dezimal):	..... (2 Nachkommastellen, z.B. 4,28)	.....
Akrophase bei 24 Std. (Min., umrechnen*):	..... (0 Nachkommastellen, z.B. 1697 Min)	.....
Nachtpeak 1 (Uhrzeit)	..... (0 Nachkommastellen, z.B. 01:20 Uhr)	.....
Nachtpeak 1 (Min)	..... (0 Nachkommastellen, z.B. 1520 Min)	.....
Nachtpeak 2 (Uhrzeit)	.....	.....
Nachtpeak 2 (Min)	.....	.....
Nachtpeak 3 (Uhrzeit)	.....	.....
Nachtpeak 3 (Min)	.....	.....
Nachtpeak 4 (Uhrzeit)	.....	.....
Nachtpeak 4 (Min)	.....	.....

\* „Std. dezimal“ in Uhrzeit umrechnen → Uhrzeit in Minuten umrechnen → bei Uhrzeiten nach 24:00 Uhr 1440 Min dazu addieren.  
 \*\* „Std. dezimal“ in Uhrzeit umrechnen → Uhrzeit in Minuten umrechnen (in keinem Fall 1440 dazu addieren)

### Auswertung mit Cosinor-Programm Chronos-Fit

**Data** -> speichern unter Probanden-Nr.

**Graph** -> ausdrucken und zu diesem Datenbogen legen

**Graph** -> speichern unter Probanden-Nr. (mit „save bitmap“)

**Datei** -> speichern als fit-Datei unter Probanden-Nr.

**Linearanalyse** -> ausdrucken und zu diesem Datenbogen legen

**Rhythmus-Analyse** -> ausdrucken und zu diesem Datenbogen legen

**Rhythmus-Analyse** -> Werte nachfolgend auf Datenblatt notieren für die spätere Dateneingabe

### Rhythmus-Analyse – iButton – FUSS – Sommer 2019

(Auswertezeitraum: genau 24 Stunden: 18:00 Uhr Tag 1 bis 18:00 Uhr Tag 2

18:00 Uhr Tag 2 bis 18:00 Uhr Tag 3

#### Tag1/Nacht1/Tag2

#### Tag2/Nacht2/Tag3

#### **Menstruationstag:**

► in Follikelphase Hauttemperatur-Daten sammeln, wenn keine oralen Kontrazeptiva eingenommen werden

#### Overall fit statistics:

F: .....

P: ..... (alle Kommastellen)

%Rhythmus: ..... (alle Kommastellen)

#### Fläche unter der Kurve (Area under curve, AUC)

AUC Tag: ..... (2 Nachkommastellen)

AUC Nacht: ..... (2 Nachkommastellen)

AUC 24 Std: ..... (2 Nachkommastellen)

#### Mittelwerte

Tagesmittel (°C): ..... (2 Nachkommastellen)

Nachtmittel (°C): ..... (2 Nachkommastellen)

#### Chronobiologische Kenngrößen

Periode (Std.): **24**

Maximum (Peak) (°C): ..... (2 Nachkommastellen)

Uhrzeit des Peaks (Std., dezimal): ..... (2 Nachkommastellen, z.B. 5,97)

Uhrzeit des Peaks (Min., umrechnen\*): ..... (0 Nachkommastellen, z.B. 1499 Min)

Minimum (Nadir) (°C): ..... (2 Nachkommastellen)

Uhrzeit des Nadirs (Std., dezimal): ..... (2 Nachkommastellen, z.B. 16,88)

Uhrzeit des Nadirs (Min., umrechnen\*\*): ..... (0 Nachkommastellen, z.B. 1020 Min)

Mittelwert (Mesor) (°C): ..... (2 Nachkommastellen)

Amplitude bei 24 Std. (°C): ..... (2 Nachkommastellen)

Akrophase bei 24 Std. (Std., dezimal): ..... (2 Nachkommastellen, z.B. 4,28)

Akrophase bei 24 Std. (Min., umrechnen\*): ..... (0 Nachkommastellen, z.B. 1697 Min)

Nachtpeak 1 (Uhrzeit) ..... (0 Nachkommastellen, z.B. 01:20 Uhr)

Nachtpeak 1 (Min) ..... (0 Nachkommastellen, z.B. 1520 Min)

Nachtpeak 2 (Uhrzeit) .....

Nachtpeak 2 (Min) .....

Nachtpeak 3 (Uhrzeit) .....

Nachtpeak 3 (Min) .....

Nachtpeak 4 (Uhrzeit) .....

Nachtpeak 4 (Min) .....

\* „Std. dezimal“ in Uhrzeit umrechnen → Uhrzeit in Minuten umrechnen → bei Uhrzeiten nach 24:00 Uhr 1440 Min dazu addieren.

\*\* „Std. dezimal“ in Uhrzeit umrechnen → Uhrzeit in Minuten umrechnen (in keinem Fall 1440 dazu addieren)

## A 4 Allgemeiner Fragebogen

### Fragebogen – Allgemeine Daten

Proband/in Nr. LSD-.....

Datum:...../...../ 20...

Geschlecht: 1  männlich 2  weiblich

Geburtsdatum: ..... Alter: ..... Jahre

1. Wie ist Ihr **Familienstand**?

1  ledig 2  verheiratet 3  verwitwet 4  geschieden/ getrennt lebend

2. Wie ist Ihre **Wohnsituation**?

1  alleine lebend 2  zusammen lebend

3. Anzahl Kinder: .....

Alter der Kinder: ..... Jahre

4. Welchen **Beruf** üben Sie momentan aus?

1  Student/in 2  Hausfrau/mann 3  Angestellte/r 4  Arbeiter/in  
5  Beamte/r 6  Selbständige/r 7  Ruheständler/in 8  arbeitssuchend

5. Wenn Sie **berufstätig** sind:

ausgeübter Beruf: .....

Arbeitsumfang: ..... Stunden/Woche

Arbeitszeit: 1  Teilzeit 2  Vollzeit 3  Schichtdienst

Schichtzeit: von ..... bis ..... Uhr

Schichtzeit: von ..... bis ..... Uhr

6. Wie lange halten Sie sich durchschnittlich pro Tag **draußen (wirklich im Freien!) bei Tageslicht** auf?

An Arbeitstagen (Berufstätigkeit): ..... Stunden ..... Minuten

An freien Tagen (keine Berufstätigkeit): ..... Stunden ..... Minuten

10. Wie beurteilen Sie Ihren **Gesundheitszustand** im Vergleich zu Ihren Altersgenossen?

1  sehr schlecht 2  schlecht 3  mittel 4  gut 5  sehr gut

11. **Rauchen** Sie?

0  nein 1  ja ..... Zigaretten (Zigarren) /Tag seit ..... Jahren

12a. Wie viel **Kaffee/schwarzen Tee/ Mate-Tee/grünen Tee** (mit Koffein/Tein) trinken Sie?

..... Tassen/Woche

12b. Wie viel **Energy-Drinks** trinken Sie?

..... Dosen/Woche

13. Wie viel **Alkohol** trinken Sie?

..... Gläser/Woche

14b. Welche **Medikamente** nehmen Sie momentan ein? → *bitte Beipackzettel mitbringen*

0  ich nehme kein Medikament ein

1  ich nehme Medikament(e) ein

*Name des Medikaments?*

*Wogegen nehmen Sie das Medikament ein?*

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

15. Nehmen Sie momentan **Schlafmittel** ein?

0  nein

1  ja

Name des Schlafmittels? (*bitte notieren*)

.....

16. Wurde eine der folgenden **Krankheiten** bei Ihnen vom Arzt diagnostiziert? (*bitte ankreuzen*)

- |   |                                 |                               |                              |
|---|---------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| Allergie .....  | 0 <input type="checkbox"/> nein | 1 <input type="checkbox"/> ja | <i>bitte notieren:</i> ..... |
| Autoimmunkrankheit .....                                      | 0 <input type="checkbox"/> nein | 1 <input type="checkbox"/> ja | <i>bitte notieren:</i> ..... |
| Angina pectoris .....   | 0 <input type="checkbox"/> nein | 1 <input type="checkbox"/> ja |                              |
| Koronare Herzkrankheit .....                                  | 0 <input type="checkbox"/> nein | 1 <input type="checkbox"/> ja |                              |
| Andere Herzerkrankung .....                                   | 0 <input type="checkbox"/> nein | 1 <input type="checkbox"/> ja |                              |
| Periphere arterielle Verschlusskrankheit ...                  | 0 <input type="checkbox"/> nein | 1 <input type="checkbox"/> ja |                              |
| Bluthochdruck .....   | 0 <input type="checkbox"/> nein | 1 <input type="checkbox"/> ja |                              |
| Diabetes .....  | 0 <input type="checkbox"/> nein | 1 <input type="checkbox"/> ja |                              |
| Arthrose .....  | 0 <input type="checkbox"/> nein | 1 <input type="checkbox"/> ja |                              |
| Arthritis .....   | 0 <input type="checkbox"/> nein | 1 <input type="checkbox"/> ja |                              |
| Gicht .....   | 0 <input type="checkbox"/> nein | 1 <input type="checkbox"/> ja |                              |
| Krebs .....   | 0 <input type="checkbox"/> nein | 1 <input type="checkbox"/> ja |                              |
| Chronische Lungenerkrankung .....                             | 0 <input type="checkbox"/> nein | 1 <input type="checkbox"/> ja |                              |
| Chronisch-obstruktive Lungenkrankheit ....                    | 0 <input type="checkbox"/> nein | 1 <input type="checkbox"/> ja |                              |
| Asthma .....  | 0 <input type="checkbox"/> nein | 1 <input type="checkbox"/> ja |                              |
| Bronchitis .....  | 0 <input type="checkbox"/> nein | 1 <input type="checkbox"/> ja |                              |
| Osteoporose .....   | 0 <input type="checkbox"/> nein | 1 <input type="checkbox"/> ja |                              |
| Morbus Cushing (zu viel Cortisol) .....                       | 0 <input type="checkbox"/> nein | 1 <input type="checkbox"/> ja |                              |
| Morbus Addison (zu wenig Cortisol) .....                      | 0 <input type="checkbox"/> nein | 1 <input type="checkbox"/> ja |                              |
| Chronische Entzündung von Magen<br>und/oder Speiseröhre ..... | 0 <input type="checkbox"/> nein | 1 <input type="checkbox"/> ja |                              |
| Darmerkrankung .....  | 0 <input type="checkbox"/> nein | 1 <input type="checkbox"/> ja |                              |
| Nierenerkrankung .....  | 0 <input type="checkbox"/> nein | 1 <input type="checkbox"/> ja |                              |
| Fibromyalgie .....  | 0 <input type="checkbox"/> nein | 1 <input type="checkbox"/> ja |                              |
| Erkrankungen mit chronischen Schmerzen                        | 0 <input type="checkbox"/> nein | 1 <input type="checkbox"/> ja |                              |
| Chronischer Juckreiz .....                                    | 0 <input type="checkbox"/> nein | 1 <input type="checkbox"/> ja |                              |
| Schlafbezogene Atemstörungen .....                            | 0 <input type="checkbox"/> nein | 1 <input type="checkbox"/> ja |                              |
| Restless-leg (period. Beinbewegungen) ....                    | 0 <input type="checkbox"/> nein | 1 <input type="checkbox"/> ja |                              |

17. Welche weiteren akuten oder chronischen **Krankheiten** haben Sie momentan? (*bitte notieren*)

.....  
 .....  
 .....

19. Haben Sie vor dem Zubettgehen oft kalte Hände und/oder Füße?

- 0  nein    1  kalte Hände    2  kalte Füße    3  kalte Hände und kalte Füße

20. Schlafen Sie in einem **abgedunkelten Zimmer**?

- 0  nein    1  ja

21. Schlafen Sie bei **offenem Fenster**?

0  nein 1  ja

22a. Halten Sie tagsüber **Nickerchen**?

0  nein 1  ja etwa ..... Min am Tag

22b. Erhalten Sie momentan eine **Hormonersatztherapie**?

0  nein 1  ja seit ..... Jahren

Wenn ja, in welcher Form erhalten Sie diese?

1  Tabletten zur Einnahme 2  Pflaster 3  Lokale Salbe 4  Monatspritze  
5  andere Form (*bitte notieren*): .....

23. Befinden Sie sich in der **Menopause**?

0  nein 1  ja

24. Befinden Sie sich in der **Postmenopause** (Menopause bereits abgeschlossen)?

0  nein 1  ja

25. Nehmen Sie orale **Kontrazeptiva** („Antibabypille“) ein?

0  nein 1  ja

Falls ja, *bitte Präparat notieren*: .....

Falls nein: Erfolgt Ihr Zyklus regelmäßig? 0  nein 1  ja

26. Vor wie vielen Tagen begann Ihre letzte **Menstruation**? Vor ..... Tagen

## A 5 Pittsburgh-Sleep-Quality-Index (PSQI) (verkleinert)

### Schlafqualitäts-Fragebogen (PSQI)

Proband-Nr.: LSD -.....

Datum: ..../..... 20.....

Die folgenden Fragen beziehen sich auf Ihre üblichen Schlafgewohnheiten und zwar nur während der letzten vier Wochen. Ihre Antworten sollten möglichst genau sein und sich auf die Mehrzahl der Tage und Nächte während der letzten vier Wochen beziehen. Beantworten Sie bitte alle Fragen.

1. Wann sind Sie während der letzten vier Wochen gewöhnlich abends zu Bett gegangen?

..... Uhr

2. Wie lange hat es während der letzten vier Wochen gewöhnlich gedauert, bis Sie nachts eingeschlafen sind?

in Minuten:

3. Wann sind Sie während der letzten vier Wochen gewöhnlich morgens aufgestanden?

übliche Uhrzeit:

4. Wie viele Stunden haben Sie während der letzten vier Wochen pro Nacht tatsächlich geschlafen?

(Das muss nicht mit der Anzahl der Stunden, die Sie im Bett verbracht haben, übereinstimmen).

Effektive Schlafzeit (Stunden) pro Nacht:

Kreuzen Sie bitte für jede der folgenden Fragen die für Sie zutreffende Antwort an. Beantworten Sie bitte alle Fragen.

5. Wie oft haben Sie während der letzten vier Wochen schlecht geschlafen, ...

- a) ... weil Sie nicht innerhalb von 30 Minuten einschlafen konnten?

- Während der letzten vier Wochen gar nicht  
 Weniger als einmal pro Woche  
 Einmal oder zweimal pro Woche  
 Dreimal oder häufiger pro Woche

- b) ... weil Sie mitten in der Nacht oder früh morgens aufgewacht sind?

- Während der letzten vier Wochen gar nicht  
 Weniger als einmal pro Woche  
 Einmal oder zweimal pro Woche  
 Dreimal oder häufiger pro Woche

c) ... weil Sie aufstehen mussten, um zur Toilette zu gehen?

- Während der letzten vier Wochen gar nicht
- Weniger als einmal pro Woche
- Einmal oder zweimal pro Woche
- Dreimal oder häufiger pro Woche

d) ... weil Sie Beschwerden beim Atmen hatten?

- Während der letzten vier Wochen gar nicht
- Weniger als einmal pro Woche
- Einmal oder zweimal pro Woche
- Dreimal oder häufiger pro Woche

e) ... weil Sie husten mussten oder laut geschnarcht haben?

- Während der letzten vier Wochen gar nicht
- Weniger als einmal pro Woche
- Einmal oder zweimal pro Woche
- Dreimal oder häufiger pro Woche

f) ... weil Ihnen zu kalt war?

- Während der letzten vier Wochen gar nicht
- Weniger als einmal pro Woche
- Einmal oder zweimal pro Woche
- Dreimal oder häufiger pro Woche

g) ... weil Ihnen zu warm war?

- Während der letzten vier Wochen gar nicht
- Weniger als einmal pro Woche
- Einmal oder zweimal pro Woche
- Dreimal oder häufiger pro Woche

h) ... weil Sie schlecht geträumt hatten?

- Während der letzten vier Wochen gar nicht
- Weniger als einmal pro Woche
- Einmal oder zweimal pro Woche
- Dreimal oder häufiger pro Woche

i) ... weil Sie Schmerzen hatten?

- Während der letzten vier Wochen gar nicht
- Weniger als einmal pro Woche
- Einmal oder zweimal pro Woche
- Dreimal oder häufiger pro Woche

j) ... aus anderen Gründen?

Bitte beschreiben:

Und wie oft während des letzten Monats konnten Sie aus diesem Grund schlecht schlafen?

- Während der letzten vier Wochen gar nicht
- Weniger als einmal pro Woche
- Einmal oder zweimal pro Woche
- Dreimal oder häufiger pro Woche

6. Wie würden Sie insgesamt die Qualität Ihres Schlafes während der letzten vier Wochen beurteilen?

- Sehr gut
- Ziemlich gut
- Ziemlich schlecht
- Sehr schlecht

7. Wie oft haben Sie während der letzten vier Wochen Schlafmittel eingenommen (vom Arzt verschriebene oder frei verkäufliche)?

- Während der letzten vier Wochen gar nicht
- Weniger als einmal pro Woche
- Einmal oder zweimal pro Woche
- Dreimal oder häufiger pro Woche

8. Wie oft hatten Sie während der letzten vier Wochen Schwierigkeiten wach zu bleiben, etwa beim Autofahren, beim Essen oder bei gesellschaftlichen Anlässen?

- Während der letzten vier Wochen gar nicht
- Weniger als einmal pro Woche
- Einmal oder zweimal pro Woche
- Dreimal oder häufiger pro Woche

9. Hatten Sie während der letzten vier Wochen Probleme, mit genügend Schwung die üblichen Alltagsaufgaben zu erledigen?

- Keine Probleme
- Kaum Probleme
- Etwas Probleme
- Große Probleme

10. Schlafen Sie allein in Ihrem Zimmer?

- Ja
- Ja, aber ein Partner/Mitbewohner schläft in einem anderen Zimmer
- Nein, der Partner schläft im selben Zimmer, aber nicht im selben Bett
- Nein, der Partner schläft im selben Bett

Falls Sie einen Mitbewohner / Partner haben, fragen Sie sie/ihn bitte, ob und wie oft er/sie bei Ihnen folgendes bemerkt hat:

a) Lautes Schnarchen

- Während der letzten vier Wochen gar nicht
- Weniger als einmal pro Woche
- Einmal oder zweimal pro Woche
- Dreimal oder häufiger pro Woche

b) Lange Atempausen während des Schlafes

- Während der letzten vier Wochen gar nicht
- Weniger als einmal pro Woche
- Einmal oder zweimal pro Woche
- Dreimal oder häufiger pro Woche

c) Zucken oder ruckartige Bewegungen der Beine während des Schlafes

- Während der letzten vier Wochen gar nicht
- Weniger als einmal pro Woche
- Einmal oder zweimal pro Woche
- Dreimal oder häufiger pro Woche

d) Nächtliche Phasen von Verwirrung oder Desorientierung während des Schlafes

- Während der letzten vier Wochen gar nicht
- Weniger als einmal pro Woche
- Einmal oder zweimal pro Woche
- Dreimal oder häufiger pro Woche

e) Oder andere Formen von Unruhe während des Schlafes

Bitte beschreiben:

---

**Schlafdauer:**

Wenn Sie jeden Tag so lange schlafen könnten wie Sie möchten, wie viele Stunden würden Sie dann benötigen, um ausgeschlafen zu sein? ..... Stunden

---

Machen Sie bitte noch folgende Angaben zu Ihrer Person:

Alter: \_\_\_\_\_ Jahre

Geschlecht:  weiblich  
 männlich

**A 6 Morningness-Eveningness Questionnaire (MEQ) (deutsche validierte Version, D-MEQ) (verkleinert)**

**Chronotyp - Horne-Östberg-Fragebogen**  
(dt. validierte Version von Griefahn et al. 2001, D-MEQ)

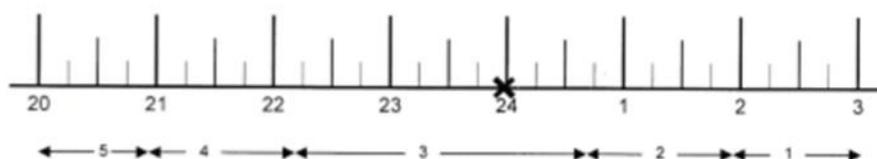
Proband-Nr.: LSD-.....  
Datum: .... / ..... 20.....

1. Bitte lesen Sie jede Frage sorgfältig durch, bevor Sie antworten.
2. Beantworten Sie bitte alle Fragen, auch dann wenn Sie sich bei einer Frage unsicher sind.
3. Beantworten Sie die Fragen in der vorgegebenen Reihenfolge.
4. Beantworten Sie die Fragen so schnell wie möglich. Es sind die ersten Reaktionen auf die Fragen, die uns mehr interessieren als eine lange überlegte Antwort.
5. Beantworten Sie jede Frage ehrlich. Es gibt keine richtige oder falsche Antwort.

**Beantwortungsbeispiele**

a) Um wieviel Uhr werden Sie abends müde und haben das Bedürfnis, schlafen zu gehen ?

Hier sind **Zeitpunkte** gefragt. Kreuzen Sie bitte die für Sie zutreffende Zeit an. z.B.,



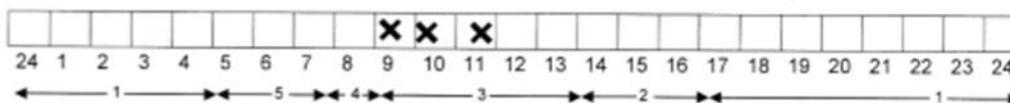
b) Wenn Sie um 23 Uhr zu Bett gehen sollten, wie müde wären Sie dann ?

Kreuzen Sie bitte jeweils nur eine Antwortmöglichkeit an.

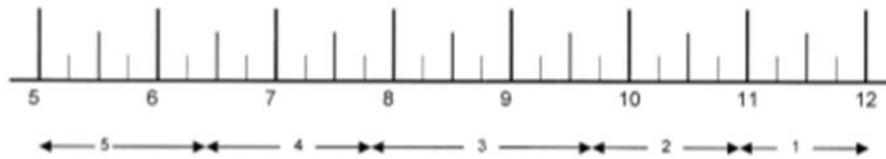
- Überhaupt nicht müde  0  
 Etwas müde  2  
 Ziemlich müde  3  
 Sehr müde  5

c) Zu welcher Tageszeit fühlen Sie sich Ihrer Meinung nach am besten ?

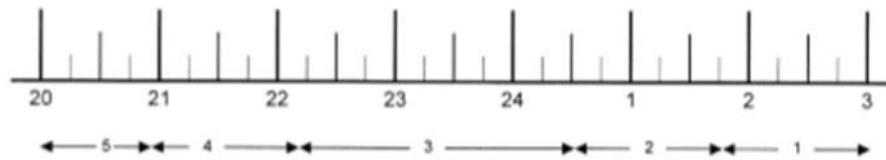
Hier ist ein **Zeitraum** gefragt. Kreuzen Sie bitte den für Sie zutreffenden Zeitraum an. z.B.,



1. Wenn es nur nach Ihrem eigenen Wohlbefinden ginge und Sie Ihren Tag völlig frei einteilen könnten, wann würden Sie dann aufstehen ?



2. Wenn es nur nach Ihrem eigenen Wohlbefinden ginge und Sie Ihren Abend völlig frei gestalten könnten, wann würden Sie dann zu Bett gehen ?



3. Wie sehr sind Sie von Ihrem Wecker abhängig, wenn Sie morgens zu einer bestimmten Zeit aufstehen müssen ?

- Überhaupt nicht abhängig  4  
 Etwas abhängig  3  
 Ziemlich abhängig  2  
 Sehr abhängig  1

4. Wie leicht fällt es Ihnen üblicherweise morgens aufzustehen ?

- Überhaupt nicht leicht  1  
 Nicht sehr leicht  2  
 Ziemlich leicht  3  
 Sehr leicht  4

5. Wie wach fühlen Sie sich morgens in der ersten halben Stunde nach dem Aufwachen ?

- Überhaupt nicht wach  1  
 Ein bisschen wach  2  
 Ziemlich wach  3  
 Sehr wach  4

6. Wie ist Ihr Appetit in der ersten halben Stunde nach dem Aufwachen ?

- Sehr gering  1
- Ziemlich gering  2
- Ziemlich gut  3
- Sehr gut  4

7. Wie müde fühlen Sie sich morgens in der ersten halben Stunde nach dem Aufwachen ?

- Sehr müde  1
- Ziemlich müde  2
- Ziemlich frisch  3
- Sehr frisch  4

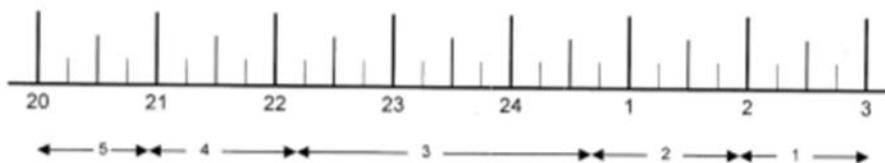
8. Wenn Sie am folgenden Tag keinerlei Verpflichtungen haben, wann gehen Sie dann – verglichen mit Ihrer üblichen Schlafenszeit – zu Bett ?

- Selten oder nie später  4
- Weniger als eine Stunde später  3
- 1-2 Stunden später  2
- Mehr als 2 Stunden später  1

9. Sie haben beschlossen, sich körperlich zu betätigen. Ein Freund rät Ihnen, zweimal wöchentlich eine Stunde zu trainieren; für ihn sei die beste Zeit zwischen 7 und 8 Uhr. Ausgehend von Ihrem eigenen Wohlbefinden, wie schätzen Sie Ihre Leistungsfähigkeit zu dieser Zeit ein ?

- Ich wäre gut in Form  4
- Ich wäre ziemlich in Form  3
- Es wäre ziemlich schwierig für mich  2
- Es wäre sehr schwierig für mich  1

10. Um wie viel Uhr werden Sie abends müde und haben das Bedürfnis schlafen zu gehen ?



11. Sie möchten für einen zweistündigen Test, von dem Sie wissen, dass er mental sehr beansprucht, in Bestform sein. Wenn es nur nach Ihrem eigenen Wohlbefinden ginge und wenn Sie Ihren Tag völlig frei einteilen könnten, welchen der vier Test-Zeiträume würden Sie wählen ?

- |             |                            |
|-------------|----------------------------|
| 8 – 10 Uhr  | <input type="checkbox"/> 6 |
| 11 – 13 Uhr | <input type="checkbox"/> 4 |
| 15 – 17 Uhr | <input type="checkbox"/> 2 |
| 19 – 21 Uhr | <input type="checkbox"/> 0 |

12. Wenn Sie um 23 Uhr zu Bett gehen sollten, wie müde wären Sie dann ?

- |                      |                            |
|----------------------|----------------------------|
| Überhaupt nicht müde | <input type="checkbox"/> 0 |
| Etwas müde           | <input type="checkbox"/> 2 |
| Ziemlich müde        | <input type="checkbox"/> 3 |
| Sehr müde            | <input type="checkbox"/> 5 |

13. Aus irgendeinem Grund sind Sie einige Stunden später als gewöhnlich zu Bett gegangen. Es besteht jedoch keine Notwendigkeit, am nächsten Morgen zu einer bestimmten Uhrzeit aufzustehen. Welcher der folgenden Fälle wird bei Ihnen am ehesten eintreten ?

- |   |                            |
|---|----------------------------|
| Ich werde zur üblichen Zeit wach und schlafe nicht wieder ein   | <input type="checkbox"/> 4 |
| Ich werde zur üblichen Zeit wach und döse danach noch ein wenig | <input type="checkbox"/> 3 |
| Ich werde zur üblichen Zeit wach, schlafe dann aber wieder ein  | <input type="checkbox"/> 2 |
| Ich wache erst später als üblich auf                            | <input type="checkbox"/> 1 |

14. In einer Nacht müssen Sie für eine Nachtwache zwischen 4 und 6 Uhr wach sein. Am darauf folgenden Tag haben Sie keine weiteren Verpflichtungen. Welche der nachfolgenden Alternativen sagt Ihnen am ehesten zu ?

- |  |                            |
|--|----------------------------|
| Ich werde erst nach der Nachtwache zu Bett gehen                           | <input type="checkbox"/> 1 |
| Ich werde vorher ein Nickerchen machen und nach der Nachtwache schlafen    | <input type="checkbox"/> 2 |
| Ich werde vorher richtig schlafen und hinterher noch ein Nickerchen machen | <input type="checkbox"/> 3 |
| Ich werde nur vorher schlafen  | <input type="checkbox"/> 4 |

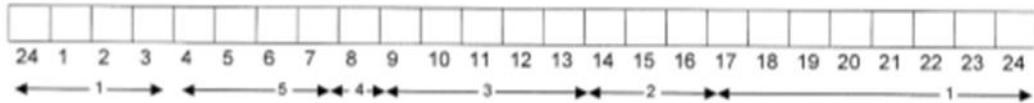
15. Sie müssen zwei Stunden körperlich schwer arbeiten und können sich Ihren Tag völlig frei einteilen. Wenn es nur nach Ihrem eigenen Wohlbefinden ginge, welche der folgenden Zeiten würden Sie wählen ?

- |             |                            |
|-------------|----------------------------|
| 8 – 10 Uhr  | <input type="checkbox"/> 4 |
| 11 – 13 Uhr | <input type="checkbox"/> 3 |
| 15 – 17 Uhr | <input type="checkbox"/> 2 |
| 19 – 21 Uhr | <input type="checkbox"/> 1 |

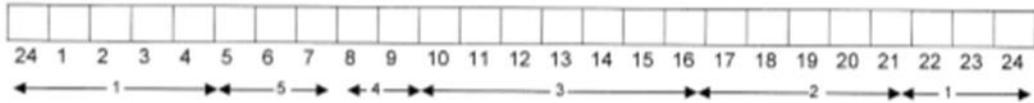
16. Sie haben sich zu einem anstrengenden körperlichen Training entschlossen. Ein Freund rät Ihnen, zweimal wöchentlich eine Stunde zu trainieren; für ihn sei die beste Zeit zwischen 22 und 23 Uhr. Ausgehend von Ihrem eigenen Wohlbefinden, wie schätzen Sie Ihre Leistungsfähigkeit zu dieser Zeit ein ?

- Ich wäre gut in Form  1
- Ich wäre ziemlich in Form  2
- Es wäre ziemlich schwierig für mich  3
- Es wäre sehr schwierig für mich  4

17. Angenommen, Sie könnten Ihre Arbeitszeit frei wählen und Ihre Arbeitszeit beträgt 5 Stunden pro Tag (einschließlich der Pausen), die Tätigkeit ist interessant und wird nach Erfolg bezahlt. Welche 5 aufeinander folgenden Stunden würden Sie wählen ?



18. Zu welcher Tageszeit fühlen Sie sich Ihrer Meinung nach am besten ?



19. Man spricht bei Menschen von ‚Morgen-‘ und ‚Abendtypen‘. Zu welchem der folgenden Typen zählen Sie sich ?

- Eindeutig ‚Morgentyp‘  6
- Eher ‚Morgentyp‘ als ‚Abendtyp‘  4
- Eher ‚Abendtyp‘ als ‚Morgentyp‘  2
- Eindeutig ‚Abendtyp‘  0

Alter: ..... Jahre

Geschlecht: 1  männlich 2  weiblich

**Vielen Dank !**

## A 7 Eppworth Sleepiness Scale (ESS) (verkleinert)

### ESS-FRAGEBOGEN

Proband(in)-Nr.: LSD-.....

Datum: ...../..... 20.....

Die fett gedruckte Frage bezieht sich auf Ihr normales Alltagsleben in der letzten Zeit:  
**Für wie wahrscheinlich halten Sie es, dass Sie in einer der folgenden Situationen einnicken oder einschlafen würden, - sich also nicht nur müde fühlen?** Auch wenn Sie in der letzten Zeit einige dieser Situationen nicht erlebt haben, versuchen Sie sich trotzdem vorzustellen, wie sich diese Situationen auf Sie ausgewirkt hätten.

Benutzen Sie bitte die folgende Skala, um für jede Situation eine möglichst genaue Einschätzung vorzunehmen und kreuzen Sie die entsprechende Zahl an:

- 0 = würde *niemals* einnicken
- 1 = *geringe* Wahrscheinlichkeit einzunicken
- 2 = *mittlere* Wahrscheinlichkeit einzunicken
- 3 = *hohe* Wahrscheinlichkeit einzunicken

**Bitte kreuzen Sie eine Möglichkeit an:**

Situation	Wahrscheinlichkeit einzunicken
Im Sitzen lesend	① ② ③
Beim Fernsehen	① ② ③
Wenn Sie passiv (als Zuhörer) in der Öffentlichkeit sitzen (z.B. im Theater oder bei einem Vortrag)	① ② ③
Als Beifahrer im Auto während einer einstündigen Fahrt ohne Pause	① ② ③
Wenn Sie sich am Nachmittag hingelegt haben, um auszuruhen	① ② ③
Wenn Sie sitzen und sich mit jemand unterhalten	① ② ③
Wenn Sie nach dem Mittagessen (ohne Alkohol) ruhig dasitzen	① ② ③
Wenn Sie als Fahrer eines Autos verkehrsbedingt einige Minuten halten müssen	① ② ③
Summe	

## A 8 Perceived Stress Scale PSS-10 (verkleinert)

### Fragebogen – Stress

Proband-Nr.: .....  
Datum: ...../.....

**Stress während des letzten Monats** ► bezieht sich auf den **letzten Monat**  
(„Perceived Stress Scale“ (PSS-10), dt. valid. Version nach Klein/2016)

Kreuzen Sie bitte das Kästchen an, das Ihrer Zustimmung am besten entspricht:

	nie	fast nie	manch- mal	ziemlich oft	sehr oft
01 Wie oft wurden Sie im letzten Monat von unerwarteten Ereignissen überrascht?	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>
02 Wie oft hatten Sie im letzten Monat das Gefühl, dass es Ihnen nicht möglich ist, wichtige Dinge in Ihrem Leben zu kontrollieren?	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>
03 Wie oft haben Sie sich im letzten Monat nervös oder „gestresst“ gefühlt?	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>
04 Wie oft haben Sie sich im letzten Monat zuversichtlich gefühlt, dass Sie in der Lage sind, persönliche Probleme zu regeln?	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>
05 Wie oft hatten Sie im letzten Monat das Gefühl, dass die Dinge in Ihrem Leben genauso laufen, wie sie es sollten?	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>
06 Wie oft hatten Sie im letzten Monat das Gefühl, dass Sie mit anfallenden Aufgaben nicht zu Rande kommen?	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>
07 Wie oft waren Sie in der Lage mit Widrigkeiten des Lebens kontrolliert umzugehen?	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>
08 Wie oft fühlten Sie sich als Herr der Lage?	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>
09 Wie oft haben Sie sich über Dinge geärgert, die außerhalb Ihrer Kontrolle lagen?	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>
10 Wie oft hatten Sie das Gefühl, dass sich Schwierigkeiten so sehr auf türmten, dass sie Ihnen über den Kopf wuchsen?	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>

Gesamtpunktzahl: .....

## A 9 Tagesprotokoll (verkleinert)

Proband/in Nr. LSD-.....

### Protokoll der Probanden während des Tragens des Temperatur-Chips

Legen Sie bitte den Temperatur-Chip an **Tag 1** vor 13:00 Uhr an und nehmen den Chip an **Tag 3 nach 19:00 Uhr** wieder ab. **Bitte Uhrzeiten notieren:**

**Tag 1:** ..... (Datum) Chips angelegt: ..... (Uhrzeit)

**Tag 3:** ..... (Datum) Chips abgenommen: ..... (Uhrzeit)

**Bitte füllen Sie nachfolgende Tabelle aus:**

**Bitte beachten:** Ihre Aufwachzeit etc. geben Sie bereits für **Tag 1** an (wenn Sie an Tag 1 um 12 Uhr die Chips angelegt haben, geben Sie somit an, wann Sie an diesem Tag aufgestanden sind etc.)

Merkmal	Beispiel Uhrzeit	Uhrzeit* (bitte eintragen)
<b>Tag 1:</b> Aufwachzeit	07:50	
<b>Tag 1:</b> Essenszeiten: Frühstück (Beginn): Mittagessen (Beginn): Abendessen (Beginn):	07:45 13:05 20:45	..... ..... .....
<b>Tag 1:</b> Sport	16:00–17:15	
<b>Tag 1:</b> Zeitraum im Freien	08:15-08:45 15:10-16:00	..... .....
<b>Tag 1:</b> Zubettgezeit	22:35	
<b>Tag 1:</b> Chips abgenommen (z.B. wegen Duschen)	14:20–14:30	
<b>Tag 2:</b> Aufwachzeit	07:00	
<b>Tag 2:</b> Speichelproben: T 0 (Aufwachzeit) T 30 T 45 T 60 T Abend (Zubettgezeit)	07:00 07:30 07:45 08:00 22:05	..... ..... ..... ..... .....
<b>Tag 2:</b> Essenszeiten: Frühstück (Beginn): Mittagessen (Beginn): Abendessen (Beginn):	07:45 13:05 20:45	..... ..... .....
<b>Tag 2:</b> Sport	16:00–17:15	
<b>Tag 2:</b> Zeitraum im Freien	08:15-08:45 15:10-16:00	..... .....
<b>Tag 2:</b> Zubettgezeit	22:05	

<b>Tag 2:</b> Chips abgenommen (z. B. wegen Duschen)	7:30 - 7:45	
<b>Tag 3:</b> Aufwachzeit	07:00	
<b>Tag 3: Speichelproben:</b> T 0 (Aufwachzeit) T 30 T 45 T 60 T Abend (Zubettgehenzeit)	07:00 07:30 07:45 08:00 22:20	..... ..... ..... ..... .....
<b>Tag 3: Essenszeiten:</b> Frühstück (Beginn): Mittagessen (Beginn): Abendessen (Beginn):	07:45 13:05 20:45	..... ..... .....
<b>Tag 3: Sport</b>	17:00-17:30	
<b>Tag 3: Zeitraum im Freien</b>	09:15-10:00	..... .....
<b>Tag 3: Zubettgehenzeit</b>	22:20	
<b>Tag 3:</b> Chips abgenommen (z. B. wegen Duschen)	7:30 - 7:45	

\* Schreibweise: 06:40 Uhr

Bemerkungen: .....

.....

.....

## 11.1 Tabellen zur Normalverteilung

A 10 Tabellen zur Normalverteilung der anthropometrischen Daten im Winter

Merkmal	Altersgruppe	Shapiro-Wilk		
		Statistik	N	p
<b>Körpergewicht (kg) - Winter</b>	Junge Erwachsene	0,942	22	0,218
	Ältere Erwachsene	0,982	18	0,970
<b>Körperhöhe (cm) - Winter</b>	Junge Erwachsene	0,978	22	0,886
	Ältere Erwachsene	0,965	18	0,700
<b>Körperhöhe (m) - Winter</b>	Junge Erwachsene	0,977	22	0,865
	Ältere Erwachsene	0,966	18	0,715
<b>BMI (kg/m<sup>2</sup>) - Winter</b>	Junge Erwachsene	0,921	22	0,081
	Ältere Erwachsene	0,974	18	0,870
<b>Taillenumfang (cm) - Winter</b>	Junge Erwachsene	0,959	22	0,472
	Ältere Erwachsene	0,954	18	0,493
<b>Hüftumfang (cm) - Winter</b>	Junge Erwachsene	0,925	22	0,095
	Ältere Erwachsene	0,964	18	0,671
<b>Bauchumfang (cm) - Winter</b>	Junge Erwachsene	0,940	22	0,195
	Ältere Erwachsene	0,915	18	0,107

BMI = Body-Mass-Index, N = Anzahl an Probandinnen, p = Irrtumswahrscheinlichkeit

A 11 Tabellen zur Normalverteilung der anthropometrischen Merkmale im Sommer

Merkmal	Altersgruppe	Shapiro-Wilk		
		Statistik	N	p
<b>Körpergewicht (kg) - Sommer</b>	Junge Erwachsene	0,916	17	0,126
	Ältere Erwachsene	0,980	17	0,953
<b>Körperhöhe (cm) - Sommer</b>	Junge Erwachsene	0,957	17	0,584
	Ältere Erwachsene	0,959	17	0,604
<b>Körperhöhe (m) - Sommer</b>	Junge Erwachsene	0,942	17	0,344
	Ältere Erwachsene	0,959	17	0,604
<b>BMI (kg/m<sup>2</sup>) - Sommer</b>	Junge Erwachsene	0,943	17	0,352
	Ältere Erwachsene	0,951	17	0,465
<b>Taillenumfang (cm) - Sommer</b>	Junge Erwachsene	0,951	17	0,478
	Ältere Erwachsene	0,952	17	0,487
<b>Hüftumfang (cm) - Sommer</b>	Junge Erwachsene	0,989	17	0,999
	Ältere Erwachsene	0,977	17	0,928
<b>Bauchumfang (cm) - Sommer</b>	Junge Erwachsene	0,955	17	0,535
	Ältere Erwachsene	0,940	17	0,322

BMI = Body-Mass-Index, N = Anzahl an Probandinnen, p = Irrtumswahrscheinlichkeit

A 12 Tabellen zur Normalverteilung der Körperzusammensetzung im Winter

Merkmal	Altersgruppe	Shapiro-Wilk		
		Statistik	N	p
<b>FM Körper (%) - Tanita - Winter</b>	Junge Erwachsene	0,956	22	0,412
	Ältere Erwachsene	0,892	16	0,060
<b>FM Körper (kg) - Tanita - Winter</b>	Junge Erwachsene	0,933	22	0,143
	Ältere Erwachsene	0,952	16	0,524
<b>FFM Körper (kg) - Tanita - Winter</b>	Junge Erwachsene	0,959	22	0,471
	Ältere Erwachsene	0,969	16	0,829
<b>Grundumsatz (kcal/24 Std.) - Tanita - Winter</b>	Junge Erwachsene	0,950	22	0,315
	Ältere Erwachsene	0,963	16	0,722

FM = Fettmasse, FFM = fettfreie Masse, N = Anzahl an Probandinnen, p = Irrtumswahrscheinlichkeit

A 13 Tabellen zur Normalverteilung der Körperzusammensetzung im Sommer

Merkmal	Altersgruppe	Shapiro-Wilk		
		Statistik	N	p
<b>FM Körper (%) - Tanita - Sommer</b>	Junge Erwachsene	0,953	17	0,508
	Ältere Erwachsene	0,898	16	0,076
<b>FM Körper (kg) - Tanita - Sommer</b>	Junge Erwachsene	0,943	17	0,362
	Ältere Erwachsene	0,976	16	0,919
<b>FFM Körper (kg) - Tanita - Sommer</b>	Junge Erwachsene	0,916	17	0,127
	Ältere Erwachsene	0,935	16	0,294
<b>Grundumsatz (kcal/24 Std.) - Tanita - Sommer</b>	Junge Erwachsene	0,888	17	0,043
	Ältere Erwachsene	0,953	16	0,541

FM = Fettmasse, FFM = fettfreie Masse, N = Anzahl an Probandinnen, p = Irrtumswahrscheinlichkeit

A 14 Tabelle zur Normalverteilung des D-MEQ- und des ESS-Fragebogens im Winter

Fragebogen	Altersgruppe	Shapiro-Wilk		
		Statistik	N	p
<b>D-MEQ - Chronotyp - Fragebogenbefund (Punkte)</b>	Junge Erwachsene	0,844	22	0,003
	Ältere Erwachsene	0,960	18	0,595
<b>ESS - Tagesschläfrigkeit (Punkte)</b>	Junge Erwachsene	0,965	22	0,598
	Ältere Erwachsene	0,954	18	0,500

D-MEQ = Deutsche Version des Morningness-Eveningness Questionnaire, ESS = Eppworth Sleepiness Scale, N = Anzahl an Probandinnen, p = Irrtumswahrscheinlichkeit

A 15 Tabelle zur Normalverteilung des D-MEQ- und des ESS-Fragebogens im Sommer

Fragebogen	Altersgruppe	Shapiro-Wilk		
		Statistik	N	p
<b>D-MEQ - Chronotyp - Fragebogenbefund (Punkte)</b>	Junge Erwachsene	,764	17	,001
	Ältere Erwachsene	,969	17	,793
<b>ESS - Tagesschläfrigkeit (Punkte)</b>	Junge Erwachsene	,913	17	,114
	Ältere Erwachsene	,934	17	,249

D-MEQ = Deutsche Version des Morningness-Eveningness Questionnaire, ESS = Eppworth Sleepiness Scale, N = Anzahl an Probandinnen, p = Irrtumswahrscheinlichkeit

A 16 Tabelle zur Normalverteilung des PSQI-Fragebogens im Winter

Merkmal	Altersgruppe	Shapiro-Wilk		
		Statistik	N	p
<b>PSQI - Schlafqualität (Punkte)</b>	Junge Erwachsene	0,926	20	0,131
	Ältere Erwachsene	0,932	16	0,260
<b>PSQI - Schlafqualität (Gruppe)</b>	Junge Erwachsene	0,637	20	0,000
	Ältere Erwachsene	0,591	16	0,000
<b>PSQI - Zubettgehzeit (Min)</b>	Junge Erwachsene	0,778	20	0,000
	Ältere Erwachsene	0,913	16	0,130
<b>PSQI - Einschlafzeit = Einschlafdauer (Min)</b>	Junge Erwachsene	0,914	20	0,077
	Ältere Erwachsene	0,703	16	0,000
<b>PSQI - Aufstehzeit (Min)</b>	Junge Erwachsene	0,904	20	0,049
	Ältere Erwachsene	0,945	16	0,417
<b>PSQI - Schlafdauer (Std.)</b>	Junge Erwachsene	0,875	20	0,014
	Ältere Erwachsene	0,931	16	0,254
<b>PSQI - Schlafdauer (Min.)</b>	Junge Erwachsene	0,897	20	0,037
	Ältere Erwachsene	0,931	16	0,254
<b>PSQI - Liegedauer (Min)</b>	Junge Erwachsene	0,965	20	0,649
	Ältere Erwachsene	0,952	16	0,522
<b>PSQI - Schlaffeffizienz (Punkte)</b>	Junge Erwachsene	0,544	20	0,000
	Ältere Erwachsene	0,738	16	0,000
<b>PSQI - Genuine Schlafdauer</b>	Junge Erwachsene	0,881	20	0,019
	Ältere Erwachsene	0,879	16	0,037

PSQI = Pittsburgh Sleep Quality Index, N = Anzahl an Probandinnen, p = Irrtumswahrscheinlichkeit

A 17 Tabelle zur Normalverteilung des PSQI-Fragebogens im Sommer

Merkmal	Altersgruppe	Shapiro-Wilk		
		Statistik	N	p
PSQI - Schlafqualität (Punkte)	Junge Erwachsene	0,923	15	0,216
	Ältere Erwachsene	0,915	17	0,121
PSQI - Schlafqualität (Gruppe)	Junge Erwachsene	0,413	15	0,000
	Ältere Erwachsene	0,385	17	0,000
PSQI - Zubettgehzeit (Min)	Junge Erwachsene	0,760	15	0,001
	Ältere Erwachsene	0,925	17	0,177
PSQI - Einschlafzeit = Einschlafdauer (Min)	Junge Erwachsene	0,945	15	0,452
	Ältere Erwachsene	0,680	17	0,000
PSQI - Aufstehzeit (Min)	Junge Erwachsene	0,650	15	0,000
	Ältere Erwachsene	0,961	17	0,659
PSQI - Schlafdauer (Std.)	Junge Erwachsene	0,971	15	0,867
	Ältere Erwachsene	0,912	17	0,108
PSQI - Schlafdauer (Min.)	Junge Erwachsene	0,970	15	0,865
	Ältere Erwachsene	0,912	17	0,108
PSQI - Liegedauer (Min)	Junge Erwachsene	0,958	15	0,651
	Ältere Erwachsene	0,946	17	0,401
PSQI - Schlaffeffizienz (%)	Junge Erwachsene	0,977	15	0,947
	Ältere Erwachsene	0,672	17	0,000
PSQI - Genuine Schlafdauer	Junge Erwachsene	0,940	15	0,359
	Ältere Erwachsene	0,925	17	0,182

PSQI = Pittsburgh Sleep Quality Index, N = Anzahl an Probandinnen, p = Irrtumswahrscheinlichkeit

A 18 Tabelle zur Normalverteilung des PSS-10 im Winter

Fragebogen	Altersgruppe	Shapiro-Wilk		
		Statistik	N	p
Stress (Gesamtpunktzahl)	Junge Erwachsene	0,951	22	0,330
	Ältere Erwachsene	0,961	18	0,620

N = Anzahl an Probandinnen, p = Irrtumswahrscheinlichkeit

A 19 Tabelle zur Normalverteilung des PSS-10 im Sommer

	Altersgruppe	Shapiro-Wilk		
		Statistik	N	p
Stress (Gesamtpunktzahl)	Junge Erwachsene	0,918	17	0,135
	Ältere Erwachsene	0,948	17	0,429

N = Anzahl an Probandinnen, p = Irrtumswahrscheinlichkeit

A 20 Tabelle zur Normalverteilung der Speichelcortisolkonzentration im Winter

Merkmal	Altersgruppe	Shapiro-Wilk		
		Statistik	N	p
Cortisolkonzentration MW (µg/dL) Zeitpunkt T0	Junge Erwachsene	0,918	16	0,159
	Ältere Erwachsene	0,907	8	0,332
Cortisolkonzentration MW (µg/dL) Zeitpunkt T30	Junge Erwachsene	0,935	16	0,295
	Ältere Erwachsene	0,775	8	0,015
Cortisolkonzentration MW (µg/dL) Zeitpunkt T45	Junge Erwachsene	0,913	16	0,131
	Ältere Erwachsene	0,889	8	0,228
Cortisolkonzentration MW (µg/dL) Zeitpunkt T60	Junge Erwachsene	0,960	16	0,659
	Ältere Erwachsene	0,905	8	0,332
Cortisolkonzentration MW (µg/dL) Zeitpunkt TAbend	Junge Erwachsene	0,453	16	0,000
	Ältere Erwachsene	0,937	8	0,581
Cortisolkonzentration MW CAR	Junge Erwachsene	0,951	17	0,470
	Ältere Erwachsene	0,840	9	0,058
Cortisolkonzentration MW DC1	Junge Erwachsene	0,691	16	0,000
	Ältere Erwachsene	0,948	8	0,695
Cortisolkonzentration MW DC2	Junge Erwachsene	0,918	16	0,155
	Ältere Erwachsene	0,921	8	0,435

MW = Mittelwert, N = Anzahl an Probandinnen, p = Irrtumswahrscheinlichkeit, CAR = Cortisolantwortreaktion, DC1 = Tagesabfall 1, DC2 = Tagesabfall 2

A 21 Tabelle zur Normalverteilung der Speichelcortisolkonzentration im Sommer

Merkmal	Altersgruppe	Shapiro-Wilk		
		Statistik	N	p
Cortisolkonzentration MW (µg/dL) Zeitpunkt T0	Junge Erwachsene	0,854	15	0,020
	Ältere Erwachsene	0,871	11	0,081
Cortisolkonzentration MW (µg/dL) Zeitpunkt T30	Junge Erwachsene	0,968	15	0,823
	Ältere Erwachsene	0,894	11	0,154
Cortisolkonzentration MW (µg/dL) Zeitpunkt T45	Junge Erwachsene	0,962	15	0,721
	Ältere Erwachsene	0,973	11	0,913
Cortisolkonzentration MW (µg/dL) Zeitpunkt T60	Junge Erwachsene	0,798	15	0,003
	Ältere Erwachsene	0,922	11	0,331
Cortisolkonzentration MW (µg/dL) Zeitpunkt TAbend	Junge Erwachsene	0,805	15	0,004
	Ältere Erwachsene	0,827	11	0,021
Cortisolkonzentration MW CAR	Junge Erwachsene	0,983	15	0,985
	Ältere Erwachsene	0,875	11	0,089
Cortisolkonzentration MW DC1	Junge Erwachsene	0,955	15	0,610
	Ältere Erwachsene	0,872	11	0,083
Cortisolkonzentration MW DC2	Junge Erwachsene	0,939	15	0,367
	Ältere Erwachsene	0,970	11	0,886

MW = Mittelwert, N = Anzahl an Probandinnen, p = Irrtumswahrscheinlichkeit, CAR = Cortisolawachreaktion, DC1 = Tagesabfall 1, DC2 = Tagesabfall 2

A 22 Tabelle zur Normalverteilung der Haarcortisolkonzentration im Winter und im Sommer

Merkmal	Altersgruppe	Shapiro-Wilk		
		Statistik	N	p
Cortisolkonzentration im Haar (pg/mL) - Sommer	Junge Erwachsene	0,925	17	0,182
	Ältere Erwachsene	0,880	17	0,032
Cortisolkonzentration im Haar (pg/mL) - Winter	Junge Erwachsene	0,833	17	0,006
	Ältere Erwachsene	0,923	17	0,165

N = Anzahl an Probandinnen, p = Irrtumswahrscheinlichkeit

A 23 Tabelle zur Normalverteilung der Lichtstrommenge im Winter

Merkmal	Altersgruppe	Shapiro-Wilk		
		Statistik	N	p
<b>MW Lichtstrom (Lumen) - Aufwachzeit (A) Winter</b>	Junge Erwachsene	0,290	21	0,000
	Ältere Erwachsene	0,383	17	0,000
<b>MW Lichtstrom (Lumen) - T0 bis T60 (Zeitraum: erste Stunde nach Aufwachen) Winter</b>	Junge Erwachsene	0,738	21	0,000
	Ältere Erwachsene	0,944	17	0,375
<b>MW Lichtstrom (Lumen) - vormittags (= A bis 12:00 Uhr) Winter</b>	Junge Erwachsene	0,908	21	0,050
	Ältere Erwachsene	0,935	17	0,268
<b>MW Lichtstrom (Lumen) - mittags (= 12:00 bis 15:59 Uhr) Winter</b>	Junge Erwachsene	0,955	21	0,418
	Ältere Erwachsene	0,823	17	0,004
<b>MW Lichtstrom (Lumen) - nachmittags (= 16:00 bis 19:59 Uhr) - Winter</b>	Junge Erwachsene	0,895	21	0,028
	Ältere Erwachsene	0,910	17	0,099
<b>MW Lichtstrom (Lumen) - abends (= 20:00 Uhr bis Z) Winter</b>	Junge Erwachsene	0,909	21	0,052
	Ältere Erwachsene	0,891	17	0,048
<b>MW Lichtstrom (Lumen) - Einschlafzeit (Z) Winter</b>	Junge Erwachsene	0,254	21	0,000
	Ältere Erwachsene	0,397	17	0,000
<b>MW Lichtstrom (Lumen) - tagsüber (= A bis Z) Winter</b>	Junge Erwachsene	0,889	21	0,022
	Ältere Erwachsene	0,969	17	0,807
<b>MW Lichtstrom (Lumen) - nachts (= Z bis A) Winter</b>	Junge Erwachsene	0,488	21	0,000
	Ältere Erwachsene	0,368	17	0,000

MW = Mittelwert, A = Aufwachzeit, Z = Zubettgehzeit, N = Anzahl an Probandinnen, p = Irrtumswahrscheinlichkeit

A 24 Tabelle zur Normalverteilung der Lichtstrommenge im Sommer

Merkmal	Altersgruppe	Shapiro-Wilk		
		Statistik	N	p
MW Lichtstrom (Lumen) - Aufwachzeit (A) Sommer	Junge Erwachsene	0,634	17	0,000
	Ältere Erwachsene	0,635	15	0,000
MW Lichtstrom (Lumen) - T0 bis T60 (Zeitraum: erste Stunde nach Aufwachen) Sommer	Junge Erwachsene	0,900	17	0,068
	Ältere Erwachsene	0,919	15	0,187
MW Lichtstrom (Lumen) - vormittags (= A bis 12:00 Uhr) Sommer	Junge Erwachsene	0,952	17	0,492
	Ältere Erwachsene	0,942	15	0,402
MW Lichtstrom (Lumen) - mittags (= 12:00 bis 15:59 Uhr) Sommer	Junge Erwachsene	0,970	17	0,822
	Ältere Erwachsene	0,932	15	0,289
MW Lichtstrom (Lumen) - nachmittags (= 16:00 bis 19:59 Uhr) - Sommer	Junge Erwachsene	0,939	17	0,305
	Ältere Erwachsene	0,967	15	0,813
MW Lichtstrom (Lumen) - abends (= 20:00 Uhr bis Z) Sommer	Junge Erwachsene	0,917	17	0,131
	Ältere Erwachsene	0,946	15	0,466
MW Lichtstrom (Lumen) - Einschlafzeit (Z) Sommer	Junge Erwachsene	0,346	17	0,000
	Ältere Erwachsene	0,745	15	0,001
MW Lichtstrom (Lumen) - tagsüber (= A bis Z) Sommer	Junge Erwachsene	0,928	17	0,204
	Ältere Erwachsene	0,940	15	0,385
MW Lichtstrom (Lumen) - nachts (= Z bis A) Sommer	Junge Erwachsene	0,578	17	0,000
	Ältere Erwachsene	0,725	15	0,000

MW = Mittelwert, A = Aufwachzeit, Z = Zubettgehzeit, N = Anzahl an Probandinnen, p = Irrtumswahrscheinlichkeit

A 25 Tabelle zur Normalverteilung der solaren Einstrahlung Tag 1 Winter (bezogen auf Cortisolstage)

	Shapiro-Wilk					
	Winter			Sommer		
	Statistik	N	p	Statistik	N	p
Solare Einstrahlung (W/m <sup>2</sup> ) kurzzeitig, Tagessumme Tag 1 Winter	0,737	35	0,000	0,206	34	1,000
Solare Einstrahlung (W/m <sup>2</sup> ) kurzzeitig, Tagesmittel	0,730	35	0,000	0,198	35	1,000

N = Anzahl an Probandinnen, p = Irrtumswahrscheinlichkeit

A 26 Tabelle zur Normalverteilung der Lichtexposition im Winter

Merkmal	Altersgruppe	Shapiro-Wilk		
		Statistik	N	p
MW Lichtexposition, ges. Tag (Lx)	Junge Erwachsene	0,897	22	0,025
	Ältere Erwachsene	0,572	18	0,000
MW Lichtexposition 08:00 – 11:59 Uhr (Lx)	Junge Erwachsene	0,698	22	0,000
	Ältere Erwachsene	0,616	18	0,000
MW Lichtexposition 12:00 – 15:59 Uhr (Lx)	Junge Erwachsene	0,736	22	0,000
	Ältere Erwachsene	0,508	18	0,000
MW Lichtexposition 16:00 – 19:59 Uhr (Lx)	Junge Erwachsene	0,222	22	0,000
	Ältere Erwachsene	0,503	18	0,000

MW = Mittelwert, N = Anzahl an Probandinnen, p = Irrtumswahrscheinlichkeit

A 27 Tabelle zur Normalverteilung der Lichtexposition im Sommer

Merkmal	Altersgruppe	Shapiro-Wilk		
		Statistik	N	p
MW Lichtexposition, ges. Tag (Lx)	Junge Erwachsene	0,813	17	0,003
	Ältere Erwachsene	0,909	17	0,095
MW Lichtexposition 04:00 – 07:59 Uhr (Lx)	Junge Erwachsene	0,398	17	0,000
	Ältere Erwachsene	0,327	17	0,000
MW Lichtexposition 08:00 – 11:59 Uhr (Lx)	Junge Erwachsene	0,649	17	0,000
	Ältere Erwachsene	0,835	17	0,006
MW Lichtexposition 12:00 – 15:59 Uhr (Lx)	Junge Erwachsene	0,737	17	0,000
	Ältere Erwachsene	0,868	17	0,020
MW Lichtexposition 16:00 – 19:59 Uhr (Lx)	Junge Erwachsene	0,809	17	0,003
	Ältere Erwachsene	0,772	17	0,001

MW = Mittelwert, N = Anzahl an Probandinnen, p = Irrtumswahrscheinlichkeit

A 28 Tabelle zur Normalverteilung der distalen Hauttemperatur im Winter

Merkmal	Altersgruppe	Shapiro-Wilk		
		Statistik	N	p
MW Tagesmittel (°C)	Junge Erwachsene	0,952	21	0,375
	Ältere Erwachsene	0,957	17	0,574
MW Nachtmittel (°C)	Junge Erwachsene	0,715	21	0,000
	Ältere Erwachsene	0,948	17	0,429
MW Mesor (°C)	Junge Erwachsene	0,947	21	0,296
	Ältere Erwachsene	0,964	17	0,704
MW Amplitude bei 24 Std.	Junge Erwachsene	0,925	21	0,111
	Ältere Erwachsene	0,968	17	0,782
MW Akrophase bei 24 Std.	Junge Erwachsene	0,920	21	0,087
	Ältere Erwachsene	0,953	17	0,511

MW = Mittelwert, N = Anzahl an Probandinnen, p = Irrtumswahrscheinlichkeit, Std. = Stunden

A 29 Tabelle zur Normalverteilung der distalen Hauttemperatur im Sommer

Merkmal	Altersgruppe	Shapiro-Wilk		
		Statistik	N	p
W Tagesmittel (°C)	Junge Erwachsene	0,915	17	0,122
	Ältere Erwachsene	0,852	15	0,019
MW Nachtmittel (°C)	Junge Erwachsene	0,847	17	0,010
	Ältere Erwachsene	0,955	15	0,612
MW Mesor (°C)	Junge Erwachsene	0,942	17	0,340
	Ältere Erwachsene	0,818	15	0,006
MW Amplitude bei 24 Std.	Junge Erwachsene	0,894	17	0,054
	Ältere Erwachsene	0,974	15	0,915
MW Akrophase bei 24 Std.	Junge Erwachsene	0,905		0,081
	Ältere Erwachsene	0,980		0,970

MW = Mittelwert, N = Anzahl an Probandinnen, p = Irrtumswahrscheinlichkeit, Std. = Stunden

A 30 Tabelle zur Normalverteilung der Cortisol/CRP Ratio im Winter

Merkmal	Altersgruppe	Shapiro-Wilk		
		Statistik	N	p
<b>Cortisol/CRP Ratio</b> <b>Zeitpunkt T<sub>0</sub></b>	Junge Erwachsene	0,755	9	0,006
	Ältere Erwachsene	0,863	6	0,198
<b>Cortisol/CRP Ratio</b> <b>Zeitpunkt T<sub>30</sub></b>	Junge Erwachsene	0,793	9	0,017
	Ältere Erwachsene	0,753	6	0,021
<b>Cortisol/CRP Ratio</b> <b>Zeitpunkt T<sub>45</sub></b>	Junge Erwachsene	0,775	9	0,011
	Ältere Erwachsene	0,770	6	0,031
<b>Cortisol/CRP Ratio</b> <b>Zeitpunkt T<sub>60</sub></b>	Junge Erwachsene	0,737	9	0,004
	Ältere Erwachsene	0,798	6	0,056
<b>Cortisol/CRP Ratio</b> <b>Zeitpunkt T<sub>Abend</sub></b>	Junge Erwachsene	0,643	9	0,000
	Ältere Erwachsene	0,702	6	0,007
<b>Cortisol/CRP Ration</b> <b>MW ges.</b>	Junge Erwachsene	0,798	9	0,019
	Ältere Erwachsene	0,796	6	0,054

CRP = C-reaktives Protein, MW = Mittelwert, N = Anzahl an Probandinnen, p = Irrtumswahrscheinlichkeit

A 31 Tabelle zur Normalverteilung der Cortisol/CRP Ratio im Sommer

Merkmal	Altersgruppe	Shapiro-Wilk		
		Statistik	N	p
<b>Cortisol/CRP Ratio</b> <b>Zeitpunkt T<sub>0</sub></b>	Junge Erwachsene	0,880	12	0,088
	Ältere Erwachsene	0,812	9	0,028
<b>Cortisol/CRP Ratio</b> <b>Zeitpunkt T<sub>30</sub></b>	Junge Erwachsene	0,861	12	0,050
	Ältere Erwachsene	0,874	9	0,134
<b>Cortisol/CRP Ratio</b> <b>Zeitpunkt T<sub>45</sub></b>	Junge Erwachsene	0,862	12	0,052
	Ältere Erwachsene	0,841	9	0,059
<b>Cortisol/CRP Ratio</b> <b>Zeitpunkt T<sub>60</sub></b>	Junge Erwachsene	0,858	12	0,047
	Ältere Erwachsene	0,777	9	0,011
<b>Cortisol/CRP Ratio</b> <b>Zeitpunkt T<sub>Abend</sub></b>	Junge Erwachsene	0,671	12	0,000
	Ältere Erwachsene	0,845	9	0,065
<b>Cortisol/CRP Ration</b> <b>MW ges. Tag</b>	Junge Erwachsene	0,852	12	0,038
	Ältere Erwachsene	0,876	9	0,142

CRP = C-reaktives Protein, MW = Mittelwert, N = Anzahl an Probandinnen, p = Irrtumswahrscheinlichkeit

## 11.2 Tabellen zu den Korrelationskoeffizienten

A 32 Korrelationskoeffizienten zwischen der CRP-Konzentration und anthropometrischen Merkmalen sowie der Fettmasse im Winter

	Jüngere Probandinnen			Ältere Probandinnen		
	MW hsCRP-Konzentration Winter			MW hsCRP-Konzentration Winter		
	$r_s$	$p$	N	$r_s$	$p$	N
<b>Körpergewicht (kg) - Winter</b>	0,32	0,263	14	0,56	0,046	13
<b>Bauchumfang (cm) - Winter</b>	0,47	0,087	14	0,60	0,032	13
<b>BMI (kg/m<sup>2</sup>) - Winter</b>	0,45	0,107	14	0,52	0,071	13
<b>FM Körper (%) - Tanita - Winter</b>	0,61	0,021	14	0,36	0,245	12
<b>FM Körper (kg) - Tanita - Winter</b>	0,49	0,078	14	0,46	0,131	12

MW = Mittelwert, CRP = C-reaktives Protein,  $r_s$  = Korrelationskoeffizient,  $p$  = Irrtumswahrscheinlichkeit, N = Anzahl an Probandinnen

A 33 Korrelationskoeffizienten zwischen der CRP-Konzentration und anthropometrischen Merkmalen sowie der Fettmasse im Sommer

	Jüngere Probandinnen			Ältere Probandinnen		
	MW hsCRP-Konzentration Sommer			MW hsCRP-Konzentration Sommer		
	$r_s$	$p$	N	$r_s$	$p$	N
<b>Körpergewicht (kg) - Winter</b>	0,37	0,209	13	0,73	0,001	16
<b>Bauchumfang (cm) - Winter</b>	0,39	0,186	13	0,67	0,004	16
<b>BMI (kg/m<sup>2</sup>) - Winter</b>	0,46	0,112	13	0,73	0,001	16
<b>FM Körper (%) - Tanita - Winter</b>	0,31	0,306	13	0,57	0,026	15
<b>FM Körper (kg) - Tanita - Winter</b>	0,31	0,297	13	0,67	0,007	15

MW = Mittelwert, CRP = C-reaktives Protein,  $r_s$  = Korrelationskoeffizient,  $p$  = Irrtumswahrscheinlichkeit, N = Anzahl an Probandinnen

A 34 Korrelationskoeffizienten zwischen der Cortisol-Konzentration und anthropometrischen Merkmalen sowie der Fettmasse im Winter

	Jüngere Probandinnen														
	MW Cortisolkonzentration T <sub>0</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>30</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>45</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>60</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>Abend</sub>		
	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N
<b>Körpergewicht (kg) - Winter</b>	0,10	0,672	20	0,24	0,329	19	0,47	0,041	19	0,45	0,047	20	0,03	0,906	18
<b>Bauchumfang (cm) - Winter</b>	0,04	0,864	20	-0,07	0,763	19	-0,01	0,966	19	0,13	0,594	20	0,03	0,893	18
<b>BMI (kg/m<sup>2</sup>) - Winter</b>	0,05	0,820	20	0,36	0,126	19	0,52	0,023	19	0,47	0,038	20	0,26	0,307	18
<b>FM Körper (%) - Tanita - Winter</b>	0,12	0,613	20	0,13	0,611	19	0,30	0,221	19	0,35	0,135	20	0,10	0,681	18
<b>FM Körper (kg) - Tanita - Winter</b>	0,12	0,608	20	0,15	0,533	19	0,35	0,143	19	0,35	0,128	20	0,02	0,932	18
	Ältere Probandinnen														
	MW Cortisolkonzentration T <sub>0</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>30</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>45</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>60</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>Abend</sub>		
	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N
<b>Körpergewicht (kg) - Winter</b>	-0,01	0,982	14	0,27	0,245	14	0,18	0,553	13	-0,07	0,831	13	0,18	0,553	13
<b>Bauchumfang (cm) - Winter</b>	0,12	0,684	14	0,20	0,499	14	0,11	0,732	13	-0,11	0,711	13	0,09	0,766	13
<b>BMI (kg/m<sup>2</sup>) - Winter</b>	-0,02	0,946	14	0,21	0,478	14	0,14	0,655	13	-0,07	0,817	13	0,13	0,680	13
<b>FM Körper (%) - Tanita - Winter</b>	0,01	0,966	12	-0,05	0,888	12	-0,16	0,631	11	-0,29	0,385	11	-0,21	0,536	11
<b>FM Körper (kg) - Tanita - Winter</b>	-0,01	0,983	12	0,17	0,601	12	0,02	0,958	11	-0,09	0,790	11	-0,10	0,769	11

BMI = Body-Mass-Index, FM = Fettmasse, r<sub>s</sub> = Korrelationskoeffizient, p = Irrtumswahrscheinlichkeit, N = Anzahl an Probandinnen, MW = Mittelwert

A 35 Korrelationskoeffizienten zwischen der Cortisol-Konzentration CAR, DC1 und DC2 und anthropometrischen Merkmalen sowie der Fettmasse im Winter

	Jüngere Probandinnen									Ältere Probandinnen								
	MW Cortisolkonzentration CAR			MW Cortisolkonzentration DC1			MW Cortisolkonzentration DC2			MW Cortisolkonzentration CAR			MW Cortisolkonzentration DC1			MW Cortisolkonzentration DC2		
	r <sub>s</sub>	p	N															
<b>Körpergewicht (kg) - Winter</b>	0,37	0,108	20	-0,05	0,836	19	0,44	0,070	18	0,34	0,255	13	-0,46	0,136	12	0,29	0,354	12
<b>Bauchumfang (cm) - Winter</b>	-0,04	0,871	20	-0,20	0,402	19	-0,13	0,607	18	0,10	0,745	13	-0,35	0,268	12	0,22	0,487	12
<b>BMI (kg/m<sup>2</sup>) - Winter</b>	0,39	0,087	20	-0,20	0,411	19	0,45	0,064	18	0,36	0,231	13	-0,40	0,193	12	0,22	0,484	12
<b>FM Körper (%) - Tanita - Winter</b>	0,17	0,470	20	-0,01	0,983	19	0,29	0,243	18	0,03	0,937	11	-0,25	0,486	10	0,02	0,960	10
<b>FM Körper (kg) - Tanita - Winter</b>	0,22	0,356	20	-0,00	0,994	19	0,34	0,162	18	0,17	0,612	11	-0,29	0,422	10	0,41	0,183	10

BMI = Body-Mass-Index, FM = Fettmasse, CAR = Cortisolaufwachreaktion, DC = Tagesabfall, r<sub>s</sub> = Korrelationskoeffizient, p = Irrtumswahrscheinlichkeit, N = Anzahl an Probandinnen, MW = Mittelwert

A 36 Korrelationskoeffizienten zwischen der Cortisol-Konzentration und anthropometrischen Merkmalen sowie der Fettmasse im Sommer

	Jüngere Probandinnen														
	MW Cortisolkonzentration T <sub>0</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>30</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>45</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>60</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>Abend</sub>		
	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N
<b>Körpergewicht (kg) - Sommer</b>	0,05	0,844	17	0,42	0,090	17	0,36	0,155	17	0,22	0,406	17	0,00	0,993	17
<b>Bauchumfang (cm) - Sommer</b>	-0,21	0,427	17	0,01	0,978	17	-0,12	0,669	17	-0,20	0,435	17	-0,34	0,185	17
<b>BMI (kg/m<sup>2</sup>) - Sommer</b>	0,05	0,837	17	0,33	0,198	17	0,25	0,343	17	0,13	0,619	17	0,03	0,922	17
<b>FM Körper (%) - Tanita - Sommer</b>	-0,28	0,273	17	0,03	0,926	17	-0,02	0,933	17	-0,20	0,434	17	-0,08	0,775	17
<b>FM Körper (kg) - Tanita - Sommer</b>	-0,162	0,535	17	0,20	0,447	17	0,14	0,589	17	-0,06	0,826	17	0,00	0,989	17
	Ältere Probandinnen														
	MW Cortisolkonzentration T <sub>0</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>30</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>45</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>60</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>Abend</sub>		
	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N
<b>Körpergewicht (kg) - Sommer</b>	-0,46	0,112	13	0,02	0,957	13	-0,10	0,748	13	-0,12	0,694	13	0,20	0,523	13
<b>Bauchumfang (cm) - Sommer</b>	-0,34	0,250	13	0,16	0,603	13	0,14	0,655	13	0,19	0,541	13	0,18	0,553	13
<b>BMI (kg/m<sup>2</sup>) - Sommer</b>	-0,44	0,138	13	0,09	0,762	13	-0,07	0,831	13	-0,09	0,762	13	0,17	0,577	13
<b>FM Körper (%) - Tanita - Sommer</b>	-0,33	0,268	13	0,01	0,686	13	-0,08	0,796	13	-0,10	0,748	13	0,23	0,441	13
<b>FM Körper (kg) - Tanita - Sommer</b>	-0,35	0,246	13	0,08	0,789	13	-0,08	0,789	13	-0,09	0,775	13	0,29	0,329	13

BMI = Body-Mass-Index, FM = Fettmasse, r<sub>s</sub> = Korrelationskoeffizient, p = Irrtumswahrscheinlichkeit, N = Anzahl an Probandinnen, MW = Mittelwert

A 37 Korrelationskoeffizienten zwischen der Cortisol-Konzentration CAR, DC1 und DC2 und anthropometrischen Merkmalen sowie der Fettmasse im Sommer

	Jüngere Probandinnen									Ältere Probandinnen								
	MW Cortisolkonzentration CAR			MW Cortisolkonzentration DC1			MW Cortisolkonzentration DC2			MW Cortisolkonzentration CAR			MW Cortisolkonzentration DC1			MW Cortisolkonzentration DC2		
	r <sub>s</sub>	p	N															
<b>Körpergewicht (kg) - Winter</b>	0,49	0,048	17	0,08	0,758	17	0,44	0,076	17	0,11	0,721	13	-0,53	0,061	13	-0,18	0,566	13
<b>Bauchumfang (cm) - Winter</b>	0,11	0,673	17	0,16	0,531	17	0,08	0,764	17	0,32	0,289	13	-0,41	0,168	13	0,12	0,707	13
<b>BMI (kg/m<sup>2</sup>) - Winter</b>	0,28	0,275	17	0,06	0,823	17	0,28	0,264	17	0,18	0,553	13	-0,49	0,090	13	-0,13	0,668	13
<b>FM Körper (%) - Tanita - Winter</b>	0,18	0,495	17	-0,10	0,694	17	0,06	0,830	17	0,07	0,816	13	-0,41	0,167	13	-0,12	0,687	13
<b>FM Körper (kg) - Tanita - Winter</b>	0,29	0,257	17	-0,06	0,833	17	0,21	0,430	17	0,09	0,762	13	-0,42	0,156	13	-0,14	0,642	13

BMI = Body-Mass-Index, FM = Fettmasse, CAR = Cortisolantwortreaktion, DC = Tagesabfall, r<sub>s</sub> = Korrelationskoeffizient, p = Irrtumswahrscheinlichkeit, N = Anzahl an Probandinnen, MW = Mittelwert

A 38 Korrelationskoeffizienten zwischen der Speichelcortisolkonzentration und der Haarcortisolkonzentration im Winter und im Sommer

	Jüngere Probandinnen			Ältere Probandinnen			Jüngere Probandinnen			Ältere Probandinnen		
	Haarcortisolkonzentration											
	Winter						Sommer					
	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N
<b>MW Cortisolkonzentration T<sub>0</sub></b>	-0,34	0,586	18	-0,12	0,681	14	-0,14	0,616	16	0,04	0,887	13
<b>MW Cortisolkonzentration T<sub>30</sub></b>	0,06	0,830	17	0,03	0,929	14	0,31	0,254	15	-0,04	0,901	13
<b>MW Cortisolkonzentration T<sub>45</sub></b>	-0,11	0,763	17	-0,02	0,957	13	0,03	0,919	15	0,03	0,931	12
<b>MW Cortisolkonzentration T<sub>60</sub></b>	-0,02	0,945	18	-0,02	0,943	13	0,17	0,520	16	-0,13	0,697	12
<b>MW Cortisolkonzentration T<sub>Abend</sub></b>	0,25	0,356	16	0,17	0,577	13	0,46	0,095	14	0,18	0,579	12
<b>MW Cortisolkonzentration CAR</b>	-0,07	0,788	18	-0,12	0,707	13	0,07	0,795	16	-0,16	0,618	12
<b>MW Cortisolkonzentration DC1</b>	-0,25	0,340	17	-0,15	0,648	12	-0,45	0,091	15	-0,14	0,689	11
<b>MW Cortisolkonzentration DC2</b>	-0,20	0,458	16	-0,08	0,812	12	-0,15	0,615	14	-0,15	0,670	11

CAR = Cortisolantwortreaktion, DC = Tagesabfall, r<sub>s</sub> = Korrelationskoeffizient, p = Irrtumswahrscheinlichkeit, N = Anzahl an Probandinnen, MW = Mittelwert

A 39 Korrelationskoeffizienten zwischen der Speichelcortisolkonzentration und der hsCRP-Konzentration

	Jüngere Probandinnen			Ältere Probandinnen			Jüngere Probandinnen			Ältere Probandinnen		
	CRP-Konzentration											
	Winter						Sommer					
	$r_s$	$p$	N	$r_s$	$p$	N	$r_s$	$p$	N	$r_s$	$p$	N
MW Cortisolkonzentration $T_0$	0,47	0,107	13	0,56	0,090	10	0,29	0,344	13	-0,73	0,008	12
MW Cortisolkonzentration $T_{30}$	0,41	0,190	12	0,60	0,067	10	0,29	0,344	13	-0,08	0,759	12
MW Cortisolkonzentration $T_{45}$	0,26	0,409	12	0,18	0,627	10	0,08	0,789	13	0,01	0,983	12
MW Cortisolkonzentration $T_{60}$	0,29	0,343	13	-0,16	0,651	10	0,35	0,239	13	0,00	1,000	12
MW Cortisolkonzentration $T_{Abend}$	0,79	0,004	11	0,18	0,651	9	0,22	0,470	13	-0,18	0,586	12
MW Cortisolkonzentration CAR	0,03	0,929	13	0,13	0,777	10	-0,19	0,529	13	0,43	0,167	12
MW Cortisolkonzentration DC1	-0,01	0,974	12	-0,07	0,866	8	0,17	0,590	13	-0,71	0,010	12
MW Cortisolkonzentration DC2	-0,03	0,926	11	0,45	0,224	9	0,15	0,629	13	-0,09	0,779	12

CRP = C-reaktives Protein, CAR = Cortisolaufwachreaktion, DC = Tagesabfall,  $r_s$  = Korrelationskoeffizient,  $p$  = Irrtumswahrscheinlichkeit, N = Anzahl an Probandinnen, MW = Mittelwert

A 40 Korrelationskoeffizienten zwischen der Haarcortisolkonzentration und der hsCRP-Konzentration

	hsCRP-Konzentration					
	Junge Probandinnen			Ältere Probandinnen		
	$r_s$	$p$	N	$r_s$	$p$	N
Haarcortisolkonzentration (pg/mL) (Winter)	-0,11	0,721	14	0,04	0,887	13
Haarcortisolkonzentration (pg/mL) (Sommer)	0,44	0,133	13	0,07	0,812	16

CRP = C-reaktives Protein,  $r_s$  = Korrelationskoeffizient,  $p$  = Irrtumswahrscheinlichkeit, N = Anzahl an Probandinnen

A 41 Korrelationskoeffizienten zwischen der Haarcortisolkonzentration und dem Sonnenauf- und dem Sonnenuntergang und der Tageslänge im Winter und im Sommer

	Junge Probandinnen									Ältere Probandinnen								
	Sonnenaufgang			Sonnenuntergang			Tageslänge			Sonnenaufgang			Sonnenuntergang			Tageslänge		
	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N
Haarcortisolkonzentration (pg/mL) (Winter)	-0,16	0,492	20	-0,34	0,145	20	-0,12	0,624	20	0,01	0,964	18	-0,52	0,026	18	-0,40	0,102	18
Haarcortisolkonzentration (pg/mL) (Sommer)	0,29	0,260	17	-0,53	0,028	17	-0,48	0,049	17	-0,20	0,440	17	-0,33	0,899	17	0,05	0,848	17

r<sub>s</sub> = Korrelationskoeffizient, p = Irrtumswahrscheinlichkeit, N = Anzahl an Probandinnen

A 42 Korrelationskoeffizienten zwischen den Speichelcortisolkonzentrationen und dem Sonnenauf- und Sonnenuntergang und der Tageslänge im Winter

	Jüngere Probandinnen														
	MW Cortisolkonzentration T <sub>0</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>30</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>45</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>60</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>Abend</sub>		
	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N
Sonnenaufgang (Min) Tag 1	-0,28	0,284	17	0,33	0,178	18	0,39	0,110	18	0,39	0,113	18	0,09	0,721	18
Sonnenuntergang (Min) Tag 1	-0,49	0,047	17	-0,50	0,036	18	-0,37	0,134	18	-0,30	0,231	18	-0,53	0,028	17
Tageslänge (Min) Tag 1	-0,18	0,062	17	-0,45	0,062	18	-0,39	0,110	18	-0,36	0,148	18	-0,34	0,180	17
	Ältere Probandinnen														
	MW Cortisolkonzentration T <sub>0</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>30</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>45</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>60</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>Abend</sub>		
	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N
Sonnenaufgang (Min) Tag 1	-0,49	0,177	9	0,05	0,894	11	-0,14	0,688	11	-0,19	0,572	11	0,47	0,171	10
Sonnenuntergang (Min) Tag 1	0,23	0,546	9	-0,37	0,259	11	-0,26	0,433	11	-0,07	0,832	11	-0,58	0,082	10
Tageslänge (Min) Tag 1	0,45	0,224	9	-0,24	0,484	11	-0,06	0,853	11	0,08	0,811	11	-0,54	0,108	10

MW = Mittelwert, Min = Minuten, r<sub>s</sub> = Korrelationskoeffizient, p = Irrtumswahrscheinlichkeit, N = Anzahl an Probandinnen

A 43 Korrelationskoeffizienten zwischen den Speichelcortisolkonzentrationen CAR, DC1 und DC2 und dem Sonnenauf- und Sonnenuntergang und der Tageslänge im Winter

	Jüngere Probandinnen									Ältere Probandinnen								
	MW Cortisolkonzentration CAR			MW Cortisolkonzentration DC1			MW Cortisolkonzentration DC2			MW Cortisolkonzentration CAR			MW Cortisolkonzentration DC1			MW Cortisolkonzentration DC2		
	r <sub>s</sub>	p	N															
Sonnenaufgang (Min) Tag 1	0,23	0,456	13	0,01	0,979	11	0,03	0,936	13	0,08	0,811	12	-0,20	0,540	12	0,18	0,556	13
Sonnenuntergang (Min) Tag 1	0,01	0,986	13	-0,09	0,788	11	-0,01	0,979	13	-0,08	0,802	12	-0,08	0,802	12	-0,35	0,242	13
Tageslänge (Min) Tag 1	-0,14	0,647	13	-0,14	0,689	11	-0,04	0,900	13	-0,10	0,761	12	0,06	0,845	12	-0,32	0,280	13

MW = Mittelwert, Min = Minuten, r<sub>s</sub> = Korrelationskoeffizient, p = Irrtumswahrscheinlichkeit, N = Anzahl an Probandinnen, CAR = Cortisolaufwachreaktion, DC = Tagesabfall

A 44 Korrelationskoeffizienten zwischen den Speichelcortisolkonzentrationen und dem Sonnenauf- und Sonnenuntergang und der Tageslänge im Sommer

	Jüngere Probandinnen														
	MW Cortisolkonzentration T <sub>0</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>30</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>45</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>60</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>Abend</sub>		
	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N
Sonnenaufgang (Min) Tag 1	0,04	0,884	17	0,24	0,362	17	0,19	0,456	17	0,09	0,727	17	0,11	0,674	17
Sonnenuntergang (Min) Tag 1	-0,10	0,703	17	-0,11	0,686	17	-0,13	0,631	17	0,00	0,996	17	-0,05	0,842	17
Tageslänge (Min) Tag 1	-0,07	0,804	17	-0,14	0,588	17	-0,15	0,572	17	-0,01	0,963	17	0,01	0,968	17
	Ältere Probandinnen														
	MW Cortisolkonzentration T <sub>0</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>30</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>45</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>60</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>Abend</sub>		
	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N
Sonnenaufgang (Min) Tag 1	0,57	0,044	13	0,17	0,588	13	0,14	0,652	13	0,18	0,557	13	0,26	0,385	13
Sonnenuntergang (Min) Tag 1	-0,06	0,046	13	-0,28	0,352	13	-0,14	0,640	13	-0,15	0,614	13	-0,27	0,366	13
Tageslänge (Min) Tag 1	-0,52	0,066	13	-0,19	0,528	13	-0,12	0,700	13	-0,15	0,621	13	-0,24	0,424	13

MW = Mittelwert, Min = Minuten, r<sub>s</sub> = Korrelationskoeffizient, p = Irrtumswahrscheinlichkeit, N = Anzahl an Probandinnen

A 45 Korrelationskoeffizienten zwischen den Speichelcortisolkonzentrationen CAR, DC1 und DC2 und dem Sonnenauf- und Sonnenuntergang und der Tageslänge im Sommer

	Jüngere Probandinnen									Ältere Probandinnen								
	MW Cortisolkonzentration CAR			MW Cortisolkonzentration DC1			MW Cortisolkonzentration DC2			MW Cortisolkonzentration CAR			MW Cortisolkonzentration DC1			MW Cortisolkonzentration DC2		
	r <sub>s</sub>	p	N															
<b>Sonnenaufgang (Min) Tag 1</b>	0,09	0,723	17	0,11	0,674	17	0,19	0,473	17	-0,26	0,386	13	0,52	0,068	13	0,08	0,788	13
<b>Sonnenuntergang (Min) Tag 1</b>	-0,05	0,864	17	-0,24	0,363	17	-0,11	0,689	17	0,30	0,323	13	-0,54	0,056	13	-0,05	0,865	13
<b>Tageslänge (Min) Tag 1</b>	-0,06	0,814	17	-0,20	0,434	17	-0,15	0,575	17	0,28	0,347	13	-0,49	0,093	13	-0,04	0,886	13

MW = Mittelwert, Min = Minuten, r<sub>s</sub> = Korrelationskoeffizient, p = Irrtumswahrscheinlichkeit, N = Anzahl an Probandinnen, CAR = Cortisolaufwachreaktion, DC = Tagesabfall

A 46 Korrelationskoeffizienten zwischen den Speichelcortisolkonzentrationen und der Lichtstrommenge im Winter

	Jüngere Probandinnen														
	MW Cortisolkonzentration T <sub>0</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>30</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>45</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>60</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>Abend</sub>		
	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N
MW Lichtstrom (Lumen) - Aufwachzeit (A) Winter	-0,34	0,174	17	-0,40	0,113	17	-0,56	0,021	17	-0,52	0,034	17	0,06	0,828	17
MW Lichtstrom (Lumen) - T0 bis T60 (Zeitraum: erste Stunde nach Aufwachen) Winter	-0,03	0,903	17	-0,11	0,667	17	-0,30	0,240	17	-0,03	0,896	17	-0,05	0,841	17
MW Lichtstrom (Lumen) - vormittags (= A bis 12:00 Uhr) Winter	-0,11	0,687	17	-0,11	0,680	17	-0,18	0,498	17	-0,17	0,504	17	-0,39	0,127	17
MW Lichtstrom (Lumen) - mittags (= 12:00 bis 16:00 Uhr) Winter	-0,03	0,896	17	0,10	0,722	17	-0,08	0,772	17	-0,12	0,646	17	-0,48	0,053	17
MW Lichtstrom (Lumen) - nachmittags (= 16:00 bis 20:00 Uhr) - Winter	0,01	0,985	17	-0,11	0,663	17	-0,18	0,522	17	-0,07	0,797	17	-0,26	0,318	17
MW Lichtstrom (Lumen) - abends (= 20:00 Uhr bis Z) Winter	-0,00	0,991	16	-0,05	0,863	16	-0,21	0,438	16	-0,31	0,249	16	-0,13	0,633	16
MW Lichtstrom (Lumen) - Einschlafzeit (Z) Winter	-0,43	0,109	16	-0,22	0,409	16	-0,22	0,423	16	-0,13	0,625	16	0,03	0,928	16
MW Lichtstrom (Lumen) - tagsüber (= A bis Z) Winter	0,09	0,729	16	0,02	0,957	16	-0,05	0,854	16	-0,12	0,656	16	-0,26	0,330	16
MW Lichtstrom (Lumen) - nachts (= Z bis A) Winter	-0,76	0,001	16	0,38	0,146	16	-0,25	0,348	16	-0,25	0,356	16	0,19	0,491	16
	Ältere Probandinnen														
	MW Cortisolkonzentration T <sub>0</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>30</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>45</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>60</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>Abend</sub>		
	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N
MW Lichtstrom (Lumen) - Aufwachzeit (A) Winter	-0,23	0,446	13	-0,31	0,305	13	-0,31	0,305	13	-0,31	0,305	13	0,31	0,304	13
MW Lichtstrom (Lumen) - T0 bis T60 (Zeitraum: erste Stunde nach Aufwachen) Winter	0,12	0,700	13	0,52	0,071	13	0,56	0,046	13	0,59	0,035	13	0,20	0,523	13
MW Lichtstrom (Lumen) - vormittags (= A bis 12:00 Uhr) Winter	-0,07	0,823	13	-0,03	0,929	13	0,17	0,578	13	0,23	0,448	13	0,03	0,936	13
MW Lichtstrom (Lumen) - mittags (= 12:00 bis 16:00 Uhr) Winter	0,14	0,661	13	0,46	0,112	13	0,51	0,074	13	0,49	0,090	13	-0,34	0,254	13
MW Lichtstrom (Lumen) - nachmittags (= 16:00 bis 20:00 Uhr) - Winter	0,23	0,453	13	0,40	0,181	13	0,47	0,108	13	0,36	0,231	13	0,09	0,775	13
MW Lichtstrom (Lumen) - abends (= 20:00 Uhr bis Z) Winter	0,50	0,083	13	0,53	0,064	13	0,59	0,033	13	0,63	0,022	13	0,37	0,208	13
MW Lichtstrom (Lumen) - Einschlafzeit (Z) Winter	-0,20	0,508	13	0,10	0,739	13	0,19	0,532	13	0,32	0,294	13	-0,33	0,267	13
MW Lichtstrom (Lumen) - tagsüber (= A bis Z) Winter	0,29	0,353	12	0,44	0,155	12	0,55	0,064	12	0,50	0,094	12	-0,13	0,688	12
MW Lichtstrom (Lumen) - nachts (= Z bis A) Winter	0,03	0,932	13	-0,09	0,777	13	-0,33	0,268	13	-0,27	0,371	13	0,33	0,267	13

MW = Mittelwert, Min = Minuten, r<sub>s</sub> = Korrelationskoeffizient, p = Irrtumswahrscheinlichkeit, N = Anzahl an Probandinnen, A = Aufwachzeit, Z = Zubettgehenzeit

A 47 Korrelationskoeffizienten zwischen den Speichelcortisolkonzentrationen CAR, DC1 und DC2 und der Lichtstrommenge im Winter

	Jüngere Probandinnen									Ältere Probandinnen								
	MW Cortisolkonzentration CAR			MW Cortisolkonzentration DC1			MW Cortisolkonzentration DC2			MW Cortisolkonzentration CAR			MW Cortisolkonzentration DC1			MW Cortisolkonzentration DC2		
	r <sub>s</sub>	p	N															
MW Lichtstrom (Lumen) - Aufwachzeit (A) Winter	-0,48	0,053	17	-0,17	0,524	17	-0,49	0,048	17	-0,39	0,193	13	-0,31	0,305	13	-0,31	0,305	13
MW Lichtstrom (Lumen) - T0 bis T60 (Zeitraum: erste Stunde nach Aufwachen) Winter	-0,31	0,233	17	0,01	0,970	17	-0,23	0,347	17	0,54	0,550	13	0,09	0,762	13	0,50	0,082	13
MW Lichtstrom (Lumen) - vormittags (= A bis 12:00 Uhr) Winter	-0,12	0,653	17	0,26	0,323	17	0,04	0,881	17	0,30	0,325	13	-0,04	0,887	13	0,16	0,603	13
MW Lichtstrom (Lumen) - mittags (= 12:00 bis 16:00 Uhr) Winter	0,06	0,812	17	0,35	0,168	17	0,16	0,535	17	0,65	0,015	13	0,20	0,505	13	0,51	0,074	13
MW Lichtstrom (Lumen) - nachmittags (= 16:00 bis 20:00 Uhr) - Winter	-0,09	0,729	17	0,21	0,425	17	0,00	0,989	17	0,17	0,590	13	0,18	0,553	13	0,40	0,174	13
MW Lichtstrom (Lumen) - abends (= 20:00 Uhr bis Z) Winter	-0,17	0,538	16	0,27	0,305	16	-0,04	0,888	16	0,21	0,482	13	0,50	0,086	13	0,58	0,039	13
MW Lichtstrom (Lumen) - Einschlafzeit (Z) Winter	0,07	0,803	16	-0,25	0,358	16	-0,10	0,716	16	0,50	0,079	13	-0,18	0,557	13	0,24	0,439	13
MW Lichtstrom (Lumen) - tagsüber (= A bis Z) Winter	-0,07	0,803	16	0,38	0,144	16	0,09	0,729	16	0,37	0,240	12	0,32	0,318	12	0,50	0,094	12
MW Lichtstrom (Lumen) - nachts (= Z bis A) Winter	0,11	0,679	16	-0,61	0,012	16	-0,29	0,280	16	-0,26	0,387	13	0,04	0,910	13	-0,27	0,371	13

MW = Mittelwert, Min = Minuten, r<sub>s</sub> = Korrelationskoeffizient, p = Irrtumswahrscheinlichkeit, N = Anzahl an Probandinnen, A = Aufwachzeit, Z = Zubettgehenzeit, CAR = Cortisolaufwachreaktion, DC = Tagesabfall

A 48 Korrelationskoeffizienten zwischen den Speichelcortisolkonzentrationen und der Lichtstrommenge im Sommer

	Jüngere Probandinnen														
	MW Cortisolkonzentration T <sub>0</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>30</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>45</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>60</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>Abend</sub>		
	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N
MW Lichtstrom (Lumen) - Aufwachzeit (A) Sommer	0,09	0,724	17	0,30	0,246	17	0,30	0,261	17	0,12	0,647	17	0,25	0,334	17
MW Lichtstrom (Lumen) - T0 bis T60 (Zeitraum: erste Stunde nach Aufwachen) Sommer	0,05	0,837	17	0,05	0,859	17	-0,07	0,794	17	-0,27	0,305	17	0,04	0,889	17
MW Lichtstrom (Lumen) - vormittags (= A bis 12:00 Uhr) Sommer	-0,05	0,844	17	0,04	0,866	17	-0,06	0,815	17	-0,19	0,468	17	-0,11	0,670	17
MW Lichtstrom (Lumen) - mittags (= 12:00 bis 16:00 Uhr) Sommer	0,05	0,833	17	0,02	0,955	17	-0,02	0,952	17	-0,06	0,826	17	-0,02	0,929	17
MW Lichtstrom (Lumen) - nachmittags (= 16:00 bis 20:00 Uhr) - Sommer	0,29	0,264	17	0,11	0,687	17	0,12	0,680	17	0,15	0,554	17	-0,20	0,453	17
MW Lichtstrom (Lumen) - abends (= 20:00 Uhr bis Z) Sommer	-0,06	0,815	17	-0,31	0,220	17	-0,36	0,155	17	-0,22	0,406	17	-0,27	0,297	17
MW Lichtstrom (Lumen) - Einschlafzeit (Z) Sommer	0,00	1,000	17	-0,08	0,748	17	0,04	0,869	17	0,00	0,992	17	-0,10	0,729	17
MW Lichtstrom (Lumen) - tagsüber (= A bis Z) Sommer	0,07	0,786	17	-0,08	0,751	17	-0,02	0,948	17	-0,03	0,896	17	-0,30	0,245	17
MW Lichtstrom (Lumen) - nachts (= Z bis A) Sommer	-0,13	0,610	17	0,00	1,000	17	-0,09	0,720	17	-0,30	0,250	17	0,11	0,662	17
	Ältere Probandinnen														
	MW Cortisolkonzentration T <sub>0</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>30</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>45</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>60</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>Abend</sub>		
	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N
MW Lichtstrom (Lumen) - Aufwachzeit (A) Sommer	-0,25	0,417	13	0,00	1,000	13	-0,23	0,458	13	-0,33	0,266	13	-0,24	0,434	13
MW Lichtstrom (Lumen) - T0 bis T60 (Zeitraum: erste Stunde nach Aufwachen) Sommer	-0,40	0,177	13	0,17	0,590	13	-0,09	0,762	13	-0,16	0,603	13	-0,07	0,830	13
MW Lichtstrom (Lumen) - vormittags (= A bis 12:00 Uhr) Sommer	-0,33	0,279	13	0,04	0,901	13	0,13	0,681	13	0,04	0,887	13	-0,34	0,258	13
MW Lichtstrom (Lumen) - mittags (= 12:00 bis 16:00 Uhr) Sommer	-0,23	0,442	13	0,13	0,668	13	0,13	0,681	13	0,17	0,578	13	-0,27	0,378	13
MW Lichtstrom (Lumen) - nachmittags (= 16:00 bis 20:00 Uhr) - Sommer	-0,67	0,012	13	-0,31	0,306	13	-0,37	0,209	13	-0,25	0,405	13	-0,35	0,238	13
MW Lichtstrom (Lumen) - abends (= 20:00 Uhr bis Z) Sommer	0,12	0,694	13	0,31	0,306	13	0,42	0,150	13	0,54	0,055	13	0,19	0,528	13
MW Lichtstrom (Lumen) - Einschlafzeit (Z) Sommer	0,08	0,783	12	0,42	0,170	12	0,21	0,512	12	0,18	0,580	12	-0,27	0,402	12
MW Lichtstrom (Lumen) - tagsüber (= A bis Z) Sommer	0,31	0,324	12	-0,14	0,665	12	-0,08	0,795	12	-0,03	0,931	12	-0,30	0,342	12
MW Lichtstrom (Lumen) - nachts (= Z bis A) Sommer	-0,31	0,328	12	-0,22	0,490	12	-0,43	0,165	12	-0,42	0,169	12	-0,23	0,483	12

MW = Mittelwert, Min = Minuten, r<sub>s</sub> = Korrelationskoeffizient, p = Irrtumswahrscheinlichkeit, N = Anzahl an Probandinnen, A = Aufwachzeit, Z = Zubettgehenzeit

A 49 Korrelationskoeffizienten zwischen den Speichelcortisolkonzentrationen CAR, DC1 und DC2 und der Lichtstrommenge im Sommer

	Jüngere Probandinnen									Ältere Probandinnen								
	MW Cortisolkonzentration CAR			MW Cortisolkonzentration DC1			MW Cortisolkonzentration DC2			MW Cortisolkonzentration CAR			MW Cortisolkonzentration DC1			MW Cortisolkonzentration DC2		
	r <sub>s</sub>	p	N															
MW Lichtstrom (Lumen) - Aufwachzeit (A) Sommer	0,03	0,186	17	-0,01	0,985	17	0,28	0,276	17	0,06	0,854	13	-0,13	0,672	13	-0,17	0,580	13
MW Lichtstrom (Lumen) - T0 bis T60 (Zeitraum: erste Stunde nach Aufwachen) Sommer	-0,14	0,583	17	0,18	0,480	17	0,01	0,963	17	0,21	0,482	13	-0,36	0,223	13	-0,11	0,721	13
MW Lichtstrom (Lumen) - vormittags (= A bis 12:00 Uhr) Sommer	0,05	0,848	17	0,13	0,619	17	0,08	0,758	17	0,54	0,055	13	-0,30	0,325	13	0,14	0,655	13
MW Lichtstrom (Lumen) - mittags (= 12:00 bis 16:00 Uhr) Sommer	-0,06	0,819	17	0,06	0,822	17	0,02	0,955	17	0,63	0,022	13	-0,18	0,553	13	0,18	0,566	13
MW Lichtstrom (Lumen) - nachmittags (= 16:00 bis 20:00 Uhr) - Sommer	0,12	0,643	17	0,30	0,248	17	0,19	0,456	17	0,30	0,316	13	-0,63	0,022	13	-0,27	0,374	13
MW Lichtstrom (Lumen) - abends (= 20:00 Uhr bis Z) Sommer	-0,27	0,295	17	0,12	0,660	17	-0,22	0,406	17	0,37	0,216	13	0,09	0,762	13	0,46	0,117	13
MW Lichtstrom (Lumen) - Einschlafzeit (Z) Sommer	0,14	0,597	17	-0,16	0,544	17	0,04	0,892	17	0,42	0,178	12	0,19	0,565	12	0,30	0,345	12
MW Lichtstrom (Lumen) - tagsüber (= A bis Z) Winter	0,07	0,783	17	0,14	0,586	17	0,07	0,786	17	0,54	0,071	12	-0,27	0,404	12	0,01	0,983	12
MW Lichtstrom (Lumen) - nachts (= Z bis A) Sommer	0,02	0,940	17	-0,03	0,906	17	-0,01	0,985	17	-0,01	0,982	12	-0,24	0,462	12	-0,34	0,287	12

MW = Mittelwert, Min = Minuten, r<sub>s</sub> = Korrelationskoeffizient, p = Irrtumswahrscheinlichkeit, N = Anzahl an Probandinnen, A = Aufwachzeit, Z = Zubettgehzeit, CAR = Cortisolaufwachreaktion, DC = Tagesabfall

A 50 Korrelationskoeffizienten zwischen den Speichelcortisolkonzentrationen und der Lichtexposition (lx × min) im Winter

	Jüngere Probandinnen														
	MW Cortisolkonzentration T <sub>0</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>30</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>45</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>60</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>Abend</sub>		
	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N
MW Lichtexposition, ges. Tag (lx × min) - Winter	0,12	0,608	20	-0,10	0,692	19	-0,30	0,213	19	-0,36	0,122	20	-0,32	0,189	18
MW Lichtexposition, 04:00-07:59 Uhr (lx × min) - Winter	0,26	0,270	20	0,09	0,726	19	0,09	0,726	19	0,10	0,677	20	-0,07	0,782	18
MW Lichtexposition, 08:00-11:59 Uhr (lx × min) - Winter	-0,01	0,959	20	0,02	0,948	19	-0,22	0,361	19	-0,23	0,326	20	-0,19	0,442	18
MW Lichtexposition, 12:00-15:59 Uhr (lx × min) - Winter	0,26	0,271	20	-0,18	0,450	19	-0,32	0,188	19	-0,39	0,091	20	-0,18	0,484	18
MW Lichtexposition, 16:00-19:59 Uhr (lx × min) - Winter	0,20	0,450	20	0,23	0,351	19	0,08	0,737	19	0,11	0,657	20	0,14	0,594	18
MW Lichtexposition, 20:00-24:00 Uhr (lx × min) - Winter	-	-	20	-	-	19	-	-	19	-	-	20	-	-	18
	Ältere Probandinnen														
	MW Cortisolkonzentration T <sub>0</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>30</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>45</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>60</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>Abend</sub>		
	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N
MW Lichtexposition, ges. Tag (lx × min) - Winter	0,12	0,593	14	0,08	0,781	14	0,03	0,929	13	0,23	0,457	13	0,21	0,502	13
MW Lichtexposition, 04:00-07:59 Uhr (lx × min) - Winter	-	-	14	-	-	14	-	-	13	-	-	13	-	-	13
MW Lichtexposition, 08:00-11:59 Uhr (lx × min) - Winter	0,09	0,754	14	0,07	0,807	14	0,10	0,741	13	0,17	0,580	13	0,02	0,956	13
MW Lichtexposition, 12:00-15:59 Uhr (lx × min) - Winter	0,34	0,238	14	0,22	0,443	14	-0,01	0,986	13	0,23	0,457	13	0,04	0,886	13
MW Lichtexposition, 16:00-19:59 Uhr (lx × min) - Winter	0,12	0,687	14	0,36	0,208	14	0,10	0,735	13	0,09	0,772	13	0,14	0,638	13
MW Lichtexposition, 20:00-24:00 Uhr (lx × min) - Winter	-	-	14	-	-	14	-	-	13	-	-	13	-	-	13

MW = Mittelwert, Min = Minuten, r<sub>s</sub> = Korrelationskoeffizient, p = Irrtumswahrscheinlichkeit, N = Anzahl an Probandinnen, lx = Lux, min = Minute

A 51 Korrelationskoeffizienten zwischen den Speichelcortisolkonzentrationen CAR, DC1 und DC2 und der Lichtexposition (lx × min) im Winter

	Jüngere Probandinnen									Ältere Probandinnen								
	MW Cortisolkonzentration CAR			MW Cortisolkonzentration DC1			MW Cortisolkonzentration DC2			MW Cortisolkonzentration CAR			MW Cortisolkonzentration DC1			MW Cortisolkonzentration DC2		
	r <sub>s</sub>	p	N															
MW Lichtexposition, ges. Tag (lx × min) - Winter	-0,32	0,172	20	0,11	0,657	19	-0,41	0,093	18	-0,24	0,424	13	0,21	0,514	12	0,13	0,678	12
MW Lichtexposition, 04:00-07:59 Uhr (lx × min) - Winter	0,06	0,803	20	0,35	0,148	19	0,16	0,517	18	-	-	13	-	-	12	-	-	12
MW Lichtexposition, 08:00-11:59 Uhr (lx × min) - Winter	-0,17	0,486	20	-0,05	0,833	19	-0,31	0,212	18	-0,05	0,883	13	0,27	0,389	12	0,17	0,604	12
MW Lichtexposition, 12:00-15:59 Uhr (lx × min) - Winter	-0,39	0,088	20	0,13	0,586	19	-0,47	0,047	18	-0,28	0,361	13	0,43	0,159	12	0,10	0,760	12
MW Lichtexposition, 16:00-19:59 Uhr (lx × min) - Winter	0,10	0,689	20	-0,02	0,938	19	0,02	0,951	18	0,23	0,456	13	0,10	0,757	12	0,20	0,529	12
MW Lichtexposition, 20:00-24:00 Uhr (lx × min) - Winter	-	-	20	-	-	19	-	-	18	-	-	13	-	-	12	-	-	12

MW = Mittelwert, Min = Minuten, r<sub>s</sub> = Korrelationskoeffizient, p = Irrtumswahrscheinlichkeit, N = Anzahl an Probandinnen, lx = Lux, min = Minute, CAR = Cortisolantwortreaktion, DC = Tagesabfall

A 52 Korrelationskoeffizienten zwischen den Speichelcortisolkonzentrationen und der Lichtexposition (lx × min) im Sommer

	Jüngere Probandinnen														
	MW Cortisolkonzentration T <sub>0</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>30</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>45</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>60</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>Abend</sub>		
	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N
MW Lichtexposition, ges. Tag (lx × min) - Sommer	0,24	0,348	17	0,28	0,269	17	0,17	0,523	17	0,18	0,480	17	0,05	0,852	17
MW Lichtexposition, 04:00-07:59 Uhr (lx × min) - Sommer	-0,17	0,516	17	-0,10	0,701	17	-0,07	0,785	17	-0,20	0,440	17	-0,26	0,311	17
MW Lichtexposition, 08:00-11:59 Uhr (lx × min) - Sommer	0,51	0,038	17	0,51	0,035	17	0,67	0,003	17	0,65	0,005	17	0,25	0,342	17
MW Lichtexposition, 12:00-15:59 Uhr (lx × min) - Sommer	0,19	0,468	17	0,22	0,395	17	-0,02	0,952	17	0,00	0,996	17	0,10	0,701	17
MW Lichtexposition, 16:00-19:59 Uhr (lx × min) - Sommer	-0,13	0,618	17	0,13	0,632	17	0,13	0,632	17	0,08	0,757	17	-0,10	0,693	17
MW Lichtexposition, 20:00-24:00 Uhr (lx × min) - Sommer	-0,02	0,947	17	0,11	0,676	17	0,02	0,947	17	-0,10	0,701	17	0,13	0,960	17
	Ältere Probandinnen														
	MW Cortisolkonzentration T <sub>0</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>30</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>45</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>60</sub>			MW Cortisolkonzentration T <sub>Abend</sub>		
	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N
MW Lichtexposition, ges. Tag (lx × min) - Sommer	-0,61	0,027	13	-0,15	0,629	13	-0,21	0,482	13	-0,18	0,553	13	-0,46	0,112	13
MW Lichtexposition, 04:00-07:59 Uhr (lx × min) - Sommer	0,18	0,568	13	-0,36	0,230	13	-0,11	0,733	13	-0,05	0,865	13	-0,07	0,809	13
MW Lichtexposition, 08:00-11:59 Uhr (lx × min) - Sommer	0,14	0,648	13	0,45	0,128	13	0,32	0,280	13	0,25	0,405	13	-0,31	0,301	13
MW Lichtexposition, 12:00-15:59 Uhr (lx × min) - Sommer	-0,73	0,004	13	-0,26	0,394	13	-0,21	0,482	13	-0,24	0,426	13	-0,50	0,081	13
MW Lichtexposition, 16:00-19:59 Uhr (lx × min) - Sommer	-0,26	0,399	13	-0,19	0,529	13	-0,54	0,058	13	-0,50	0,082	13	-0,17	0,571	13
MW Lichtexposition, 20:00-24:00 Uhr (lx × min) - Sommer	-	-	13	-	-	13	-	-	13	-	-	13	-	-	13

MW = Mittelwert, Min = Minuten, r<sub>s</sub> = Korrelationskoeffizient, p = Irrtumswahrscheinlichkeit, N = Anzahl an Probandinnen, lx = Lux, min = Minute

A 53 Korrelationskoeffizienten zwischen den Speichelcortisolkonzentrationen CAR, DC1 und DC2 und der Lichtexposition (lx × min) im Sommer

	Jüngere Probandinnen									Ältere Probandinnen								
	MW Cortisolkonzentration CAR			MW Cortisolkonzentration DC1			MW Cortisolkonzentration DC2			MW Cortisolkonzentration CAR			MW Cortisolkonzentration DC1			MW Cortisolkonzentration DC2		
	r <sub>s</sub>	p	N															
MW Lichtexposition, ges. Tag (lx × min) - Sommer	0,16	0,538	17	0,21	0,422	17	0,19	0,474	17	0,29	0,334	13	-0,57	0,041	13	-0,14	0,655	13
MW Lichtexposition, 04:00-07:59 Uhr (lx × min) - Sommer	0,28	0,274	17	-0,06	0,818	17	0,01	0,956	17	-0,11	0,733	13	0,06	0,843	13	-0,11	0,733	13
MW Lichtexposition, 08:00-11:59 Uhr (lx × min) - Sommer	0,40	0,113	17	0,33	0,193	17	0,54	0,024	17	0,28	0,354	13	0,24	0,437	13	0,40	0,174	13
MW Lichtexposition, 12:00-15:59 Uhr (lx × min) - Sommer	-0,08	0,768	17	0,16	0,547	17	-0,01	0,966	17	0,25	0,405	13	-0,70	0,007	13	-0,17	0,578	13
MW Lichtexposition, 16:00-19:59 Uhr (lx × min) - Sommer	0,40	0,113	17	0,04	0,866	17	0,29	0,268	17	-0,17	0,590	13	-0,24	0,426	13	-0,53	0,064	13
MW Lichtexposition, 20:00-24:00 Uhr (lx × min) - Sommer	0,12	0,639	17	-0,01	0,973	17	0,10	0,701	17	-	-	13	-	-	13	-	-	13

MW = Mittelwert, Min = Minuten, r<sub>s</sub> = Korrelationskoeffizient, p = Irrtumswahrscheinlichkeit, N = Anzahl an Probandinnen, lx = Lux, min = Minute, CAR = Cortisolaufwachreaktion, DC = Tagesabfall

A 54 Korrelationskoeffizienten zwischen der hsCRP-Konzentration und dem Sonnenauf- und Sonnenuntergang und der Tageslänge im Winter

	CRP-Konzentration					
	Junge Probandinnen			Ältere Probandinnen		
	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N
Sonnenaufgang (Min) Tag 1	0,44	0,114	14	0,45	0,127	13
Sonnenuntergang (Min) Tag 1	-0,78	0,001	14	-0,18	0,556	13
Tageslänge (Min) Tag 1	-0,66	0,011	14	-0,30	0,317	13

CRP = C-reaktives Protein, r<sub>s</sub> = Korrelationskoeffizient, p = Irrtumswahrscheinlichkeit, N = Anzahl an Probandinnen, min = Minuten

A 55 Korrelationskoeffizienten zwischen der hsCRP-Konzentration und dem Sonnenauf- und Sonnenuntergang und der Tageslänge im Sommer

	CRP-Konzentration					
	Junge Probandinnen			Ältere Probandinnen		
	$r_s$	$p$	N	$r_s$	$p$	N
<b>Sonnenaufgang (Min) Tag 1</b>	0,21	0,484	13	-0,30	0,259	16
<b>Sonnenuntergang (Min) Tag 1</b>	-0,57	0,043	13	0,20	0,467	16
<b>Tageslänge (Min) Tag 1</b>	-0,46	0,116	13	0,24	0,373	16

CRP = C-reaktives Protein,  $r_s$  = Korrelationskoeffizient,  $p$  = Irrtumswahrscheinlichkeit, N = Anzahl an Probandinnen, min = Minuten

A 56 Korrelationskoeffizienten zwischen der hsCRP-Konzentration und der Lichtstrommenge im Winter

	CRP-Konzentration					
	Junge Probandinnen			Ältere Probandinnen		
	$r_s$	$p$	N	$r_s$	$p$	N
<b>MW Lichtstrom (Lumen) - Aufwachzeit (A) Winter</b>	-0,41	0,142	14	0,06	0,843	13
<b>MW Lichtstrom (Lumen) - T0 bis T60 (Zeitraum: erste Stunde nach Aufwachen) Winter</b>	0,26	0,370	14	0,24	0,437	13
<b>MW Lichtstrom (Lumen) - vormittags (= A bis 12:00 Uhr) Winter</b>	0,27	0,349	14	-0,23	0,459	13
<b>MW Lichtstrom (Lumen) - mittags (= 12:00 bis 16:00 Uhr) Winter</b>	-0,20	0,493	14	0,42	0,156	13
<b>MW Lichtstrom (Lumen) - nachmittags (= 16:00 bis 20:00 Uhr) - Winter</b>	-0,52	0,059	14	-0,05	0,873	13
<b>MW Lichtstrom (Lumen) - abends (= 20:00 Uhr bis Z) Winter</b>	-0,36	0,211	14	-0,21	0,494	13
<b>MW Lichtstrom (Lumen) - Einschlafzeit (Z) Winter</b>	-0,01	0,967	14	0,49	0,087	13
<b>MW Lichtstrom (Lumen) - tagsüber (= A bis Z) Winter</b>	-0,06	0,840	14	-0,02	0,948	13
<b>MW Lichtstrom (Lumen) - nachts (= Z bis A) Winter</b>	0,00	0,993	14	0,08	0,802	13

MW = Mittelwert, Min = Minuten,  $r_s$  = Korrelationskoeffizient,  $p$  = Irrtumswahrscheinlichkeit, N = Anzahl an Probandinnen, A = Aufwachzeit, Z = Zubettgehzeit, CRP = C-reaktives Protein

A 57 Korrelationskoeffizienten zwischen der hsCRP-Konzentration und der Lichtstrommenge im Sommer

	CRP-Konzentration					
	Junge Probandinnen			Ältere Probandinnen		
	$r_s$	$p$	N	$r_s$	$p$	N
MW Lichtstrom (Lumen) - Aufwachzeit (A) Sommer	-0,18	0,566	13	0,35	0,183	16
MW Lichtstrom (Lumen) - T0 bis T60 (Zeitraum: erste Stunde nach Aufwachen) Sommer	-0,34	0,255	13	0,74	0,001	16
MW Lichtstrom (Lumen) - vormittags (= A bis 12:00 Uhr) Sommer	-0,36	0,223	13	0,46	0,072	16
MW Lichtstrom (Lumen) - mittags (= 12:00 bis 16:00 Uhr) Sommer	-0,30	0,316	13	0,54	0,029	16
MW Lichtstrom (Lumen) - nachmittags (= 16:00 bis 20:00 Uhr) - Sommer	-0,18	0,553	13	0,60	0,024	16
MW Lichtstrom (Lumen) - abends (= 20:00 Uhr bis Z) Sommer	-0,12	0,694	13	0,25	0,369	16
MW Lichtstrom (Lumen) - Einschlafzeit (Z) Sommer	-0,27	0,377	13	0,06	0,847	16
MW Lichtstrom (Lumen) - tagsüber (= A bis Z) Sommer	-0,27	0,374	13	0,51	0,052	16
MW Lichtstrom (Lumen) - nachts (= Z bis A) Sommer	-0,19	0,533	13	0,31	0,257	16

MW = Mittelwert, Min = Minuten,  $r_s$  = Korrelationskoeffizient,  $p$  = Irrtumswahrscheinlichkeit, N = Anzahl an Probandinnen, A = Aufwachzeit, Z = Zubettgehzeit, CRP = C-reaktives Protein

A58 Korrelationskoeffizient zwischen der hsCRP-Konzentration und der Lichtexposition (lx × min) im Winter

	CRP-Konzentration					
	Junge Probandinnen			Ältere Probandinnen		
	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N
MW Lichtexposition, ges. Tag (lx × min) - Winter	-0,02	0,952	14	-0,12	0,706	13
MW Lichtexposition, 04:00 -07:59 Uhr (lx × min) - Winter	-0,31	0,274	14	-	-	13
MW Lichtexposition, 08:00-11:59 Uhr (lx × min) - Winter	-0,07	0,809	14	-0,03	0,925	13
MW Lichtexposition, 12:00-15:59 Uhr (lx × min) - Winter	0,29	0,318	14	-0,21	0,491	13
MW Lichtexposition, 16:00-19:59 Uhr (lx × min) - Winter	0,39	0,165	14	0,06	0,838	13
MW Lichtexposition, 20:00-24:00 Uhr (lx × min) - Winter	-	-	14	-	-	13

MW = Mittelwert, Min = Minuten, r<sub>s</sub> = Korrelationskoeffizient, p = Irrtumswahrscheinlichkeit, N = Anzahl an Probandinnen, A = Aufwachzeit, Z = Zubettgehzeit, CRP = C-reaktives Protein

A59 Korrelationskoeffizient zwischen der hsCRP-Konzentration und der Lichtexposition (lx × min) im Sommer

	CRP-Konzentration					
	Junge Probandinnen			Ältere Probandinnen		
	r <sub>s</sub>	p	N	r <sub>s</sub>	p	N
MW Lichtexposition, ges. Tag (lx × min) - Sommer	-0,34	0,263	13	0,66	0,006	16
MW Lichtexposition, 04:00 -07:59 Uhr (lx × min) - Sommer	-0,24	0,426	13	-0,46	0,073	16
MW Lichtexposition, 08:00-11:59 Uhr (lx × min) - Sommer	0,19	0,527	13	0,19	0,492	16
MW Lichtexposition, 12:00-15:59 Uhr (lx × min) - Sommer	-0,17	0,577	13	0,69	0,003	16
MW Lichtexposition, 16:00-19:59 Uhr (lx × min) - Sommer	-0,37	0,208	13	0,16	0,556	16
MW Lichtexposition, 20:00-24:00 Uhr (lx × min) - Sommer	-	-	13	-0,31	0,246	16

MW = Mittelwert, Min = Minuten, r<sub>s</sub> = Korrelationskoeffizient, p = Irrtumswahrscheinlichkeit, N = Anzahl an Probandinnen, A = Aufwachzeit, Z = Zubettgehzeit, CRP = C-reaktives Protein

## **Danksagung**

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die mich während der Erstellung meiner Doktorarbeit unterstützt haben.

Frau Professor Dr. Manuela Dittmar möchte ich dafür danken, dass ich meine Doktorarbeit in der AG Humanbiologie des Zoologischen Instituts der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel schreiben durfte. Außerdem möchte ich mich bei ihr für die Betreuung, die Bereitstellung der benötigten Geräte und Materialien und die Begutachtung der Arbeit bedanken.

Ein Dank geht auch an den Fachbereich 1 (Ozeanzirkulation und Klimadynamik) des GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel unter der Leitung von Prof. Dr. Mojib Latif, welcher die Daten für die Sonneneinstrahlung bereitgestellt hat, und an das biochemische Labor des Lehrstuhls für Biopsychologie der Technischen Universität Dresden für die Analyse der Haarproben.

Außerdem möchte ich mich bei meinen Kollegen Daniel Schütz, Jana Rathje, Daniela Töbelmann und Christiana Anagnostou für die fachlichen Gespräche und nicht-fachlichen Aufmunterungen bedanken.

Ein großer Dank geht auch an meine Freunde Gesa Mentel und Luka Hansen, die mich während der gesamten Arbeit moralisch unterstützt und mit ausreichend Pizza und Filmabenden versorgt haben und für mein Gejammer stets ein offenes Ohr hatten.

Mein besonderer Dank gilt den Probandinnen, die sich freiwillig und unentgeltlich für die Teilnahme an dieser Studie zur Verfügung gestellt haben.

Zum Schluss möchte ich mich natürlich auch bei meiner Familie und besonders meinen Eltern bedanken, die mich während jeder Lebenslage unterstützt haben.

## **Eidesstattliche Erklärung**

Hiermit erkläre ich, dass die vorliegende Arbeit - abgesehen von der Beratung durch meine Betreuerin Prof. Dr. Manuela Dittmar - nach Inhalt und Form eine eigenständige und nur mit den angegebenen Hilfsmitteln verfasste Arbeit ist. Sie hat noch nicht ganz oder zum Teil einer anderen Stelle im Rahmen eines Prüfungsverfahrens vorgelegen, wurde nicht veröffentlicht oder zur Veröffentlichung eingereicht.

Diese Arbeit wurde unter Einhaltung der Regeln guter wissenschaftlicher Praxis der Deutschen Forschungsgemeinschaft angefertigt.

Die eingereichte schriftliche Fassung der Arbeit entspricht der auf dem elektronischen Speichermedium.

Ich erkläre hiermit, dass ich bis zum heutigen Tage weder an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel noch an einer anderen Hochschule ein Promotionsverfahren endgültig nicht bestanden habe oder mich in einem entsprechenden Verfahren befinde oder befunden habe. Es wurde kein akademischer Grad entzogen.

Teile dieser Arbeit wurden bereits im Rahmen eines Kongresses vorgestellt:

13. Internationaler Kongress der Gesellschaft für Anthropologie:

Poster:

Steffens, L, Dittmar M (2019) On the relationship of cortisol and C-reactive protein secretion with climatic factors

Datum, Unterschrift