

Aus der Medizinischen Klinik
Kardiologie – Angiologie – Nephrologie
(Chefarzt: Prof. Dr. med. A. Machraoui)
des Diakonissenkrankenhauses Flensburg

Lehrkrankenhaus des Klinikums Schleswig-Holstein,
Campus Kiel, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

**Transradialer versus transfemoraler Zugang bei der Koronarangiographie
und perkutanen Koronarintervention: ein Methodenvergleich von
qualitätssichernden und DRG-relevanten Parametern**

INAUGURAL - DISSERTATION

Zur Erlangung des akademischen Grades
Doctor medicinae (Dr. med.)

der Medizinischen Fakultät
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

vorgelegt von

Frank-Peter Elpert

aus
Bielefeld

Kiel 2010

1. Berichterstatter: Prof. Dr. med. A. Machraoui

2. Berichterstatter: Prof. Dr. med. Frey

Tag der mündlichen
Prüfung: 27. April 2011

Zum Druck

genehmigt, Kiel, den _____

gez. _____

Meinen Eltern

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1 Definition und Epidemiologie der koronaren Herzkrankheit (KHK)	1
1.2 Pathophysiologie der KHK	3
1.2.1 Angina pectoris (Ap).....	4
1.3 Blutversorgung des Herzens.....	5
1.4 Diagnostik	6
1.4.1 Körperliche Untersuchung	6
1.4.2 Labor	7
1.4.3 EKG.....	7
1.4.4 Echokardiographie	9
1.4.5 Nuklearmedizinische Herzuntersuchungen.....	9
1.4.7 Computertomographie (CT).....	10
1.4.8 Magnetresonanztomographie (MRT).....	11
1.4.9 Herzkatheteruntersuchung.....	12
1.4.10 Intravaskulärer Ultraschall (IVUS).....	19
1.5 Therapie der KHK.....	20
1.6 Entwicklung der Herzkatheterisierung.....	24
1.7 Risikovergleich PCI versus Bypass-Operation	24
1.8 Fragestellungen und Zielsetzung der Untersuchung	26

2. Material und Methoden	29
2.1 Patientenkollektiv	28
2.2 Ablauf der Datenerhebung	30
2.3 Statistische Datenanalyse	31
2.4 Kostenberechnung.....	31
2.5 Judkins- vs. Amplatz -Katheter	31
3. Ergebnisse	32
3.1 Patientencharakteristika	32
3.2 Mengenverteilung der unterschiedlichen Eingriffe.....	34
3.3 Mengenverteilung der verschiedenen Stentsysteme	35
3.4 Vergleich der vorliegenden Gefäßerkrankungen bei den unterschiedlichen Eingriffen	34
3.5 Prozentuale Einteilung der einzelnen Eingriffe.....	38
3.6 Vergleich der beiden Zugangswege im Hinblick auf die Strahlendosis, die Untersuchungsdauer, die Liegezeit, die Kosten und die Komplikationen.....	43
3.7 Vergleich der beiden Zugänge unterteilt nach elektiv oder Notfalleingriff.....	45
3.8 Materialverbrauch der unterschiedlichen Zugangswege.....	52
3.9 Kosten der unterschiedlichen Zugangswege	53

3.10 Vergleich des Einsatzes von Amplatz - versus Judkins-Kathetern zur Sondierung der rechten Koronararterie	55
4. Diskussion	59
4.1 Hauptergebnisse der Studie	59
4.1.1 Die Auswahl der Patienten	59
4.1.2 Limitationen der Studie	59
4.1.3 Die Eingriffsdauer	59
4.1.4 Die Strahlenbelastung und das Flächendosisprodukt	61
4.1.5 Die stationäre Verweildauer nach erfolgtem Eingriff	62
4.1.6 Zugangswechsel und Komplikationen der beiden Zugangswege	63
4.1.7 Kosten der verschiedenen Eingriffe	64
4.2 Ergebnisse des Teilaspektes der Studie: Vergleich unterschiedlicher Kathetersysteme bei femoralem Zugang (Amplatz AR1 vs. Judkins JR4)	66
4.2.1 Einfluss der verwendeten Katheter auf die Eingriffsdauer, die Strahlendosis und die Liegezeit bei Koronarangiographie und Koronarstenting	66
4.2.2 Einfluss der verwendeten Katheter auf die Eingriffsdauer, die Strahlendosis und die Liegezeit	66
5. Zusammenfassung der Ergebnisse	67
6. Anhang	68
7. Literaturverzeichnis	70
Danksagung	
Lebenslauf	

Abkürzungsverzeichnis

KHK	Koronare Herzkrankheit
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
Ap	Angina pectoris
CCS	Canadian class classification
pAVK	Periphere arterielle Verschlusskrankheit
LDL	Low density Lipoprotein
CK-MB	Creatinkinase-MB
TnT	Troponin T
STEMI	ST-elevations myokardinfarkt
NSTEMI	Non-ST-elevations myokardinfarkt
MRT	Magnetresonanztomographie
NYHA	New York Heart Association
TEE	Transösophageale Echokardiographie
TTE	Transthorakale Echokardiographie
PET	Positronenemissionstomographie
RNVG	Radionuklidventrikulographie
CT	Computertomographie
MZ-CT	Mehrzeilen-Computertomographie
SPECT	Single-Photon-Emissions-Computertomographie
mSv	milli-Sievert
IE	Internationale Einheiten
TIMI	Thrombolysis In Myocardial Infarction
PTCA	Perkutane Transluminale Coronare Angioplastie
CABG	Coronary Artery Bypass Grafting
AHA	American Heart Association
ACC	American College of Cardiology
IVUS	Intravaskulärer Ultraschall
ACE	Angiotensin Converting Enzyme
ASS	Acetylsalicylsäure
AT1	Angiotensin 1
ACVB	Aorto Coronarer Venen Bypass
PCI	Perkutane Coronare Intervention
DES	Drug Eluting Stent
SST	Späte Stentthrombose
BMS	Bare Metal Stent
MIDCAB	Minimal Invasive Direkt Coronary Artery Bypass
DRG	Diagnosis Related Groups
BSA	Body Surface Area
EF	Ejektionsfraktion
BMI	Body Mass Index
(el)	Elektiv
(no)	Notfall
KF	Koronarangiographie über die Art. femoralis
KR	Koronarangiographie über die Art. radialis
SF	Koronarstenting über die Art. femoralis
SR	Koronarstenting über die Art. radialis
KS	Komolgorov-Smirnov-goodness-of-fit Test
CHI	CHI ² -Test

1. Einleitung

1.1 Definition und Epidemiologie der koronaren Herzkrankheit

Herz-Kreislaufkrankungen und damit unter anderem die koronare Herzkrankheit (KHK) stellen heutzutage mit Abstand die häufigste Todesursache in den Industrieländern dar (1, 2).

Sie ist nach der Bundesärztekammer definiert als Manifestation der Arteriosklerose an den Herzkranzarterien (3, 4). Sie bleibt häufig lange Zeit asymptomatisch bis mit Auftreten der Koronarinsuffizienz, also einem Missverhältnis zwischen Sauerstoffbedarf und Angebot, eine Myokardischämie auftritt (5). Die Myokardischämie hat verschiedene Manifestationsformen:

Es werden folgende klinische Erstmanifestationen unterschieden:

Tabelle 1: Erstmanifestationen der KHK (Framingham-Studie)

	Männer (%)	Frauen (%)
Stabile Angina pectoris	31	48
Instabile Angina pectoris	5	6
Akuter Myokardinfarkt	50	35
Plötzlicher Herztod	11	9
Nichtplötzlicher Herztod	4	3

Hinweise für die Risikofaktoren der KHK liefern sowohl die PROCAM-Studie (6) als auch die Framingham Studie (7). Danach gibt es beeinflussbare und unbeeinflussbare Risikofaktoren:

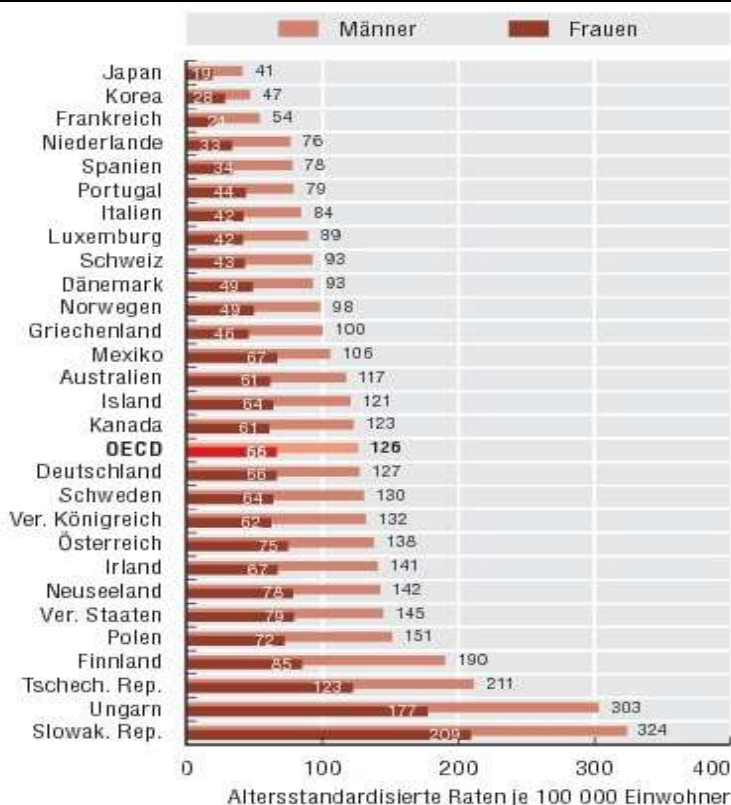
Tabelle 2: Risikofaktoren der KHK

Beeinflussbare Risikofaktoren:	Unbeeinflussbare Risikofaktoren:
Hypercholesterinämie	Lebensalter (M > 45 J; W > 55 J)
Arterielle Hypertonie	Geschlecht (M > W)
Diabetes Mellitus	Thromboseneigung (Thrombophilie)
Nikotinabusus (Risikoerhöhung bei gleichzeitiger Einnahme östrogenhaltiger Ovulationshemmer)	Niereninsuffizienz (insbesondere bei Dialysepflicht)
Körperliche Inaktivität	Familiäre Belastung
Adipositas	Glucosetoleranzstörungen
Atherogene Diät	Psychischer Stress

Als präventiv gilt die Ausschaltung beeinflussbarer Risikofaktoren. Umstritten ist der protektive Effekt von Antioxidantien wie Vitamin C oder Knoblauch (8, 9).

2007 wurden in Deutschland 22% aller registrierten Todesfälle durch chronisch ischämische Herzkrankheit (9,3%), akuten Myokardinfarkt (7,0%) und Herzinsuffizienz (6,0%) verursacht (10). In den Ländern der OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) war sie 2004 für 16% aller Todesfälle verantwortlich. Die Sterberaten waren 2004 im Durchschnitt für Männer doppelt so hoch wie für Frauen (11). Die Todesraten waren am höchsten in der Slowakischen Republik, gefolgt von Ungarn und der Tschechischen Republik. Am niedrigsten waren sie in Japan und Korea. Auch in Südeuropa sind die Sterberaten sehr gering (Abbildung 1). Während die KHK-Sterberaten seit 1980 besonders in Skandinavien, Australien, Kanada und Holland zurückgingen (11), ist die Prävalenz der Koronararterienerkrankungen in China, Indien, Pakistan und dem mittleren Osten stark ansteigend, was wahrscheinlich mit einer Zunahme der Risikofaktoren zusammenhängt. Da zur gleichen Zeit Mangelernährung und Infektionskrankheiten als Todesursachen an Bedeutung verlieren, wird geschätzt, dass bis zum Jahr 2020 kardiovaskuläre Krankheiten auch weltweit die Haupttodesursache darstellen werden (8).

Abbildung 1: Ischämische Herzkrankheit, Sterberaten, 2006



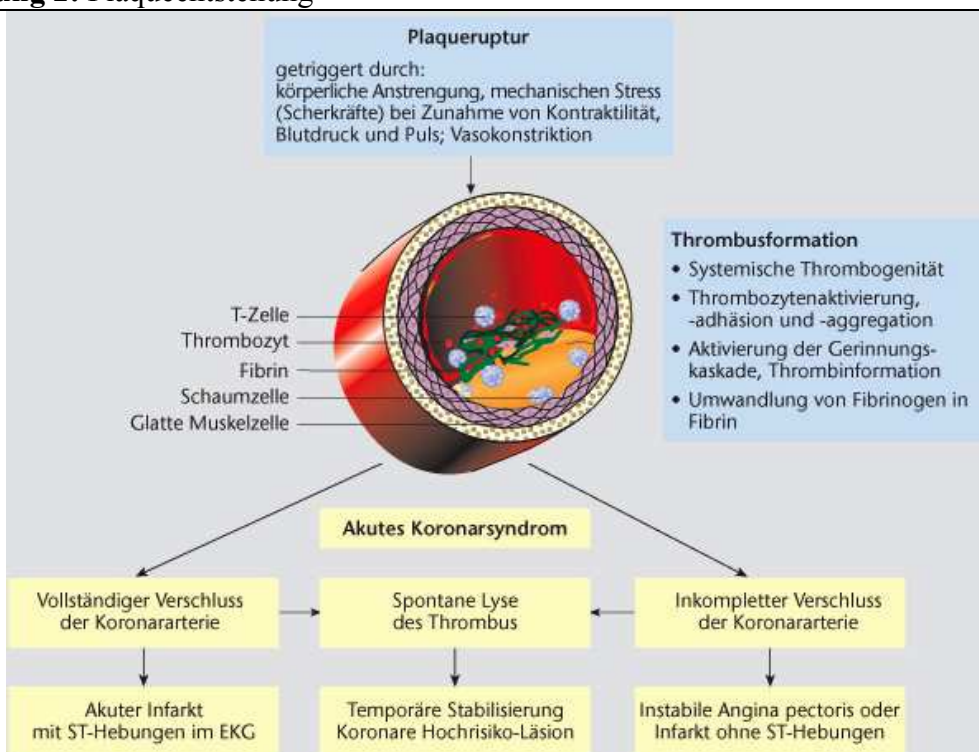
Modifiziert nach „Gesundheit auf einen Blick“, OECD

Die Inzidenz, also die klinische Manifestation der Erkrankung, beträgt ca. 0,6% und nimmt in höherem Alter zu: So liegt die Lebenszeitprävalenz der KHK in Deutschland bei 30% für Männer und bei 15% für Frauen.

1.2 Pathophysiologie der KHK

Der wesentliche Faktor, der zur Entstehung der KHK führt, ist die Bildung von artherosklerotischen Plaques an den Herzkranzgefäßen. Diese Plaques können rupturieren und Thromben bilden, welche sich organisieren und zu episodischem Plaquewachstum an den Gefäßwänden führen. Da das Gefäß dabei anfangs nach außen wächst, bleibt das Gefäßlumen lange konstant (positives Remodeling oder Glagov-Effekt). Erst in einem fortgeschrittenen Stadium kommt es zu einer Einengung des Gefäßes, die KHK wird symptomatisch. Mit auftretender Koronarinsuffizienz kommt es zu hämodynamischer Relevanz und zur Angina pectoris. In der Regel wird eine Einengung des Koronargefäßes ab 75% signifikant und manifestiert sich als Herzrhythmusstörung, stabile oder instabile Angina pectoris (Tabelle 1). Wenn es zu einem plötzlichen, kompletten Verschluss eines Gefäßes kommt, entsteht ein Myokardinfarkt (5). In 66 bis 75 % der Fälle entstehen die koronaren Thromben, welche zu einem akuten Gefäßverschluss führen, durch die plötzliche Ruptur einer vulnerablen Plaque (12) (Abbildung 2). Begleitend kann es zu einer Vasokonstriktion kommen.

Abbildung 2: Plaquentstehung



1.2.1 Angina pectoris (Ap)

Typischer Angina pectoris Schmerz wird vom Patienten als retrosternales Brennen, Enge- oder Druckgefühl angegeben, welches meist durch körperliche oder psychische Belastung ausgelöst wird. Auch Kälte und großzügige Mahlzeiten können zu einem Anfall führen. Die Schmerzen können in die Arme, die Schultern, den Hals bis zum Unterkiefer oder ins Epigastrium ausstrahlen und haben meist nur eine kurze Dauer von fünf bis zehn Minuten.

Es wird zwischen stabiler Angina pectoris und instabiler Angina pectoris unterschieden: Bei der stabilen Angina pectoris weiß der Patient meist genau unter welchen Umständen der Schmerz eintritt.

Als instabile Angina pectoris wird ein plötzliches Auftreten der Schmerzen bei einem zuvor asymptomatischen Patienten, eine Verstärkung der Schmerzen oder das Wiederauftreten der Schmerzen nach abgelaufenem Myokardinfarkt bzw. Schmerzen in Ruhe bezeichnet. Jede instabile Angina pectoris stellt einen Notfall dar.

Die stabile Angina pectoris kann dabei nach der „Canadian Class Klassifikation“ (CCS) von 1972 in fünf verschiedene Stadien eingeteilt werden:

Tabelle 3: CCS-Klassifikation

CCS 0	Keine pektangiösen Beschwerden auch bei starker körperlicher Belastung
CCS 1	Pektangiöse Beschwerden nur bei schwerer körperlicher Anstrengung (Dauerlauf; anstrengende, länger dauernde Arbeiten)
CCS 2	Geringgradige Beeinträchtigung bei normalen Aktivitäten (rasches Treppensteigen, Treppensteigen nach Wartezeit in der Kälte oder nach psychischen Belastungen, Bergaufsteigen)
CCS 3	Erhebliche Beeinträchtigung bei normalen täglichen Aktivitäten, pektangiöse Beschwerden bereits nach dem Steigen von einem Stockwerk
CCS 4	Angina pectoris bei geringster körperlicher Belastung, Ruheschmerz

Neben den beiden oben genannten Formen der Angina pectoris gibt es Sonderformen wie die vasospastische Angina pectoris, Mikrozirkulationsstörungen, das Syndrom X und die stumme Myokardischämie bei beispielsweise Diabetikern.

Die Mortalität von beschwerdefreien Patienten mit KHK beträgt pro Jahr 2,7%, bei Patienten mit stabiler Angina pectoris beträgt sie pro Jahr 5,4%. Ca. 25% der Patienten mit stabiler Angina pectoris erleiden innerhalb von fünf Jahren einen Myokardinfarkt. Die Stärke der Beschwerden hat nur eine geringe prognostische Bedeutung, allerdings verschlechtert jede deutliche Zunahme der Beschwerden (Crescendo Ap) die Prognose (6).

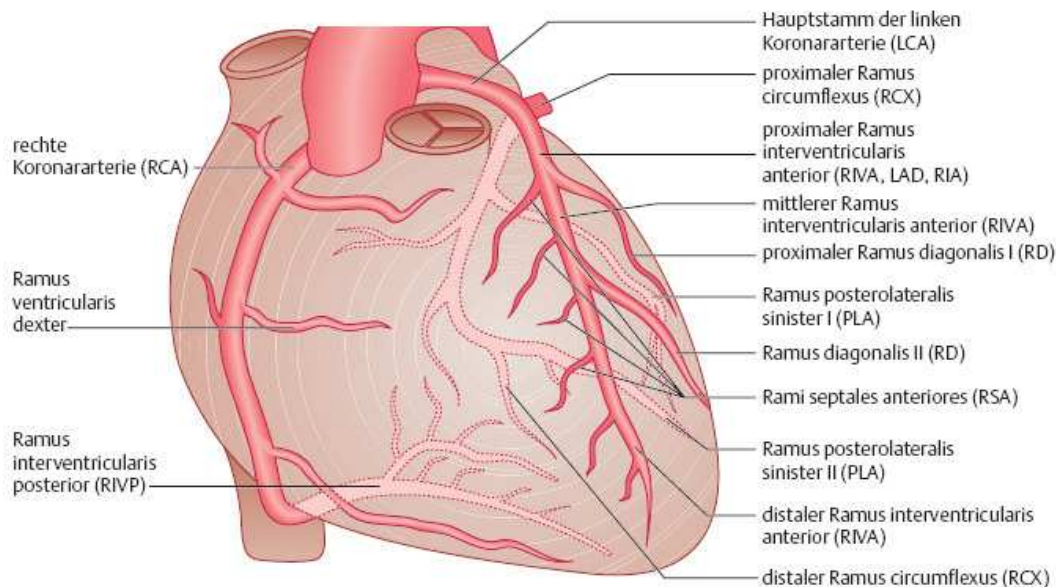
Abbildung 3: Schmerzlokalisierung und Ausstrahlung bei Angina pectoris

rot → häufig und stark
 Rosa → selten oder ausstrahlend

Modifiziert nach <http://de.wikipedia.org/wiki/Herzinfarkt> (25. Februar 2009)

1.3 Blutversorgung des Herzens

Das Herz wird von drei großen Hauptarterien versorgt, die sich in ihre Seitenäste aufzweigen:

Abbildung 4: Darstellung des Herzens und der versorgenden Gefäße

Modifiziert nach <http://de.wikipedia.org/wiki/Herzinfarkt> (25. Februar 2009)

Der linke Hauptstamm zweigt sich in den Ramus interventricularis anterior (RIVA) auf, welcher die Vorderwand, die Seitenwand und das Septum versorgt sowie den Ramus circumflexus (RCX), der die posteriore Hinterwand versorgt und in den linken posterolateralen Ast (RPLS) endet.

Das rechte Herzkranzgefäß (RCA) versorgt den rechten Ventrikel und die linke Seiten- und Hinterwand und verzweigt sich in den Ramus interventrikularis posterior (RIVP) sowie den Ramus posterolateralis (RPLD).

Gefäßkrankungstyp

Die Einteilung erfolgt abhängig vom Nachweis einer über 50% Stenose in den drei großen Hauptarterien. Abhängig von der Anzahl der betroffenen Gefäße spricht man von einer 1-, 2- oder 3-Gefäßkrankung. Stenosen in kaliberstarken Nebenästen werden ebenfalls berücksichtigt, wenn sie zu einer Stenose von über 50% führen. Der angiographische Nachweis einer hochgradigen Stenose (über 70%) bedeutet eine höhere Gefährdung des Patienten. Die 10-Jahres-Überlebensrate bei leicht- oder mittelgradigen Stenosen liegt über 95%, bei mindestens einer hochgradigen Stenose jedoch bei nur 62% (6).

1.4 Diagnostik bei Verdacht einer KHK

1.4.1 Körperliche Untersuchung

Bei der körperlichen Untersuchung lassen sich bei Patienten mit einer KHK häufig Gefäßgeräusche feststellen und dadurch auf eine generalisierte Arteriosklerose schließen (Art. femoralis, Art. carotis), weiterhin finden sich häufig Zeichen einer peripheren arteriellen Verschlusskrankheit (pAVK). Diese kann sich je nach Lokalisation der Gefäßstenose und Stadium der Erkrankung von Kälte und Schwächegefühl der betroffenen Extremität über Muskelschmerzen bis peripheren Nekrosen äußern und wird nach Fontaine in vier Stadien eingeteilt (Tabelle 4):

Tabelle 4: Periphere arterielle Verschlusskrankheit (pAVK), Stadien nach Fontaine

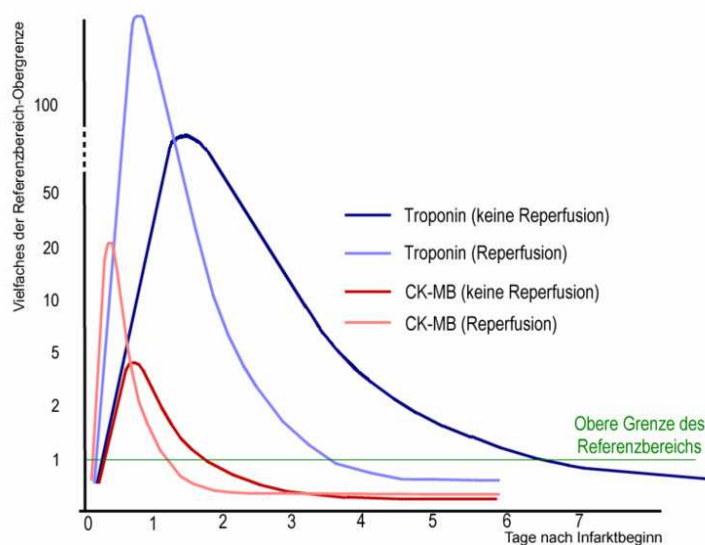
Stadium	Beschwerden
I	Keine Beschwerden
II	Claudicatio intermittens in der distal des Verschlusses gelegenen Muskulatur II a schmerzfreie Wegstrecke > 200 m II b schmerzfreie Wegstrecke < 200 m
III	Ruheschmerz
IV	Ischämische Nekrose

1.4.2 Labor

Im Labor lassen sich die Risikofaktoren der KHK wie das LDL, eine Hyperlipoproteinämie, ein Diabetes Mellitus oder eine Hyperurikämie nachweisen. Weiterhin sollte eine Anämie im Blutbild ausgeschlossen werden, da sie bei bestehender KHK zu Angina pectoris Beschwerden führen kann.

Bis zu einer Woche nach einem Myokardinfarkt lassen sich folgende Blutwerte feststellen (Abbildung 5):

Abbildung 5: Blutwerte nach Myokardinfarkt



Modifiziert nach Polster et al.: Basislehrbuch Innere Medizin, 3.A. © Elsevier GmbH

1.4.3 EKG

Das EKG stellt ein sehr wichtiges Hilfsmittel zur Erkennung einer akuten Myokardischämie sowie von Infarktfolgen dar.

Mit dem Ruhe-EKG lassen sich ST-Strecken-Hebungsinfarkte (Abbildung 7), bei denen das EKG eine ST-Hebung (STEMI; ST-Hebungen und Troponin-T Test positiv) zeigt, von Nicht-ST-Strecken-Hebungsinfarkten (NSTEMI; keine ST-Hebung, Troponin-T Test positiv) unterscheiden. Infarktfolgen mit Q-Zacken, QS-Komplexen oder R-Reduktion sind eine Domäne des Ruhe-EKGs. Weiterhin können im Ruhe-EKG Links-Schenkel-Blockbilder und Herzrhythmusstörungen, z.B. Vorhofflimmern oder Extrasystolen, nachgewiesen werden.

Zur Erkennung einer asymptomatischen oder stabilen KHK ist das Ruhe-EKG allerdings ungeeignet, hier kann auf das Belastungs-EKG zurückgegriffen werden. Die Belastung wird am häufigsten mit Hilfe eines Fahrradergometers, Laufbandergometers oder mit Hilfe von

Medikamenten wie Dobutamin oder Adenosin im Rahmen einer Streßechokardiographie oder eines Streß-MRT erzeugt. Für eine Aussage muss mindestens eine submaximale Herzfrequenz von ca. 200 minus Lebensalter erreicht werden.

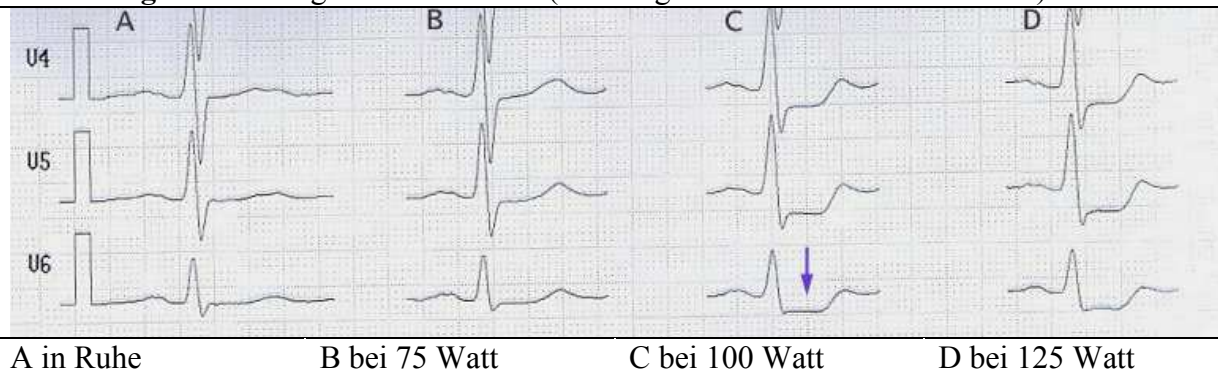
Das Belastungs-EKG kann, da durch die Belastung der Sauerstoffverbrauch des Herzens gesteigert wird, durch pathologische Befunde auf eine in Ruhe kompensierte Mehrgefäß- oder Hauptstammerkrankung hinweisen (Abbildung 6). Bei jedem Belastungs-EKG muss aufgrund der Gefahr von Erregungsrückbildungsstörungen, vermehrtem Auftreten von Extrasystolien oder plötzlichem Blutdruckdruckabfall bei chronischer KHK ein Notfallkoffer mit Defibrillator vorhanden sein. Beim Belastungs-EKG liegt die Sensivität für Eingefäßerkrankungen bei ca. 50%, bei einer Zweigefäßerkrankung zwischen 60-70% und bei einer Dreigefäßerkrankung bei ca. 80%.

Die Spezifität liegt bei 75-90%. Bei Frauen ist sie allerdings niedriger (ca. 60%). Durch das Belastungs-EKG ist keine genaue Angabe über die Lokalisation der Ischämie zu machen.

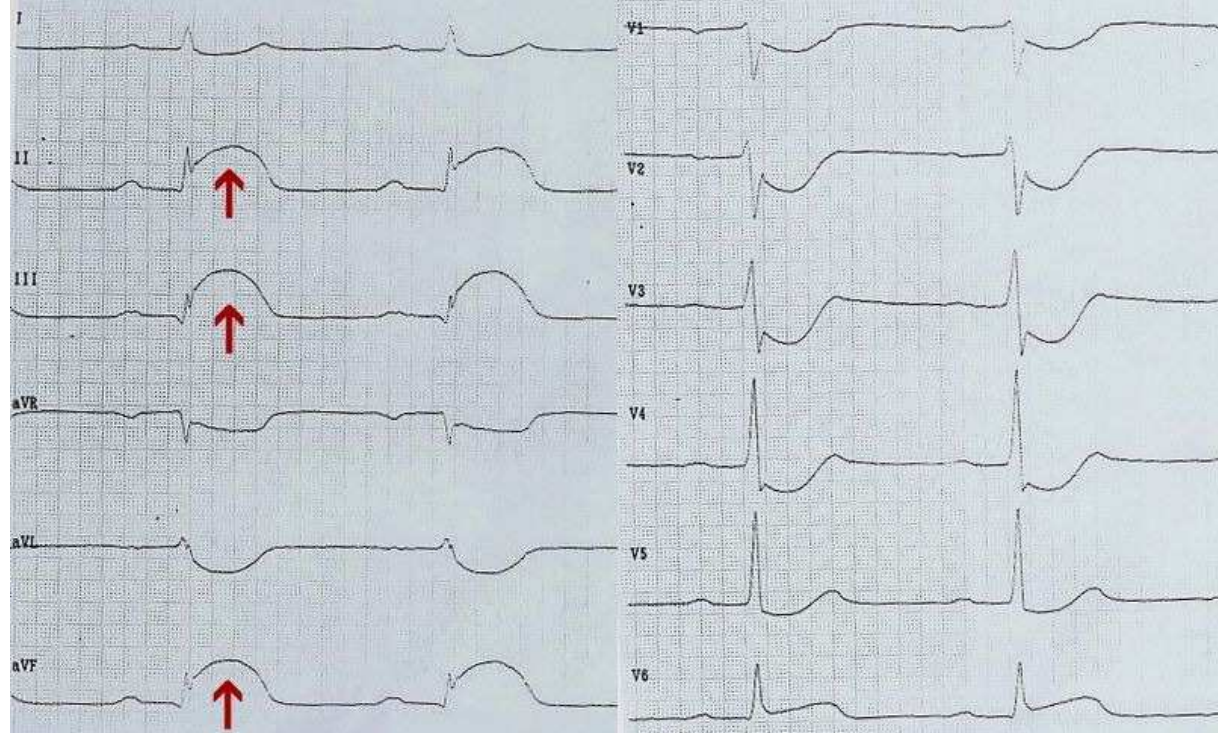
Absolute Kontraindikationen des Belastungs-EKG sind akuter Myokardinfarkt und instabile Angina pectoris, überhöhter Blutdruck, Tachykardie, komplexe Herzrhythmusstörungen oder Herzinsuffizienz des Stadiums NYHA IV.

Das Langzeit-EKG kann eine im Belastungs-EKG unauffällige chronische KHK aufdecken, ein Hinweis sind wiederholte ST-Streckensenkungen von über 1 Minute. Das Langzeit-EKG wird in erster Linie zur Aufklärung von Rythmusstörungen und bei Verdacht auf vasospastische Angina eingesetzt.

Abbildung 6: Belastungs-EKG bei KHK (Senkung der ST-Strecke ab 100 Watt)



Modifiziert nach <http://de.wikipedia.org/wiki/Herzinfarkt> (25. Februar 2009)

Abbildung 7: EKG bei akutem Hinterwandinfarkt (ST-Hebung in Ableitung II, III, aVF)

Modifiziert nach <http://de.wikipedia.org/wiki/Herzinfarkt> (25. Februar 2009)

1.4.4 Echokardiographie

Die Echokardiographie (transthorakale Echokardiografie (TTE), transösophageale Echokardiografie (TEE)) und die Stress-Echokardiographie stellen neben dem EKG die wichtigsten kardialen Basisdiagnostiken dar.

Mit Hilfe der TTE wird die Morphologie und Funktion des Herzens in Echtzeit analysiert. Die Größe der Herzhöhlen, die Pumpfunktion des Herzens mit Bestimmung der Ejektionsfraktion und die Klappenfunktion sind beurteilbar. Es lässt sich aber auch die Aorta ascendens und der Arcus aortae beurteilen (6).

1.4.5 Nuklearmedizinische Herzuntersuchungen

Myokardszintigraphie

Mit dieser Methode lassen sich bei Patienten die Durchblutung, Vitalität und Funktion des Myokards bestimmen, es kann die hämodynamische Relevanz einer Stenose dargestellt werden. Besonders bei der koronaren 1-Gefäßerkrankung ist die Myokardszintigraphie sensitiver als das Belastungs-EKG.

1.4.6 Effizienz der diagnostischen Testverfahren

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Sensitivität und Spezifität der unterschiedlichen Testverfahren.

Tabelle 5: Diagnostische Effizienz der Testverfahren zur Ischämieprovokation (ESC 2006)

Untersuchung	Sensitivität (%)	Spezifität (%)
Belastungs-EKG	68	77
Belastungs-Echo (Ergometer)	80-85	84-86
Belastungs-Echo (Medikamente)	40-100	62-100
Perfusionsszintigraphie (Ergometer)	85-90	70-75
Perfusionsszintigraphie (Medikamente)	83-94	64-90

1.4.7 Computertomographie (CT)

Indikationen der CT sind Perikarderkrankungen, Erkrankungen der Aorta (Aneurysmen, Dissektionen), Thromben, kardiale und parakardiale Tumoren.

Mit dem Mehrzeilen-CT (MZ-CT) kann die Plaquelast in den Herzkranzgefäßen, die Koronarmorphologie und die Stenosierungen bis in die distalen Gefäße dargestellt werden. Die Untersuchung dauert 15-30 Minuten und ist verglichen mit der SPECT (Single-Photon-Emissions-Computertomographie) und MRT am kostengünstigsten. Anhand des Verkalkungsgrades der Koronararterien kann ein Score erstellt werden, der zur Abschätzung des koronaren Risikos genutzt wird. Seine Aussagekraft ist allerdings nicht ausreichend validiert. Eine Multicenterstudie zur MZ-CT-Koronarangiographie konnte bei einer Ausschlussrate von 42% (ungenügende Bildqualität) verschiedene positive Einzelcenterstudien mit Sensivitäten von 82-95% und Spezifitäten von 86-98% nicht bestätigen.

Im Vergleich zur Kernspintomographie besteht bei der Computertomographie eine Strahlenbelastung für den Patienten (Tabelle 6). Diese führt zum Auftreten von einem solidem Tumor inclusive Leukämie ⁽¹³⁾ pro 670 MZ-CT-Koronarangiographien und pro 530 MZ-CT-Koronarangiographien, wenn gleichzeitig Bypass-Gefäße untersucht werden ^(12, 14) und ist damit höher als bei der Koronarangiographie. Gegenwärtig ist das MZ-CT noch nicht in der Lage, eine verlässliche Plaque-Charakterisierung im Koronarsystem zu ermöglichen.

Durch wiederholte MZ-CT-Untersuchungen desselben Patienten erhöht sich das Risiko eines soliden Tumors. (z.B. 1/180 nach der dritten MZ-CT-Untersuchung eines Patienten nach koronarer Bypass-Operation) (15).

Tabelle 6: Strahlenbelastung bei CT-Koronarangiographie

Untersuchung	Strahlenbelastung in mSv
Mehrzeilen-CT-Koronarangiographie (4-Zeilen)	9–11
Mehrzeilen-CT-Koronarangiographie (16-Zeilen)	15
Mehrzeilen-CT-Koronarangiographie + Bypässe (16-Zeilen)	19

1.4.8 Magnetresonanztomographie (MRT)

Indikationen der MRT sind angeborene Herzfehler, ventrikuläre Funktionsuntersuchungen, Perikarderkrankungen, Erkrankungen der Aorta (Aneurysmen, Dissektionen), kardiale und parakardiale Tumoren und Thromben.

Die Auflösung der MRT ist momentan noch nicht ausreichend, um die Koronargefäße sicher zu beurteilen. In Zukunft wird sie in der Kardiologie allerdings wahrscheinlich eine große Rolle spielen, da sie potentiell sämtliche Aspekte der KHK erfassen kann.

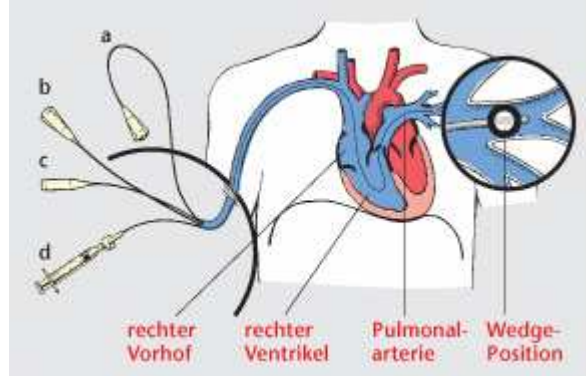
Die MRT ermöglicht Aussagen über hochgradige, hämodynamisch signifikante Koronarstenosen. In Multicenter-Studien konnten mittels der MR-Perfusionsuntersuchung Stenosen mit über 50% Durchmesser mit Sensitivitäten von 86 bis 91% und Spezifitäten von 65 bis 84% nachgewiesen werden. Ein großer Vorteil der MRT ist, dass sie keine schädigende Strahlenbelastung für den Patienten darstellt. Gegenwärtig sind weder MRT noch MZ-CT in der Lage, eine verlässliche Plaque-Charakterisierung im Koronarsystem zu ermöglichen. (15)

Aufgrund der Strahlenbelastung bei Herzkatheteruntersuchungen durch die Anwendung von Computertomographen werden Versuche mit einem MRT anstelle des Computertomographen durchgeführt (16).

1.4.9 Herzkatheteruntersuchung

Die Herzkatheteruntersuchung erlaubt die Darstellung des rechten oder linken Ventrikels und der Koronargefäße ggf. mit interventionellem Eingriff (Abbildung 8, 9) und vereint so Diagnostik mit Therapie.

Abbildung 8: Herzkatheteruntersuchung (Rechtsherzkatheter)



A = proximaler Schenkel

B = distaler Schenkel

C = Temperaturfühler

D = Spritze zur Insufflation des Ballons

Modifiziert nach Polster et al.: Basislehrbuch Innere Medizin, 3.A. © Elsevier GmbH

Rechtsherzkatheteruntersuchung

Als Zugangswege zum rechten Herzen werden die Venae femorales, Cubitales, Jugulares oder Subclaviae genutzt. Es kann z.B. der Schweregrad einer Trikuspidal- oder Pulmonalstenose festgestellt werden, es lassen sich die Drucke im pulmonalarteriellen und pulmonalkapillären Bereich messen, die rechts- und linksventrikuläre Funktion beurteilen und ein Links-Rechtsshunt lokalisiert werden.

Linksherzkatheteruntersuchung

Die Zugangswege für die Linksherzkatheterisierung sind die Arteriae femorales, brachiales oder die Arteriae radiales. Es können die Koronararterien dargestellt und der linke Ventrikel durch die Lävokardiographie nach Größe und Kontraktibilität beurteilt werden (Abbildung 9). Weiterhin können Mitral- und Aortenklappenfunktion bei Herzklappenfehlern untersucht werden. Die Linksherzkatheterisierung wird in der Diagnostik und Therapie der KHK eingesetzt.

Das Ziel der Herzkatheterisierung ist:

– Die Darstellung und hämodynamische Bewertung von Erkrankungen des Myokards, des

Perikards und der Klappen.

– Die Darstellung morphologischer Veränderungen der Koronargefäße.

Da die Katheteruntersuchung unter Ruhebedingungen erfolgt, stellt sie keinen Ersatz für die kardiologischen Funktionsprüfungen im Hinblick auf die Hämodynamik dar. Indikationen zur invasiven Diagnostik sind kardiale Erkrankungen, die einer operativen oder interventionellen Behandlung bedürfen (Tabelle 7). Hierbei stellt die koronare Herzerkrankung (KHK) die größte Indikationsgruppe dar ⁽¹⁷⁾. Die diagnostische Sicherheit durch eine Katheteruntersuchung (Koronarangiographie, Ejektionsfraktion, Klappenöffnungsfläche etc.) wird zur Zeit durch kein anderes Verfahren erreicht. Die relativen Kontraindikationen der invasiven kardiologischen Diagnostik sind in Tabelle 8 aufgelistet. Durch die konventionelle diagnostische Koronarangiographie entsteht eine Strahlenbelastung von ca. fünf bis sechs mSv ⁽¹⁴⁾. Wenn das Risiko einer mechanischen tödlichen Komplikation ($<1/7500$) ⁽¹⁸⁾ mit eingerechnet wird, liegt das Gesamtrisiko der invasiven Koronarangiographie für tödliche Komplikationen unter demjenigen der nichtinvasiven MZ-CT-Koronarangiographie ⁽¹⁵⁾. Für eine Kosten-Nutzen-Analyse müssen allerdings die Folgekosten durch Komplikationen und Karzinome ebenfalls berücksichtigt werden ⁽¹⁵⁾.

Tabelle 7: Indikationen zur invasiven kardiologischen Diagnostik mittels Herzkatheter

Koronare Herzerkrankung

- Angina pectoris (stabil, instabil, atypisch)

Akuter Myokardinfarkt

- vor primärer PTCA
- ineffektive Lyse
- kardiogener Schock
- mechanische Komplikationen (Ventrikelseptumruptur, akute Mitralinsuffizienz)

Erworbener Herzklappenfehler

Kardiomyopathien

Angeborener Herzfehler

Aortendissektion

Perikarderkrankungen

Zustand nach Reanimation (überlebter plötzlicher Herztod)

Vor elektrophysiologischer Diagnostik ventrikulärer Tachyarrhythmien

Vor Herztumoren-OP

Nach Herztransplantation

Tabelle 8: Kontraindikationen einer invasiven kardiologischen Diagnostik

Dekompensierte Herzinsuffizienz

Unkontrollierte arterielle Hypertonie

Niereninsuffizienz

Kontrastmittelallergie

Akute gastrointestinale Blutung

Infektion/ Fieber

Hyperthyreose

Antikoagulation (oder unkontrollierte Blutgerinnungsstörung)

Schwangerschaft

Unbehandelte Elektrolytstörung

Medikamentenüberdosierung/ -intoxikation (z.B. Digitalis, Phentiazine)

Abbildung 9: Rechte und linke Herzkranzarterie in p.a. Aufnahme



rechte Herzkranzarterie

linke Herzkranzarterie

Modifiziert nach Polster et al.: Basislehrbuch Innere Medizin, 3.A. © Elsevier GmbH

Durchführung der Katheteruntersuchung

Der Zugang zu den Gefäßen wird in Seldinger Technik geschaffen. Hierbei wird eine periphere Arterie mit einer Kanüle perkutan punktiert, die Methode wurde erstmals von Sven-Ivar Seldinger im Jahre 1953 beschrieben (19).

Über diesen Zugang die Koronararterien darzustellen wurde zuerst von Ricketts, Abrams 1962 (20) und Judkins 1967 (21) beschrieben. Seit dem Ende der 60er Jahre entwickelte dann Melvin Judkins Katheter speziell für die Koronararterien.

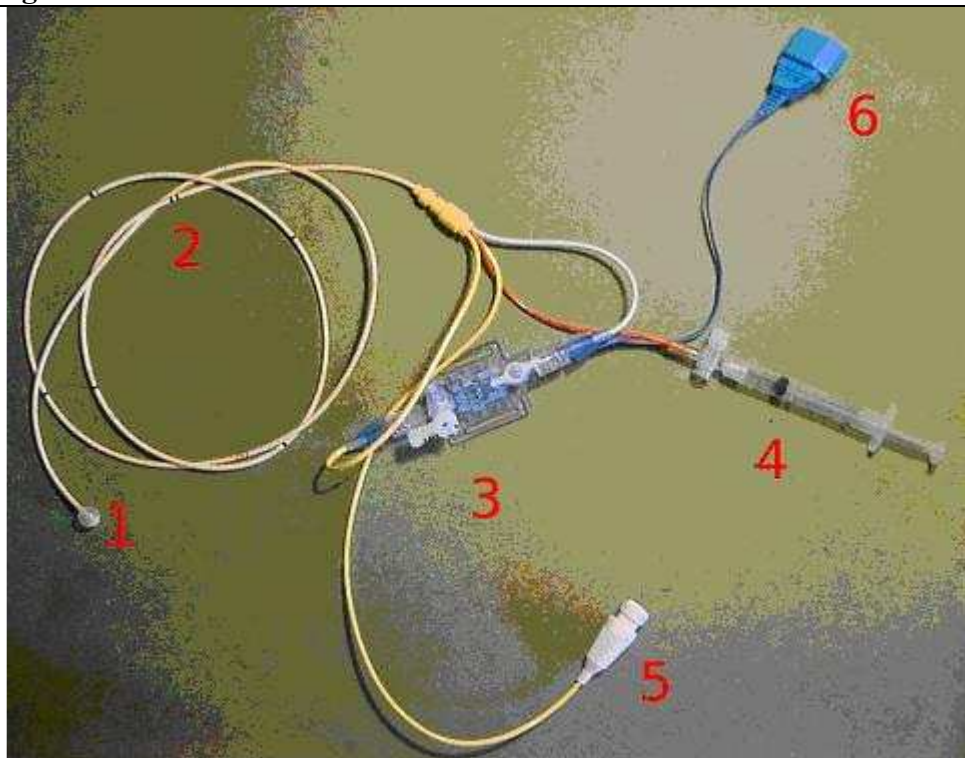
Nachdem der Zugang mit Hilfe der Seldinger Technik geschaffen worden ist, wird ein Drahtmandrin durch eine Kanüle eingeführt und vorgeschoben.

Die Kanüle wird dann entfernt und ein Führungskatheter (der „Guiding Catheter“) über den liegenden Drahtmandrin eingeführt. Der Katheter wird nun bis zum Eingang der Koronararterien geschoben und dort wird ein jodhaltiges Röntgenkontrastmittel über eine Handinjektion injiziert. In den folgenden Röntgenaufnahmen kann die Stenose und das Stadium der Verengung erkannt werden.

Weiterhin lässt sich der Radius der Koronararterie abschätzen und somit die Größe des ggf. benötigten Ballonkatheters oder Stents.

Die Untersuchung erfolgt in Lokalanästhesie, zur Thromboseprophylaxe wird Heparin injiziert.

Abbildung 10: Swan-Ganz-Rechtsherzkatheter:



1 Ballon
2 Katheter mit Röntgenmarkierungen
3 Druck-Messchip

4 Ballonspritze
5 Messgerätanschluss
6 Messgerätanschluss

Modifiziert nach <http://de.wikipedia.org/wiki/Herzkatheteruntersuchung>

Koronarangiographie bei instabiler Angina pectoris

Bei instabiler Angina pectoris sind Belastungstests kontraindiziert, da sie ein zusätzliches Risiko bedeuten. Bis zur Katheterisierung sollte eine Therapie mit Heparin, Thrombozytenaggregationshemmern und Nitraten durchgeführt werden (22).

Im Vergleich zur Koronarangiographie bei stabiler Angina pectoris sind zwei wichtige Punkte zu beachten:

Insgesamt kommt es häufiger zu Komplikationen: Hämodynamische oder rhythmologische Probleme können während oder nach der Untersuchung häufiger auftreten.

Die Therapie mit Thrombozytenaggregationshemmern und Heparinen erhöht das Risiko von Blutungen besonders im Bereich der Punktionsstelle.

Die frühzeitige Katheterisierung und Revaskularisierung bei Patienten mit instabiler Angina pectoris senkt die Rate von Myokardinfarkten und Todesfällen signifikant (22). Wann eine Koronarangiografie durchgeführt werden sollte, richtet sich nach dem klinischen Schweregrad:

- Sofortige Koronarangiographie: Patienten mit Ischämiezeichen im EKG, rezidivierenden oder persistierenden Beschwerden trotz intravenöser Therapie.
- Elektive Koronarangiographie (wenige Tage): Patienten mit Beschwerdebesserung unter intravenöser Therapie.

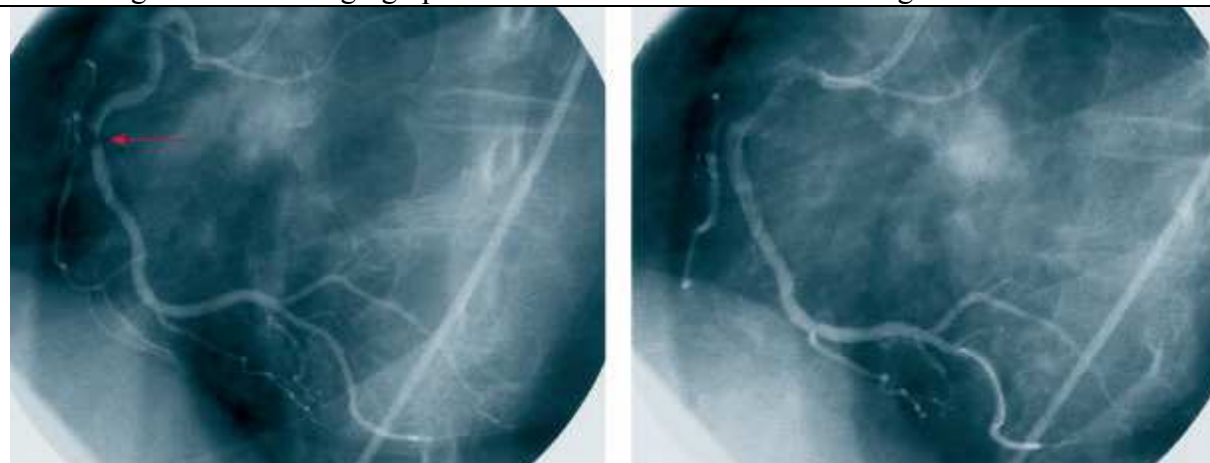
Koronarangiographie bei akutem Myokardinfarkt

Wenn es durch einen plötzlichen, kompletten Verschluss eines Gefäßes zu einem Myokardinfarkt gekommen ist, kann nach der Analyse des EKG ein STEMI oder NSTEMI unterschieden werden. Bei ST-Strecken-Hebungsinfarkt persistiert der Verschluss, während es sich bei einem NSTEMI entweder um einen subtotalen Verschluss oder um einen dynamisch variierenden Befund handelt. Die Prognose hängt von der raschen Wiederherstellung der Koronarperfusion und der Wiederherstellung eines normalen Blutflusses (TIMI 3 Fluß) (Tabelle 10) im Infarktgefäß ab. Deshalb wird primär versucht, das verschlossene Gefäß schnell und vollständig wieder zu eröffnen (22).

Durch die Fibrinolyse ist die Wiederherstellung eines normalen Blutflusses (TIMI 3 Fluß) (Tabelle 10) nur in 55% zu erreichen, eine geringere Reperfusion (TIMI 2-3 Fluß) ist allerdings in 50% bis 85% zu erreichen (23). Da es zudem eine hohe Nebenwirkungsrate und

viele Kontraindikationen zur Fibrinolysetherapie gibt, hat sich die primäre PTCA zur Reperfusionstherapie des akuten Myokardinfarktes durchgesetzt (Tabelle 9) (24, 25). Der Erfolg ist allerdings stark davon abhängig ob die primäre Infarkt-PTCA akut in einem nahegelegenen 24-Stunden-Bereitschafts Zentrum durchgeführt werden kann.

Abbildung 11: Koronarangiographie vor und nach PTCA und Stenting



Vor Intervention

nach PTCA und Stenting

Modifiziert nach Polster et al.: Basislehrbuch Innere Medizin, 3.A. © Elsevier GmbH

Tabelle 9: Indikationsstellungen zur PTCA

Elektive Indikationen

- Stabile Angina pectoris
- Objektivierbare Myokardischämie (pathologisches Belastungs-EKG oder pathologische Streßchokardiographie)

Notfall-Indikationen:

- Akutes Koronarsyndrom
 - Akuter Myokardinfarkt mit ST-Hebungen (STEMI)
 - Akuter Myokardinfarkt ohne ST-Hebungen (NSTEMI)
 - Instabile Angina pectoris (vor allem persistierende oder rezidivierende Angina pectoris in Ruhe)
 - Überlebter plötzlicher Herztod
 - Kardiogener Schock unklarer Genese

Tabelle 10: Einteilung des Koronarflusses nach der TIMI-Klassifikation

Grad	Perfusion
0	Keine Perfusion
1	Penetration des Kontrastmittels ohne vollständige Anfärbung des distalen Gefäßes
2	Partielle, verzögerte Perfusion mit vollständiger Anfärbung des distalen Gefäßes
3	Prompte, vollständige Perfusion des Gefäßes

Stenosemorphologie

Die Stenoseklassifikation nach der American Heart Association ⁽²⁶⁾ bildet die Grundlage der Risikoeinschätzung und der Auswahl des Verfahrens einer vorhergesehenen Koronarangioplastie (Tabelle 12).

Es ist wichtig, die Stenosemorphologie zu kennen, um sich im weiteren Verlauf für eine PTCA, CABG oder konservative Therapie zu entscheiden (Tabelle 11).

Tabelle 11: Stenosemorphologie

Länge:	Kurzstreckig (< 1 cm) Tubulär (1-2 cm) Langstreckig (> 2 cm, langstreckige Stenosen sind hämodynamisch wirksamer als kurzstreckige Stenosen)
Kontur:	Glattwandig oder unregelmäßig
Lage:	Exzentrisch, konzentrisch, Seitenast
Verkalkung	Keine/ wenig/ deutlich

Tabelle 12: Stenosemorphologie nach den Kriterien der AHA/ACC

Typ A:	Typ B:	Typ C:
Länge < 1 cm	Länge 1-2 cm	Länge > 2 cm
Konzentrisch	Exzentrisch	
Gut erreichbar	Ostiumstenose	
Krümmungsstenose < 45°	Krümmungsstenose 45-90°	Krümmungsstenose > 90°
Glatte Konturen	Unregelmäßige Kontur	Degenerierter Venenbypass
Kein/ wenig Kalk	Deutlich verkalkt	
Kein kompletter Verschluss	Verschluss < 3 Monate	Verschluss > 3 Monate
Keine Ostiumstenose	Geschlängeltes Gefäß	Stark geschlängeltes Gefäß
Kein Thrombus	Thrombus	
Kein Seitenast mitbetroffen	Bi- oder Trifurkationsstenose	Bedeutsamer, nicht zu schützender Seitenast in der Stenose
	B1 - Ein Kriterium erfüllt B2 - Zwei oder mehr Kriterien erfüllt	C1 - Ein Kriterium erfüllt C2 - Zwei oder mehr Kriterien erfüllt

1.4.10 Intravaskulärer Ultraschall (IVUS)

Der intravaskuläre Ultraschall ist ein Verfahren, welches ein Querschnittsbild von Gefäßlumen und -wand ermöglicht. IVUS-Systeme sind in Katheter eingebaut und die praktische Durchführung der IVUS-Untersuchung ähnelt einer koronaren Intervention. Der wesentliche Vorteil gegenüber anderen bildgebenden Verfahren liegt in einer exakten, direkten Darstellung der atherosklerotischen Plaques. Da die IVUS-Katheter bisher nur zum einmaligen Gebrauch geeignet sind, ist die Untersuchung sehr teuer (6).

Der IVUS bietet gegenüber der Angiographie den Vorteil, dass er das tatsächliche Ausmaß der atherosklerotischen Wandveränderungen darstellen kann:

Eine wesentliche Limitation der angiographischen Darstellung von Koronarien liegt darin, dass die atherosklerotische Plaque in den frühen und mittleren Stadien vor allem ein nach auswärts gerichtetes Wachstum zeigt. Plaques bis zu einer Querschnittsfläche von 40% können somit der angiographischen Untersuchung vollständig entgehen.

Eine zweite Limitation der Angiographie besteht darin, dass eine Lumenstenose nur durch den Vergleich zu einem angrenzenden, als normal anzusehenden Referenzsegment beschrieben werden kann. Bei der Koronarsklerose kommt es jedoch häufig zu diffusen, über die gesamte Gefäßlänge ausgebreiteten Veränderungen. Dies kann dazu führen, dass das Gefäß insgesamt schmalkalibrig erscheint.

In der klinischen Praxis kann eine IVUS-Untersuchung aus diagnostischen Gründen in folgenden Fällen indiziert sein:

- Angiographisch nicht ausreichend frei projizierbare Stenose und Stenosen in einem Gefäßabgang.
- Angiographisch unklare intraluminale Strukturen (Dissektion, Thrombus, Flußphänomen usw.).
- Abklärung einer prognostisch relevanten Transplantat-Vaskulopathie nach einer Herztransplantation, da diese auf Grund ihres diffusen Charakters der Angiographie oft entgeht.

1.5 Therapie der KHK

Medikamentös

Bei der Akuttherapie eines Angina pectoris Anfalls kommen schnell wirksame Nitrate wie z.B. Glyceroltrinitrat (GTN) zum Einsatz. Diese führen nach sublingualer Applikation zu einer Dilatation der venösen Kapazitätsgefäße, der peripheren Widerstandsgefäße und der epikardialen Leitungsgefäße und über ein somit erhöhtes Angebot von Blut und Sauerstoff zur Symptomlinderung.

β-Rezeptoren-Blocker werden als erste Wahl bei der Behandlung der Angina pectoris eingesetzt. Sie mindern den myokardialen Sauerstoffverbrauch und senken darüber hinaus den arteriellen Blutdruck. Sie verbessern die Prognose und senken die Mortalität insbesondere nach einem Myokardinfarkt (27-31) und bei Patienten mit Herzinsuffizienz (32). Bei Patienten mit Hypertonie senken sie nachweislich die kardiovaskuläre Morbidität und Mortalität (33).

Langwirkende Nitrate werden als zweite Wahl oder bei unzureichender Wirkung der β-Rezeptoren-Blocker zur Prophylaxe bei Angina pectoris eingesetzt.

Kalziumkanalblocker wie z.B. Diltiazem oder Verapamil werden ebenfalls als zweite Wahl eingesetzt. Sie verbessern bei Dauermedikation die Symptomatik und Belastungstoleranz bei Angina pectoris (34-37). Herzinsuffizienz ist eine Kontraindikation bei der Verwendung von Kalziumkanalblockern (38-40).

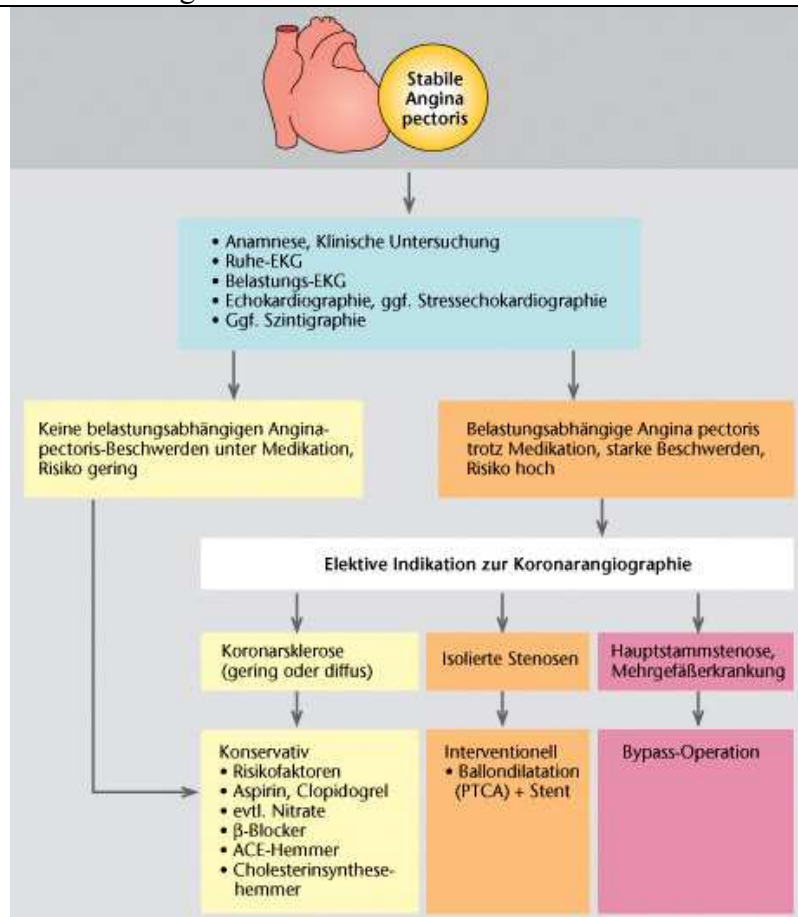
ACE-Hemmer werden nach Myokardinfarkt zum Remodeling eingesetzt, um einer Dilatation und Funktionsstörung des linken Ventrikels vorzubeugen. ACE-Hemmer, oder bei deren Unverträglichkeit AT1-Blocker, gehören heute zur Standardtherapie der Herzinsuffizienz. Sie senken nach der HOPE-Studie das Vorkommen von kardiovaskulären Ereignissen bei KHK um 20-30%. Weiterhin wirken sie positiv bei Herzinsuffizienz und bei diabetischer Nephropathie (34, 38, 41, 42).

Zur Prophylaxe werden Statine verordnet, um den LDL-Cholesterin Spiegel auf <100mg/ dl zu senken. Damit wird bei Patienten mit stabiler KHK sowohl die Morbidität als auch die Mortalität gesenkt (43, 44). Weiterhin weisen Statine einen antiarteriosklerotischen und antiinflammatorischen Effekt auf und senken somit das Schlaganfall- und pAVK-Risiko.

Gerinnungshemmende Medikamente wirken zwar nicht antiangiös, hemmen aber die Bildung von Thromben und damit die Entstehung eines akuten Koronarsyndroms. So wird in der Standardtherapie entweder Acetylsalicylsäure (ASS) in einer Dosis von 75-325 mg/ d, oder ein ADP-Antagonist (Clopidogrel) eingesetzt. Diese senken bei Patienten mit stabiler Angina pectoris oder hohem kardiovaskulärem Risiko das Risiko nichttödlicher Myokardinfarkte,

von Schlaganfällen und der gesamten Mortalität um etwa ein Drittel (45-52) und sollten daher bei Patienten mit stabiler Angina pectoris lebenslang eingesetzt werden. Bei medikamentöser Therapie liegt die Überlebensrate nach vier Jahren für Patienten mit 1-, 2- und 3-Gefäßerkrankung bei 92 %, 84% bzw. 68%.

Abbildung 12: Behandlung der KHK



Modifiziert nach Polster et al.: Basislehrbuch Innere Medizin, 3.A. © Elsevier GmbH

Chirurgische Therapie

Durch die koronare Bypassoperation („Coronary Artery Bypass Grafting“, (CABG) und „Aorto Coronarer Venen Bypass“ (ACVB)) können Stenosen der Koronargefäße überbrückt werden (Abbildung 12). Arterien und Beinvenen eignen sich als Bypassgefäße.

Indikationen sind eine 3-Gefäßerkrankung, Hauptstammstenosen der linken Koronararterie und Stenosen, die nicht durch eine PTCA behandelt werden können (53). In erster Linie werden arterielle Bypässe verwendet, da durch die unterschiedliche Wandbeschaffenheit von Arterien und Venen ein arterieller Bypass eine längere Lebensdauer aufweist.

Die perioperative Letalität liegt bei günstigen Operationsbedingungen bei etwa 2% (53).

Interventionelle Therapie

Findet sich bei der Koronarangiographie eine signifikante Stenose oder ein Verschluss, kann in gleicher Sitzung eine PCI (Perkutane Transluminale Coronare Angioplastie, früher PTCA) durchgeführt werden (Abbildung 13). Bei einer PCI wird durch einen Ballonkatheter eine Stenose wieder eröffnet und in der Regel ein Stent (Abbildung 14) eingelegt (54). Hierbei wird ein extrem dünner PCI-Führungsdraht durch die Stenose in den distalen Bereich des Zielgefäßes eingeführt. Der Führungsdraht dient als Führungsleitung für den Ballonkatheter bzw. für das Stentkathetersystem. Die Stenose wird durch Ballondilatation erweitert und komprimiert, der normale Blutfluss wieder hergestellt. Anschließend kann ein Stent implantiert werden.

Dank der verbesserten Eigenschaften der Stentkathetersysteme werden Stents in den letzten zehn Jahren häufiger ohne Vordilatation eingesetzt. Neuerdings kommen auch medikamentenfreisetzende sowie beschichtete Stents zum Einsatz (Drug eluting Stents, DES), welche eine Wiederverengung verhindern sollen (55, 56). Diese bestehen meist aus einem Metall-Stent, der mit einem proliferationshemmenden Medikament beschichtet ist, welches oft in einer Trägerschicht aus einem Polymer gehalten wird. Als Medikamente werden Sirolimus, Paclitaxel, Zotarolimus und Everolimus eingesetzt. Es wurden aber speziell bei den DES der ersten Generation Fälle von später Stentthrombose beobachtet (SST). So wird der Einsatz von DES inzwischen nicht mehr uneingeschränkt empfohlen (96).

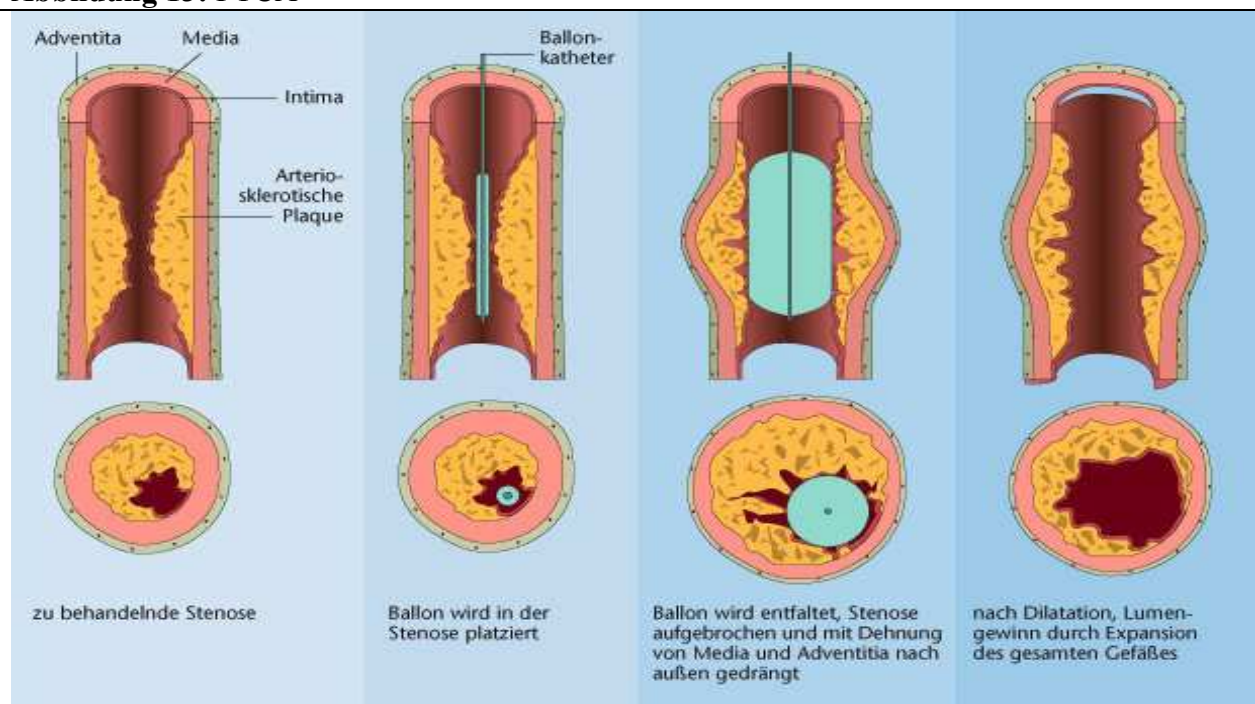
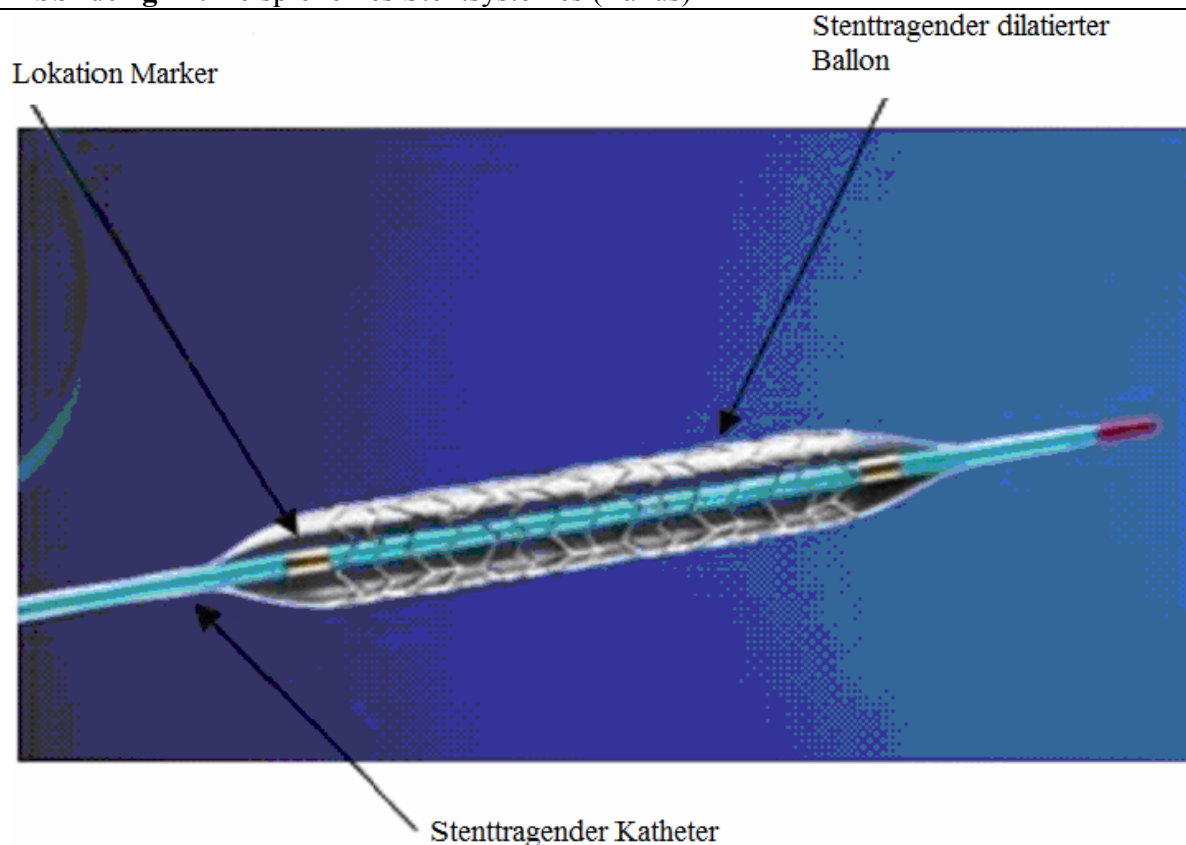
Abbildung 13: PTCA

Abbildung 14: Beispiel eines Stentsystemes (Taxus)

Modifiziert nach U.S. Food and Drug Administration

1.6 Entwicklung der Herzkatheterisierung

Die Geschichte der invasiven Kardiologie begann 1711, als Stephen Hales den linken und rechten Ventrikel eines lebenden Pferdes katheterisierte (57).

Die erste Herzkatheterisation am Menschen wurde 1929 durchgeführt, als der deutsche Arzt Dr. Werner Forssmann eine Plastikröhre durch seine linke Vena cubitalis in den rechten Vorhof führte. Hiervon machte er ein Röntgenbild und veröffentlichte seine Arbeit am 5. November 1929 mit dem Titel: „Über die Sondierung des Herzens“ (58).

In den nächsten Jahren folgte die Druckmessung und die Messung des kardialen Ausflusses aus dem rechten Ventrikel (59).

Die Katheterisierung des linken Herzens begann in den späten 50er Jahren. Der erste Artikel über die Angiographie der Koronararterien wurde 1960 von Sones und Shirey veröffentlicht. Sones, ein Kinderkardiologe in Cleveland, injizierte aus Versehen Radiokontrastmittel in die rechte Koronararterie anstatt in den linken Ventrikel (60). Danach entwickelten Sones und Shirey das Verfahren weiter und gelten so als die Pioniere der Koronararteriendarstellung. 1966 veröffentlichten sie eine Untersuchung an 1000 Patienten (61).

In den 70er Jahren wurde auch die interventionelle Behandlung von Arterienstenosen eingeführt. Sie wurde von Charles Dotter zusammen mit Dr. Melvin P. Judkins 1964 zuerst beschrieben. Sie weiteten die arteriosklerotisch verengte linke oberflächliche Femoralarterie eines Patienten durch einen Ballon (62).

Die erste Ballondilatation an einer Koronararterie (PCI) wurde dann 1977 in Zürich von Andreas R. Gruentzing durchgeführt (63).

1986 wurden auch erstmals intrakoronare Stents eingesetzt. Mit der Stentimplantation konnten die Komplikationen der Ballondilatation, vor allem die Dissektion, beherrscht werden und die Akutergebnisse sowie die Langzeitverläufe der behandelten Gefäße verbesserten sich erheblich (73, 74).

Heutzutage werden jährlich ca. 600.000 PCIs in Deutschland durchgeführt und bei 50-90% kommt es zu einer Stenteinlage. Mit Entwicklung der medikamentenfreisetzen Stents (Drug Eluting Stents) wurde versucht, die Rate von Re-Stenosen im Vergleich zu Bare-Metal-Stents (BMS) zu senken (55, 56). Die beiden am häufigsten eingesetzten Medikamente sind Sirolimus und Paclitaxel. In einigen Studien konnte ein Vorteil von Sirolimus gegenüber Paclitaxel im Hinblick auf die Re-Stenoserate nachgewiesen werden (94, 95). Allerdings führte das Auftreten später Stentthrombosen und die Notwendigkeit langfristiger Thrombozytenfunktionshemmung dazu, dass DES inzwischen nur noch unter bestimmten Bedingungen wie z.B. einer hohen Re-Stenosewahrscheinlichkeit (Diabetes mellitus) oder bei einem hohen Risiko alternativer Therapieverfahren empfohlen werden (96). Für DES der zweiten Generation liegen noch keine Langzeiterfahrungen vor, allerdings weisen erste Untersuchungen auf ein geringeres spätes Stentthromboserisiko hin (96).

1.7 Risikovergleich PCI versus Bypass-Operation

Komplikationen der Bypass-Operation

Die 1-Jahresüberlebensrate ist bei der PCI/ Stenting länger als bei der offenen Bypass Operation (CABG), allerdings kommt es bei dem PCI/ Stenting häufiger zu einer erneuten Gefäßstenose als bei der CABG (64).

Die Operationsletalität der koronaren Bypassoperation liegt bei 1-4%, also deutlich über dem Risiko der PCI (6, 9). Die Patienten können das Krankenhaus nach operativem Eingriff meist erst nach einer Woche verlassen, um anschließend in eine mehrwöchige Anschlussheilbehandlung zu gehen. Es kommt zu einem Sternotomietrauma mit

postoperativen Schmerzen. Die Herz-Lungen-Maschine kann zerebrale Ischämien oder ein akutes Durchgangssyndrom zur Folge haben. Bei einer MIDCAB-Operation (Minimal Invasive Direkt Coronary Artery Bypass), bei der über eine Minithorakotomie meist nur ein Gefäß erreichbar und versorgt wird (LIMA-Bypass), kann der Patient allerdings schon nach drei bis fünf Tagen entlassen werden.

Komplikationen der Koronarangiographie

Es wird bei der Koronarangiographie zwischen leichten und schweren Komplikationen unterschieden (Tabelle 13):

Tabelle 13: Komplikationen der Koronarangiographie

Leichte Komplikationen	(%)	Schwere Komplikationen	(%)
Übelkeit und Erbrechen	5	Lokale Gefäßkomplikationen	0.5-1.5
Vasovagale Reaktionen	3	Lebensbedrohliche Rhythmusstörungen	0.5
Kontrastmittelunverträglichkeit	0.1	Tod	0.1
		Zerebrovaskuläre Ereignisse	0.07
		Myokardinfarkt	0.07

Bei der Koronarangiographie und der PCI/ Stenting gibt es Unterschiede in den Risiken der verschiedenen Zugangswege (Art. femoralis vs. Art. radialis). Der Zugang über die Art. radialis führt durch den oberflächlicheren Gefäßverlauf und ohne wichtige Nerven oder Venen in der Nachbarschaft zu einer geringeren Anzahl von Komplikationen: So kommen z.B. Nachblutungen, Pseudoaneurysmen oder arterio-venöse Fisteln nach dem radialen Zugang praktisch nicht vor (65-67). Die Wahrscheinlichkeit für diese Komplikationen liegt bei dem Zugang über die Art. femoralis immerhin bei 2-8% (68, 69). Weiterhin kann der Patient nach dem radialen Zugang schneller entlassen und ambulant weiterbehandelt werden (70), wodurch sich die Gesamtkosten des Eingriffes reduzieren lassen (71, 72).

Die Art. radialis hat aber mit einem durchschnittlichen Durchmesser von weniger als 3 mm einen deutlich kleineren Durchmesser als die Art. femoralis. Somit werden Katheter mit einem geringeren Durchmesser benutzt. Meist haben die Radialis-Katheter zur Koronarangiographie eine Größe von 4 French und zur PCI 5 bis 6 French (1 Fr = 0.33 mm). Allerdings wurden vereinzelt auch schon Katheter mit einem Durchmesser von 7 oder 8 French eingesetzt (73).

Bei einem radialen Zugang kommt es häufiger zu Gefäßspasmen und Gefäßverschlüssen. Deshalb muss vor dem Eingriff die Blutversorgung der Hand überprüft werden. Mit dem obligatorischen Allen-Test (Normalisierung der Handfärbung innerhalb von zehn Sekunden nach Beendigung der Kompression der Art. ulnaris bei fortgesetzter Kompression der Art. radialis) wird die Durchblutung über die Art. ulnaris getestet. Bei 10-27% (74, 75) der Patienten fällt er negativ aus und der radiale Zugang ist damit kontraindiziert, da bei einem Verschluss der Art. radialis die Durchblutung der Hand akut gefährdet wäre.

Der Eingriff über die Art. radialis nimmt mehr Zeit in Anspruch, führt zu einer längeren Bestrahlungszeit, einer erhöhten Kontrastmittelmenge und einem höheren Flächendosisprodukt (76). Weiterhin ist über den radialen Zugangsweg eine Wiederholung des Eingriffes deutlich schwieriger.

Durch die (diagnostische) Strahlenbelastung kann es zu Nebenwirkungen kommen.

So werden Strahlenschäden durch ionisierende Strahlen verursacht. Die diagnostische Röntgenbestrahlung ist in Australien für 431 Krebsneuerkrankungen pro Jahr (1,3% des gesamten Krebsaufkommens) verantwortlich. Die Angaben variieren von 0,6% im Vereinigten Königreich und Polen bis zu 3,2% in Japan (77).

Die Strahlenbelastung einer konventionellen Koronarangiographie liegt bei 3–10 mSv. Die natürliche Exposition (USA) bei 3,6 mSv/Jahr (12).

Die „International Commission of Radiological Protection“ geht von einem Risiko für das Auftreten eines letalen Tumors pro 1700 bis 2500 Untersuchungen (bei 15 mSv Strahlenbelastung) aus (78). Neuere Studien gehen sogar von einem um den Faktor 2–3 erhöhten Risiko pro mSv aus (78).

1.8 Fragestellungen und Zielsetzung der Untersuchung

Die bisherigen Studien, die den Zugang bei der Koronarangiographie mit oder ohne PCI/Koronarstenting untersuchten, sind in den USA (72, 79), Deutschland (92), Holland (68), Frankreich (80), England (81), Spanien (82), Russland (83), Italien (84) oder der Türkei (85) durchgeführt worden. Eine Metaanalyse wurde in Kanada durchgeführt (86). Viele dieser Untersuchungen lieferten keine signifikanten Ergebnisse und unterschieden sich in ihren Aussagen. Weiterhin sind die Ergebnisse z.B. bei den Kosten nicht direkt auf Deutschland übertragbar, vor allem da in Deutschland seit 2003 mit dem DRG-Abrechnungssystem gearbeitet wird. Der Zugang über die Art. radialis führte in den meisten Studien zu weniger Komplikationen und geringeren Kosten. Weiterhin war die Liegezeit nach Eingriffen über die

Art. radialis kürzer (73, 74). Allerdings war die Bestrahlungszeit und die Strahlendosis bei einem Zugang über die Art. radialis in vielen Untersuchungen erhöht. Der Zugang über die Art. radialis wird zwar in einigen Zentren vor allem im ambulanten Bereich durchgeführt, hat sich aber im Vergleich zum femoralen Zugang nicht so weit durchgesetzt wie angesichts der bisherigen Untersuchungen zu erwarten.

Die aktuellste Studie von 2011 zeigt eine geringere Anzahl von gefäßbezogenen Zugangskomplikationen bei Zugang über die Art. radialis (74a). Weiterhin zeigt eine aktuelle Metaanalyse von 2011 eine Tendenz zu einer geringeren Anzahl von eingriffsbedingten Schlaganfällen, Herzinfarkten und Todesfällen (74b).

Das Ziel dieser Untersuchung war es, die Vor- und Nachteile der beiden Zugangswege bei der Koronarangiographie und PCI anhand des Krankengutes eines mittelgroßen Herzkatheterlabors in Schleswig-Holstein mit 1200 Koronarangiographien und 500 PCI jährlich dahingehend zu evaluieren, ob eine differenzierte Auswahl des Zugangsweges getroffen werden kann. Dabei wurden die Untersuchungszeiten, die Liegezeiten nach erfolgtem Eingriff, die Strahlenbelastung, der Kontrastmittelverbrauch und die Kosten in der DRG-Kalkulation bei der Koronarangiographie mit und ohne Stentimplantation bei einem Zugang über die Art. radialis im Vergleich zu einem Zugang über die Art. femoralis verglichen.

Als Teilaspekt der Studie wurde die Verwendung von Standardkathetern (Judkins) mit der Verwendung von Amplatz AR1 Kathetern, bei Zugang über die Art. femoralis, zur Sondierung der rechten Koronararterie verglichen. Dabei sollte ebenfalls untersucht werden, inwieweit sich die Untersuchungszeiten, die Strahlenbelastungen, die Durchleuchtungszeiten, die Liegezeiten und die Kosten bei Verwendung dieser beiden Katheter unterscheiden, um so ggf. eine Auswahl des Katheters zu erleichtern.

Material und Methoden

2.1 Patientenkollektiv

Es wurden insgesamt 1068 Patienten retrospektiv in die Untersuchung eingeschlossen. Die Daten wurden im Herzkatheterlabor des Diakonissenkrankenhauses Flensburg erhoben.

Entscheidungskriterien für einen Zugang über die Art. radialis waren eine vorhergehende tiefe Beinvenenthrombose, Pseudoaneurysmen der Art. femoralis, eine Präferenz des Patienten oder des Untersuchers für den radialen Zugangsweg und Probleme beim Punktieren der Art. femoralis z.B. aufgrund von pAVK, Kinking oder Adipositas.

Entscheidungskriterien gegen einen radialen Zugang war ein pathologischer Allen-Test, eine fehlende oder zu kleine Arterie.

Einschlusskriterien waren eine erfolgreiche Koronarangiographie über die Art. radialis oder Art. femoralis oder eine PCI mit Stenting ebenfalls über die Art. radialis oder Art. femoralis. Weiterhin wurden nur Patienten, die von einem erfahrenen Untersucher katheterisiert wurden, in die Untersuchung eingeschlossen.

Insgesamt wurden die Daten von vier unterschiedlichen Untersuchern benützt, wobei die Untersucher zu Beginn der Datenerhebung seit fünf, fünf, zehn und 29 Jahren Erfahrung mit der Koronarangiographie hatten. Jeder Untersucher hatte mindestens 1200 Koronarangiographien durchgeführt und kommt jährlich auf mindestens 240 Koronarangiographien. Bei der PCI kommt jeder Untersucher auf mindestens 100 Eingriffe jährlich. Es wurden nur Daten von Untersuchern verwendet, die mindestens eine Erfahrung von 500 PCI zu Beginn der Datenerhebung vorweisen konnten. Bei Präferenz des Patienten für den radialen Zugang wurde der elektive Eingriff von einem der zwei Untersucher mit zehn bzw. 29 Jahren Erfahrung in der interventionellen Therapie durchgeführt.

Ausschlusskriterien der Untersuchung waren inkomplette Datensätze oder ein vorzeitiger Abbruch des Eingriffs. Wechsel der Zugangswege wurden in die Gruppe eingeordnet, unter der der Eingriff erfolgreich abgeschlossen wurde (Tabelle 18).

Sofern möglich wurde jeweils die doppelte Anzahl an Art. femoralis Zugängen dem Zugang über die Art. radialis gegenübergestellt. Dabei wurde chronologisch konsekutiv vorgegangen.

Als Gruppenkürzel wurde KR für die Koronarangiographie über die Art. radialis und KF für die Koronarangiographie über die Art. femoralis verwendet. Das Gruppenkürzel SF wurde für das Stenting über die Art. femoralis und SR für das Koronarstenting über die Art. Radialis

verwendet. Für einen elektiven Eingriff wurde (el) und für einen Notfalleingriff (no) als Kürzel verwendet (Tabelle 17).

2.2 Ablauf der Datenerhebung

Die Patientendaten wurden in eine Microsoft-Excel-Datenbank eingegeben und anonymisiert gespeichert. Es wurden dabei folgende Parameter berücksichtigt:

Tabelle 18: Parameter der Datenerhebung

Persönliche Daten	Labordaten	Verwaltungsdaten
Name (anonymisiert)	Kontrastmittelmenge (in ml)	Datum der Aufnahme
Gewicht (in kg)	Strahlendosis (in Gray*cm ²)	Datum des Eingriffs
Größe (in cm)	Film Nr.	Datum der Entlassung
Geburtsdatum	Durchleuchtungszeit (in min.)	DRG NR (ab 2004)
Geschlecht (M/ F)	Dauer des Eingriffs (in min.)	Betrag DRG (ab 2004)
BSA (in m ²)	Stenttyp und Anzahl	Gesamtbetrag (ab 2004)
CCS-Stadium (0-4)	Kathetertyp und Anzahl	
Nikotinabusus (Ja/ Nein)	Art des Eingriffs	
Diabetes Mellitus (Ja/ Nein)	Hyperlipidämie (Ja/ Nein)	
Vorheriges Stenting (Ja/ Nein)	Gefäßerkrankung (0-3)	
Niereninsuffizienz (Ja/ Nein)	EF (in %)	
Bypass-OP (Ja/ Nein)	Myokardinfarkt (Ja/ Nein)	

- BSA (Body Surface Area): Die Körperoberfläche wurde mit Hilfe der Mosteller –

Formel:
$$S = \sqrt{\frac{L \times M}{3600}}$$
 (S) Körperoberfläche in m², (L) Körpergröße in cm und (M) Körpermasse in kg berechnet.

- Strahlendosis (Gray*cm²): Gray ist ein Wert für die durch Radioaktivität oder andere ionisierende Strahlen verursachte Energiedosis und beschreibt die pro Masse absorbierte Energie (1Gy = 1J/Kg).
- NYHA (New York Heart Association): Die NYHA-Klassifikation als Standardschema zur Einteilung von Herzkrankheiten (NYHA I-IV).
- Ejektionsfraktion: Sie stellt die Menge an Blut dar, die bei jedem Herzschlag (Systole) aus einem Ventrikel in den Kreislauf gepumpt wird. Die linksventrikuläre Ejektionsfraktion (EF) wird durch folgende Formel berechnet:

$$E_f = \frac{SV}{EDV} = \frac{EDV - ESV}{EDV}$$

(SV) Schlagvolumen, (ESV) End-Systolisches Volumen, (EDV) End-Diastolisches Volumen.

- Flächendosisprodukt: Ein Produkt mit der Körperoberfläche (Gray x cm²)

Die Daten wurden als Mittelwert (MW) ± Standardabweichung (Staa) angegeben.

2.3 Statistische Datenanalyse

Die Überprüfung von Unterschiedshypothesen erfolgte mit Hilfe des („Student“) T-Tests für unabhängige Stichproben. Für die statistische Analyse wurde Microsoft Excel benutzt.

Vorher wurde eine Nicht-Normalverteilung der Variablen für kleinere Fallzahlen (bis 100) mit dem Komolgorov-Smirnov-goodness-of-fit Test und für größere Fallzahlen (ab 100) mit dem CHI^2 -goodnes-of-fit Test ausgeschlossen (siehe Anhang).

Der Vergleich zwischen Art. radialis vs. Art. femoralis wurde einseitig getestet, da vorhergehende Untersuchungen bereits eine Tendenz der Ergebnisse erkennen ließen. Die Irrtumswahrscheinlichkeit wurde auf der 5 % Perzentile ($\alpha = 0,5 \%$) festgelegt. Die Auswahl des statistischen Verfahrens und die statistische Analyse wurden durch das Epidemiologische Institut der Universitätsklinik in Aarhus, Dänemark kontrolliert.

2.4 Kostenberechnung

Bei der Berechnung der Kosten für den Eingriff wurden als Personal zwei Ärzte und zwei Funktionskräfte pro Eingriff vorausgesetzt. Bei dem Material des Eingriffs wurden der durchschnittliche Materialverbrauch des jeweiligen Eingriffs (Katheter, Kontrastmittel, Kanülen, Spritzen usw.) berechnet (Kostentabelle siehe Anhang).

Um die Kosten der Liegezeit nach erfolgtem Eingriff zu berechnen wurden die Energiekosten, die Lebensmittelkosten, die Kosten der Lieferapotheke, die Kosten der ILV, Personalkosten, weitere Sachkosten, die Kosten der Fremdreinigung und der Wäschereinigung berechnet.

2.5 Judkins vs. Amplatz AR1 Katheter

Beim Vergleich der unterschiedlichen Kathetersysteme (Judkins JR vs. Amplatz AR1) flossen lediglich Daten aus dem femoralen Zugang in die Untersuchung ein.

Es wurden die Daten aus der Hauptuntersuchung verwendet und nach dem jeweiligen Kathetertyp in verschiedene Gruppen eingeteilt. Die Gruppeneinteilung der Patienten fand nach dem jeweiligen Anfangskatheter statt. Insgesamt flossen die Daten von 472 koronarangiographierten (Judkinskatheter $N = 391$ vs. Amplatz AR1 $N = 81$) und 234 gestenteten (Judkinskatheter $N = 202$ vs. Amplatz AR1 $N = 32$) Patienten in die Studie ein.

3. Ergebnisse

3.1 Patientencharakteristika

Bei den Patientenkollektiven handelte es sich um:

A: Koronarangiographie über die Art. femoralis mit 473 Patienten, davon 187 Frauen und 286 Männer. Die Frauen waren dabei im Durchschnitt 65,1 Jahre (35,5-84,8) und die Männer 65,6 Jahre (36,1-85,8) alt.

B: Koronarangiographie über die Art. radialis mit 275 Patienten (58 Frauen und 217 Männer). Das Durchschnittsalter der Frauen lag bei 62,8 Jahren (31,1-82,5) und der Männer bei 63,6 Jahren (37,5-81,4).

C: Stenting über die Art. femoralis mit 235 Patienten (69 Frauen (Durchschnitt 62,6 Jahre, von 36,4-78,5 Jahren) und 166 Männer (Durchschnitt 62,9 Jahre, von 38,0-84,3 Jahren)).

D: Stenting über die Art. radialis mit 85 Patienten erhielten nur 3 Frauen (60,2, 65,1 und 69,1 Jahre) und 82 Männer (Durchschnitt 63,9 Jahre, von 34,5-83,3 Jahren).

Eine nähere Charakterisierung geben Tabellen 14 bis 17.

Bei allen vier Gruppen wurden die Größe, das Gewicht, der Body-Mass-Index und die Body-Surface-Area (BSA) erfasst (Tabelle 14, 16). Eine PCI oder Bypass-Operationen in der Vorgeschichte wurden dokumentiert (Tabelle 14). Es wurde eine weitere Unterteilung des Patientenkollektives nach elektivem oder Notfalleingriff durchgeführt (Tabelle 17).

Tabelle 14: Patientencharakteristika bei 748 angiographierten Patienten (Durchschnitt)

Parameter	Männer	Frauen
N	503	245
Alter (Jahre)	64	65
Größe (cm)	173	172
Gewicht (Kg)	84	83
BMI (Kg/m ²)	28	28
BSA (m ²)	1,97	1,96
EF (%)	66	68

Tabelle 15: Patientencharakteristika bei 320 gestenteten Patienten (Durchschnitt)

Parameter	Männer	Frauen
N	248	72
Alter (Jahre)	63	62
Größe (cm)	173	172
Gewicht (Kg)	85	80
BMI (Kg/m ²)	28	27
BSA (m ²)	1,99	1,92
EF (%)	69	68

Die Patientencharakteristika der 245 Frauen und 503 Männern, die eine Angiographie bekamen, waren vergleichbar, daher wurde nicht zwischen Frauen und Männern unterschieden.

Das Durchschnittsalter der Männer betrug 64,0 Jahre und der Frauen 64,7 Jahre. Das Gewicht der Männer lag mit 84,1 kg gegenüber den Frauen mit 82,8 Kg zwar höher, allerdings waren sie mit 173,3 cm auch größer als die Frauen mit 171,8 cm.

Der in diesem Fall aussagekräftigere BMI lag bei 28,1 bei den männlichen und bei 28,0 bei den weiblichen Probanden. Die BSA oder Body Surface Area lag mit 1,97 für die männlichen und 1,96 für die weiblichen Probanden ebenfalls im gleichen Bereich. Weiterhin lag die linksventrikuläre Ejektionsfraktion bei 66% für Männer und bei 68% für Frauen.

Die 320 Patienten, die gestentet wurden, glichen sich ebenfalls: So lag das Durchschnittsalter hier bei 63,2 Jahren für Männer und bei 62,8 Jahren für die Frauen. Die durchschnittliche Größe lag bei 173,5 cm für die männlichen Probanden und bei 172,5 cm für die weiblichen Probanden. Der durchschnittliche BMI für Männer lag bei 28,0 und für Frauen bei 27,1, die BSA bei 1,99 für Männer und bei 1,92 für Frauen, und die EF lag bei 69% für Männer und bei 68% für Frauen.

Tabelle 16: Vorhergehende kardiovaskuläre Eingriffe

Eingriff	Koronarangiographie	Koronarstenting
Vorheriges Stenting	101	40
Vorherige Bypass-OP	46	21
Vorheriges Koronarstenting und Bypass-OP	12	6

Tabelle 17: Anzahl der Patienten (weitere Unterteilung elektiv oder Notfalleingriff)

Eingriff:	SR(el)	SF(el)	SR(no)	SF(no)	KR(el)	KF(el)	KR(no)	KF(no)
Anzahl (N)	68	155	17	79	255	395	20	78
- Männer	65	112	17	53	202	246	15	50
- Frauen	3	43	-	26	53	149	5	28
Alter (Jahre)	64,5	63,3	61,7	61,8	64,9	65,8	63,3	63,5
- Männer	64,4	63,8	61,7	60,9	63,4	65,8	65,1	64,5
- Frauen	64,9	61,9	-	63,7	62,7	65,7	64,1	61,7
Größe (cm)	174,4	171,2	174,5	174,4	175,4	170,5	173,9	171,8
Gefäßkrankung (als Durchschnitt)	1,66	1,60	1,38	1,54	1,16	1,18	2,20	1,72
0-Gefäßkrankung	-	-	-	-	110	164	-	16
1-Gefäßkrankung	32	81	11	44	51	79	4	17
2-Gefäßkrankung	23	51	4	24	45	66	7	16
3-Gefäßkrankung	13	23	2	11	49	86	9	29
CCS (Durchschnitt)	2,8	2,6	3,2	3,6	2,3	2,7	1,3	1,7
EF (%)	68	69	73	65	69	69	65	63
Vorherige PCI/ Stent (%)	19,1	13,6	5,9	6,3	15,7	13,9	5	6,4
Vorherige Bypass OP (%)	10,3	7,1	0	3,8	3,1	9,1	0	2,6
Vorherige OP & Stent (%)	2,9	1,9	0	1,3	2	1,8	0	0

3.2 Mengenverteilung der unterschiedlichen Eingriffe

Bei der Koronarangiographie wurde in 80 % der elektiven Eingriffe über die Art. femoralis KF(el) und in 85 % der Eingriffe über die Art. radialis KR(el) eine Koronarangiographie zusammen mit einer Lävokardiographie durchgeführt. Dann folgte mit jeweils 8 % eine Koronarangiographie mit Lävokardiographie und Aortographie.

Bei der Koronarangiographie als Notfalleingriff war die Koronarangiographie mit Lävokardiographie der häufigste Eingriff (KF(no) 57 % vs. KR(no) 70 %). Die Lävokardiographie mit Koronarangiographie und Bypassangiographie (27 %) war bei Zugang über die Art. femoralis der zweithäufigste Eingriff während es bei Eingriffen über die Art. radialis die einfache Koronarangiographie (25 %) war.

Bei elektivem Koronarstenting war die Koronarangiographie mit einfachem Koronarstenting der häufigste Eingriff (SF(el) 58 % vs. SR(el) 50%). Die Koronarangiographie mit Lävokardiographie und einfachem Stenting lag an zweiter Stelle (SF(el) 27 % vs. SR(el) 34 %). An dritter Stelle folgte die Koronarangiographie mit zweifachem Stenting (SF(el) 5 % vs. SR(el) 9 %).

Die Koronarangiographie mit einfachem Stenting war mit 51 % bei einem Notfallkoronarstenting über die Art. femoralis SF(no) der häufigste Eingriff und mit 31 % die Koronarangiographie mit Lävokardiographie und einfachem Stenting der Zweithäufigste. Bei Zugang über die Art. radialis SR(no) war die Koronarangiographie mit Lävokardiographie und einfachem Stenting mit 53 % der häufigste und die Koronarangiographie mit einfachem Stenting mit 35 % der zweithäufigste Eingriff.

3.3 Mengenverteilung der verschiedenen Stentsysteme

Die Koronarangiographie wurde mit Hilfe eines Digital Cardiac Imaging System (Philips, Hamburg, Deutschland) durchgeführt. Als Katheter wurden zur Diagnostik 4-5 French und für die PCI 6 French Katheter benutzt.

Beim Stenting über die Art. radialis wurden Coroflex Stents der Firma B. Braun (Melsungen, Deutschland) in 29%, Medtronic -Stents (Firma Medtronic, Minneapolis, MN, USA) in 15%, Liberte Stents der Firma Boston Scientific (Natick, Mass, USA) in 13% und in 43% wurden sonstige Stents benutzt.

Beim Stenting über die Art. femoralis wurden Coroflex Stents der Firma B. Braun (Melsungen, Deutschland) in 26%, Medtronic S 670 Stents der Firma Medtronic

(Minneapolis, MN, USA) in 16%, Bx-Sonic Stents der Cordis Corp. Johnson & Johnson (USA) in 7% benutzt und in 51% weitere Stents (Materialauflistung siehe Anhang).

Bei der PTCA wurde über die Art. femoralis in 25% der Seajet Ballon, in 17% der Aliante und in 11% der Worldpass benutzt. Über die Art. radialis wurde der Maxum Ballon in 30%, der Seajet in 27% und der Worldpass in 10% benutzt (Materialauflistung siehe Anhang).

3.4 Vergleich der vorliegenden Gefäßerkrankungen bei den unterschiedlichen Eingriffen

Eingefäßerkrankungen lagen beim Koronarstenting über die Art. radialis in 50% und beim Koronarstenting über die Art. femoralis in 52% vor. (Abbildung 15, 16).

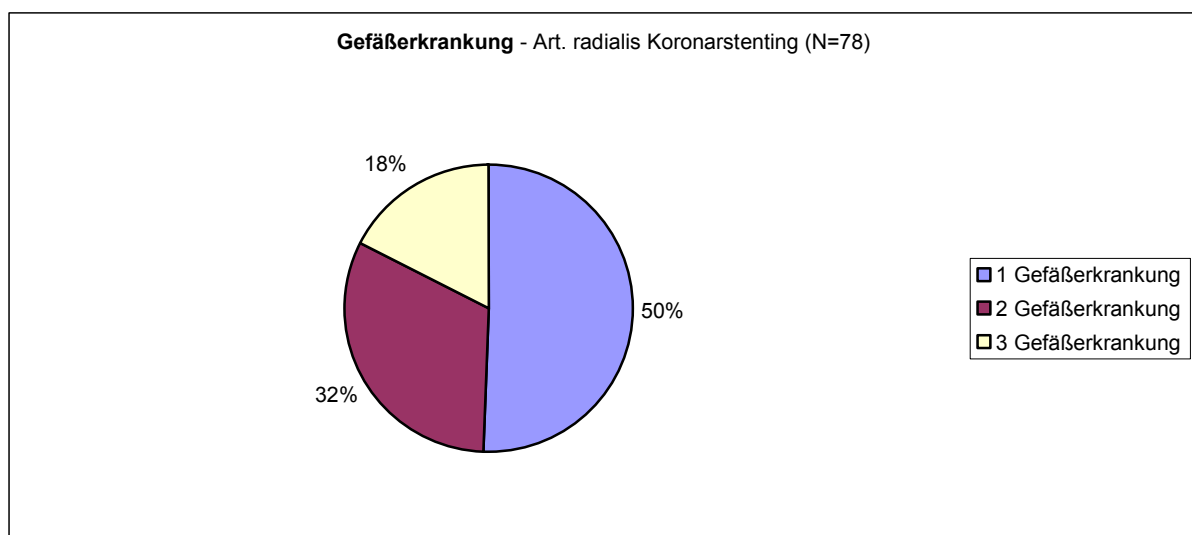


Abbildung 15

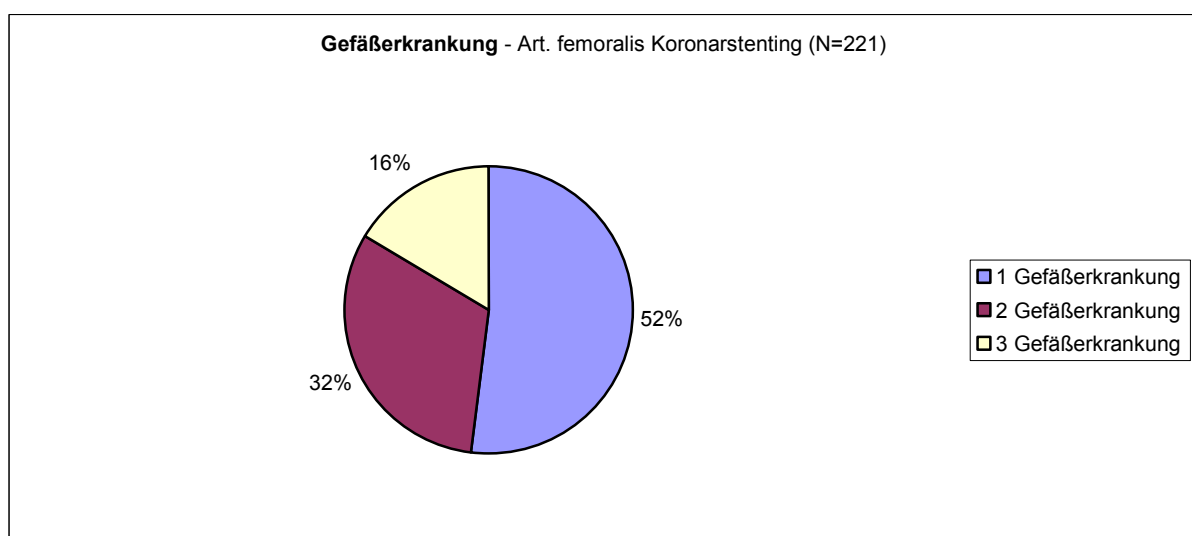


Abbildung 16

Auch bei den Koronarangiographien ist das Verhältnis der 0-, 1-, 2- oder 3-Gefäßkrankungen bei Zugängen über die Art. radialis und die Art. femoralis relativ ausgeglichen. (Abbildung 17, 18)

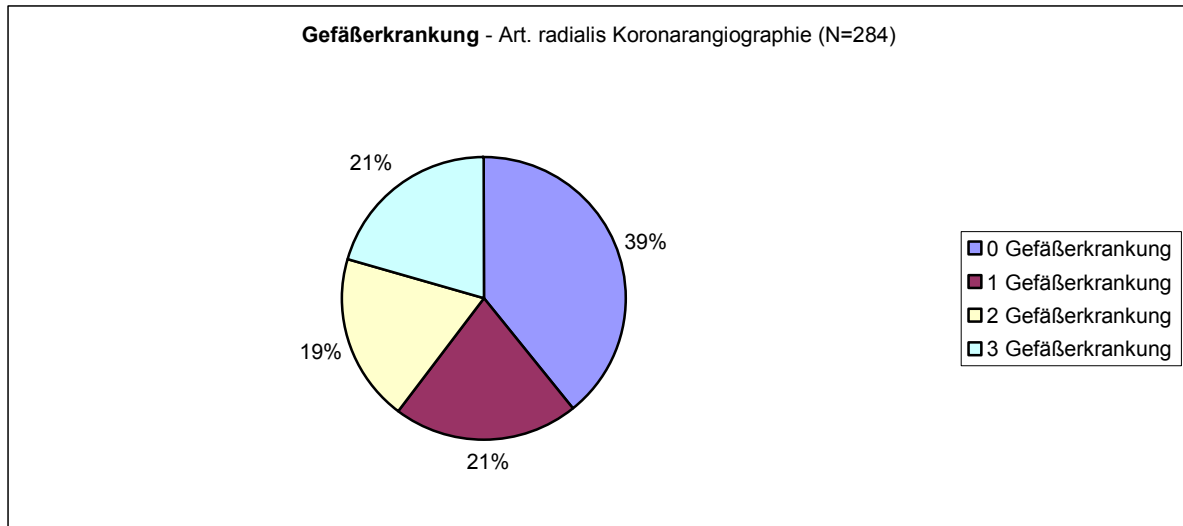


Abbildung 17

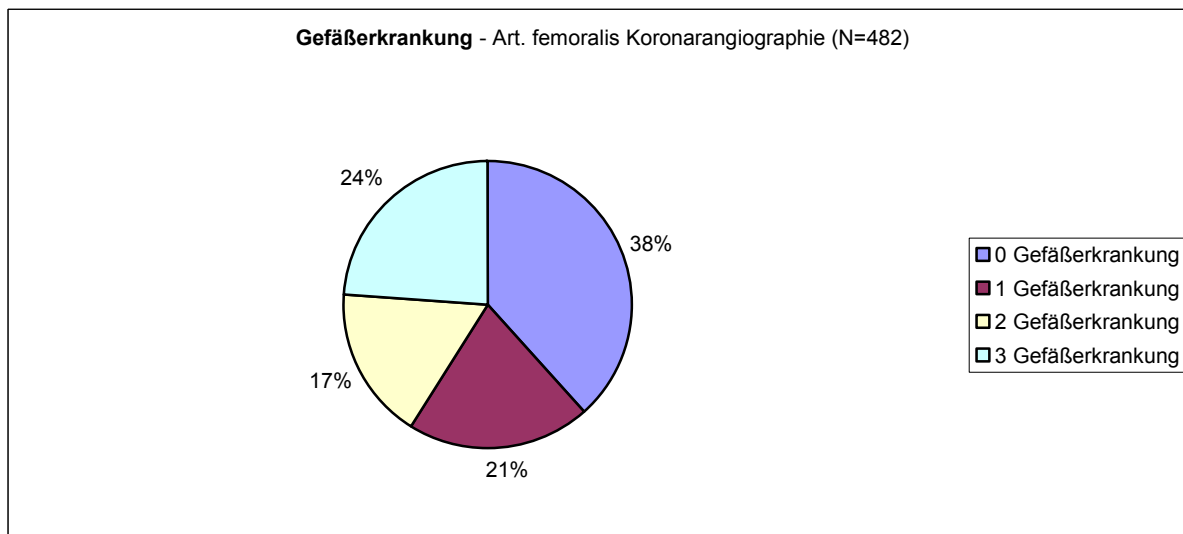


Abbildung 18

3.5 Prozentuale Einteilung der einzelnen Eingriffe

Die verschiedenen Eingriffe (z.B. Stenting oder PCI) wurden weiter eingeteilt. So konnte die Anzahl der eingesetzten Stents oder der PCI's bestimmt werden.

Die prozentualen Anteile der verschiedenen Eingriffe war sehr ähnlich: Die Koronarangiographie mit einfacher Stenteinlage war beim elektiven (58% Art. femoralis vs. 50% Art. radialis) und beim Notfalleingriff über die Art. femoralis (51%) der häufigste Eingriff. Bei Notfalleingriffen über die Art. radialis war das einfache Koronarstenting mit 35% der zweithäufigste Eingriff (Abbildungen 19 - 22).

In den Legenden der Abbildungen bedeutet Stent + 1 dass bei dem Eingriff 1 Stent gesetzt wurde, bei Stent + 2 dass 2 Stents gesetzt wurden usw.

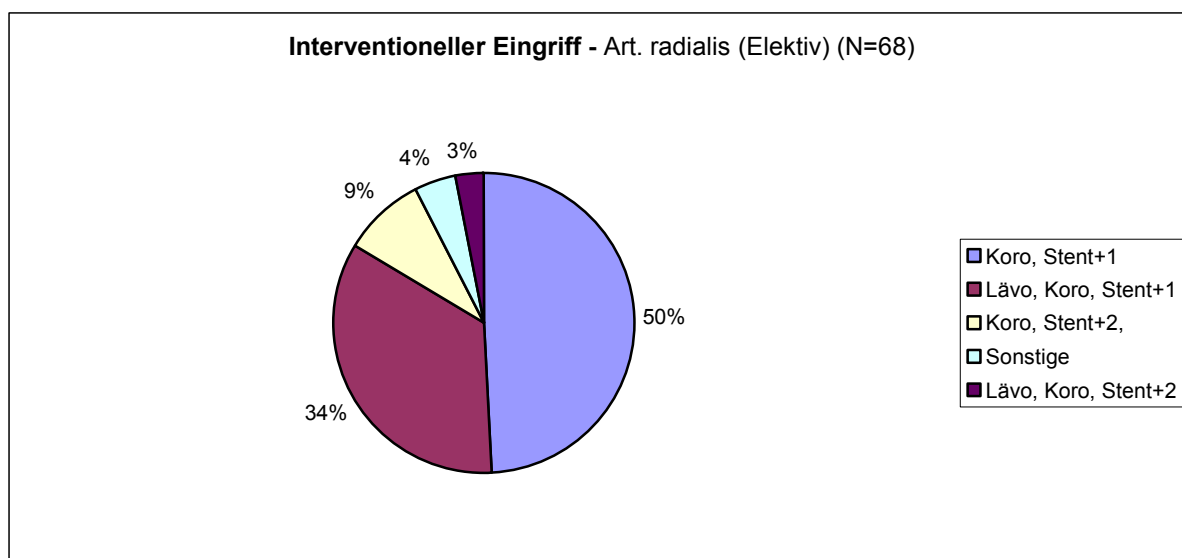


Abbildung 19

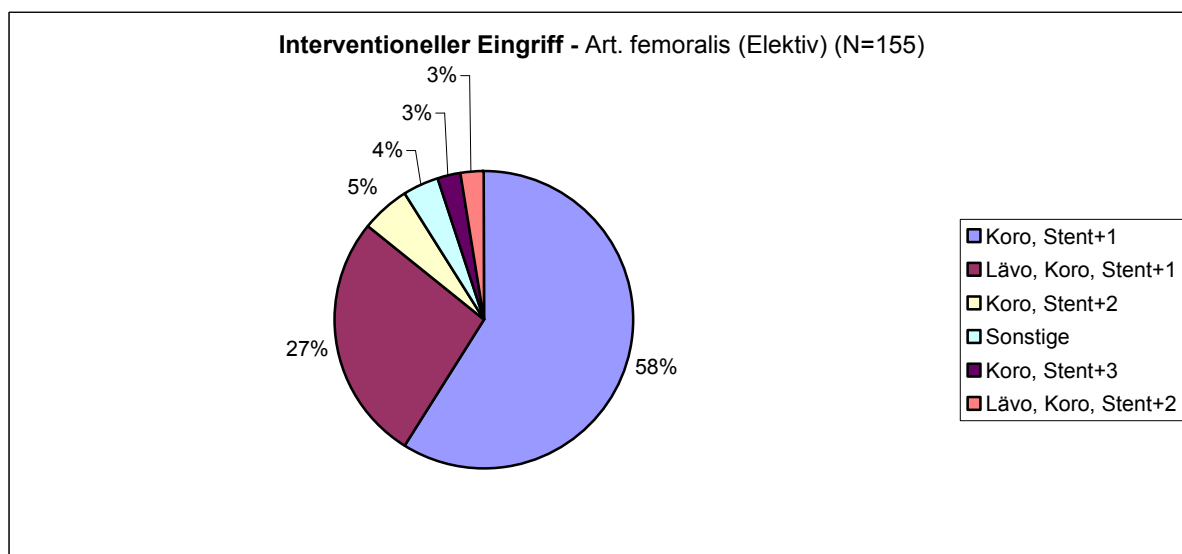


Abbildung 20

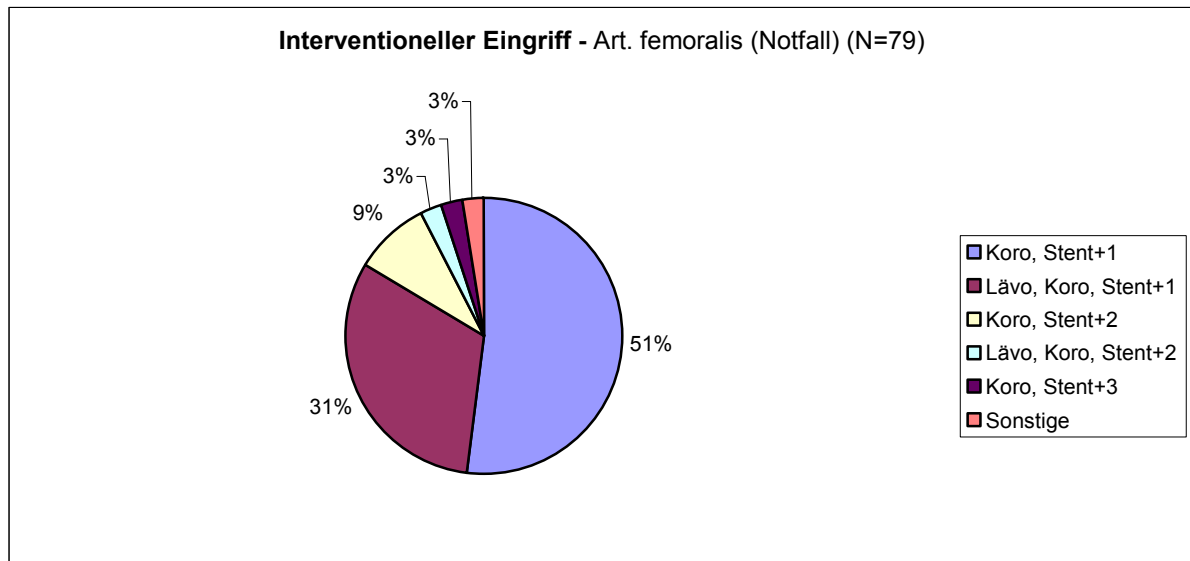


Abbildung 21

Bei Notfalleingriffen über die Art. radialis war die Lävokardiographie mit Koronarangiographie und einfachem Koronarstenting der häufigste Eingriff mit 53 %.

Bei elektiven Eingriffen über die Art. radialis war die Lävokardiographie mit Koronarangiographie und einfachem Koronarstenting mit 34 % der zweithäufigste Eingriff, weiterhin machte sie 27 % der elektiven Eingriffe über die Art. femoralis und 31 % der Notfalleingriffen über die Art. femoralis aus. (Abbildung 22).

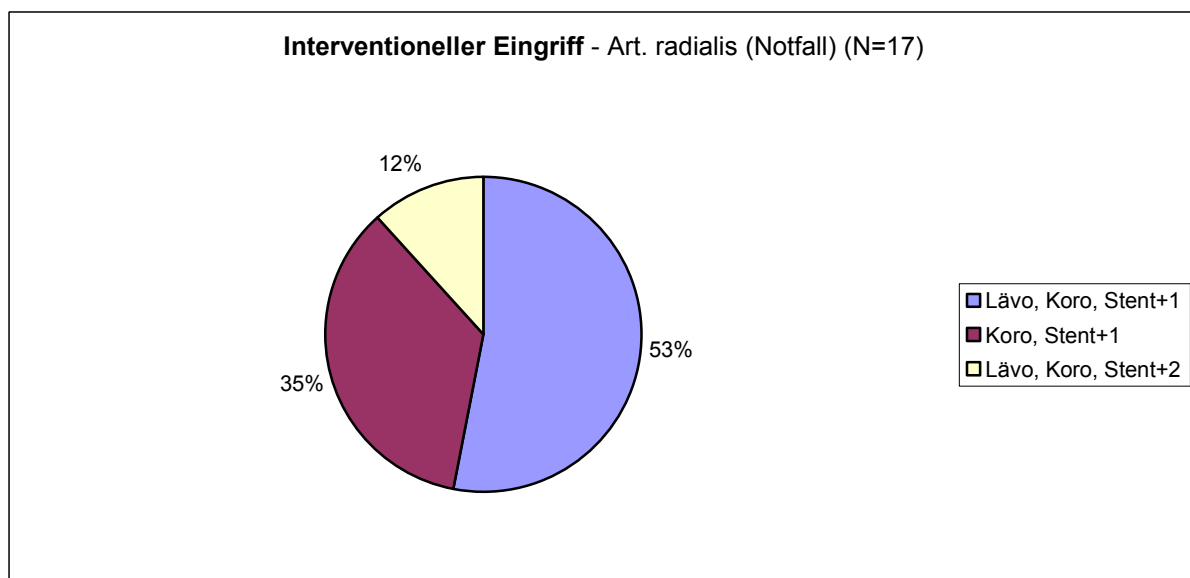


Abbildung 22

Bei der elektiven Koronarangiografie war die Koronarangiographie mit gleichzeitiger Lävokardiographie sowohl bei Zugang über die Art. radialis, als auch bei Zugang über die

Art. femoralis, der mit Abstand häufigste Eingriff. Danach folgte die einfache Koronarangiographie, die Bypassangiographie und die Aortographie (Abbildungen 23, 24).

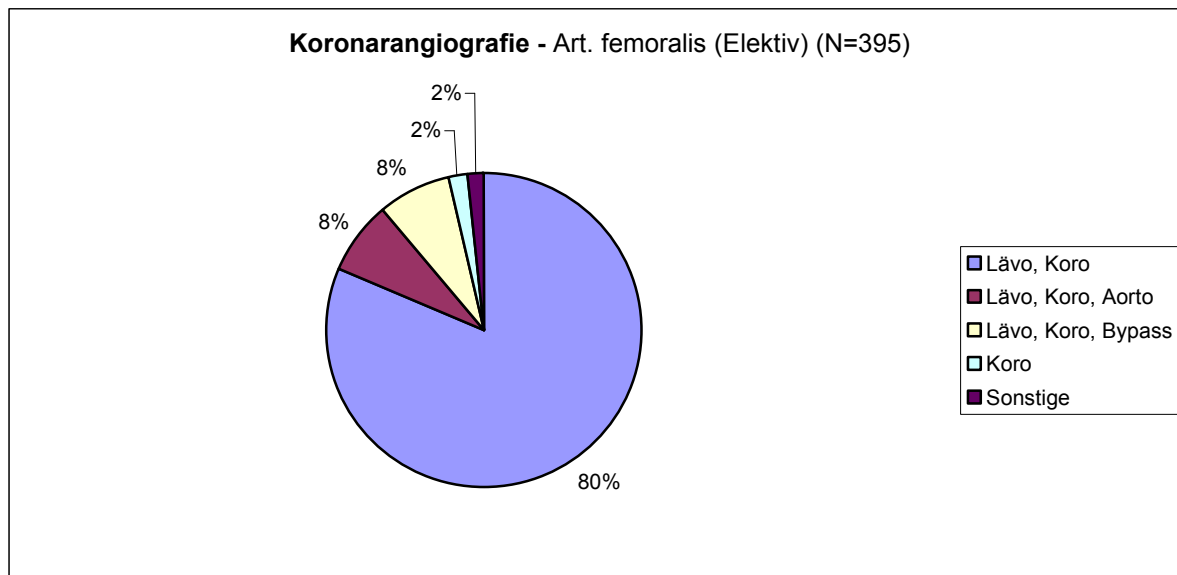


Abbildung 23

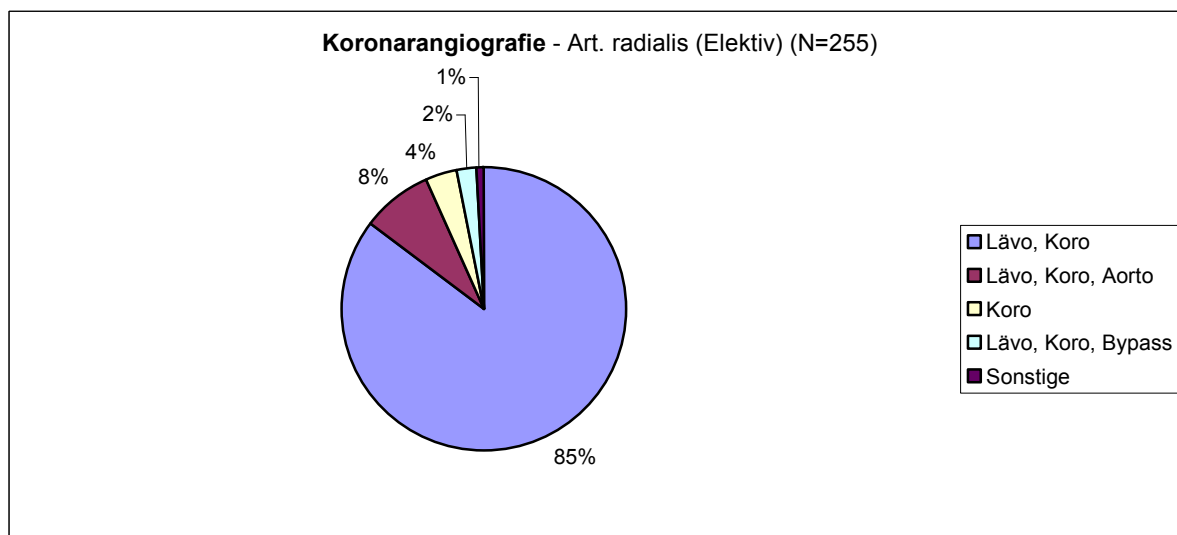


Abbildung 24

Bei den Notfallkoronarangiographien war die Koronarangiographie mit Lävokardiographie sowohl bei Zugang über die Art. radialis, als auch bei Zugang über die Art. femoralis der häufigste Eingriff (Abbildungen 25, 26).

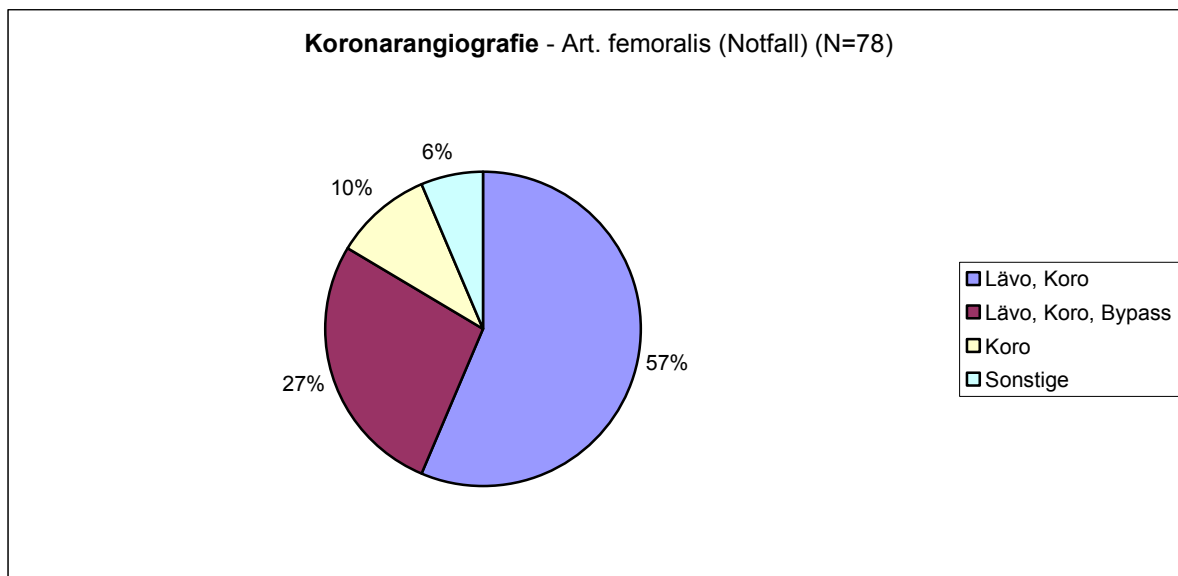


Abbildung 25

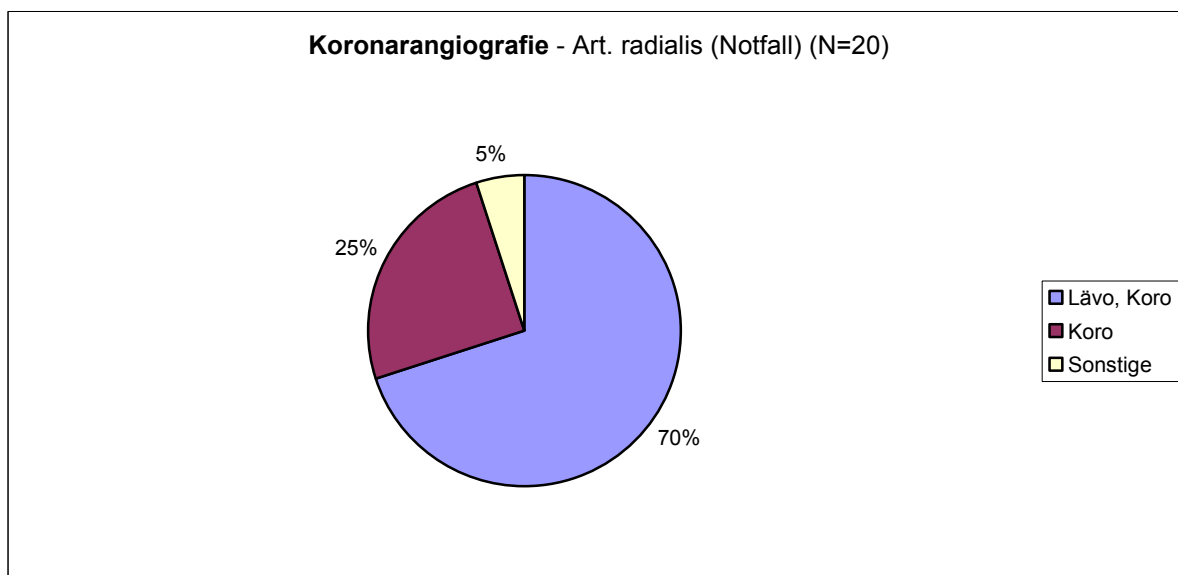


Abbildung 26

Bei dem Zugang über die Art. femoralis war die RCA mit 42% das am häufigsten gestentete Gefäß, dicht gefolgt von dem RIVA mit 37% und der CX mit 15%. Beim Zugang über die Art. radialis war der RIVA mit 36% das am häufigsten gestentete Gefäß, gefolgt von der CX mit 30% und dem RCA mit 26% (Abbildungen 27, 28).

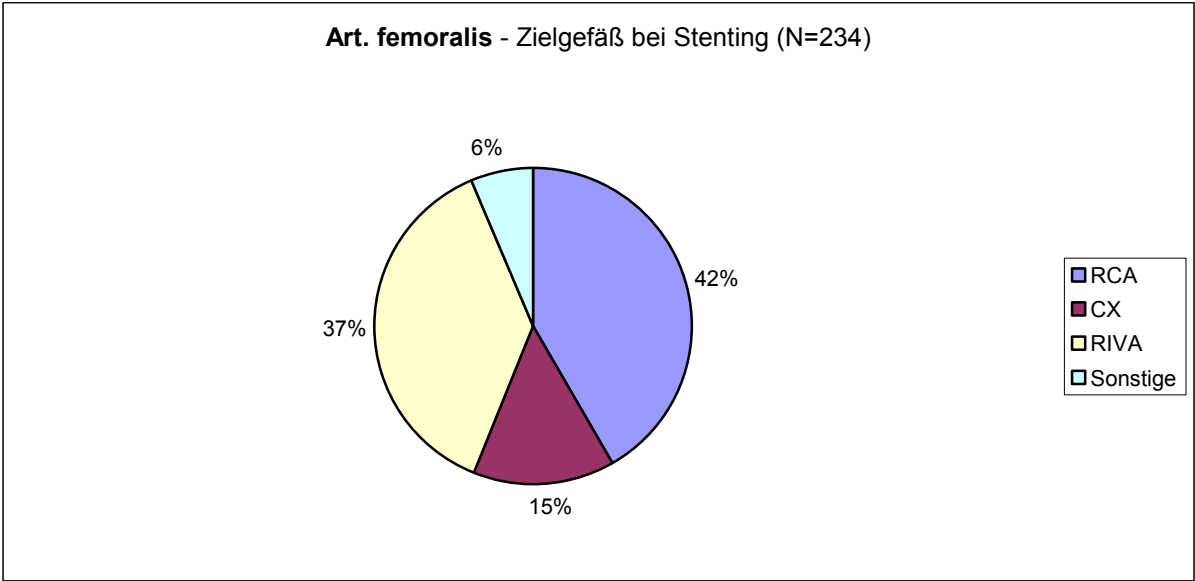


Abbildung 27

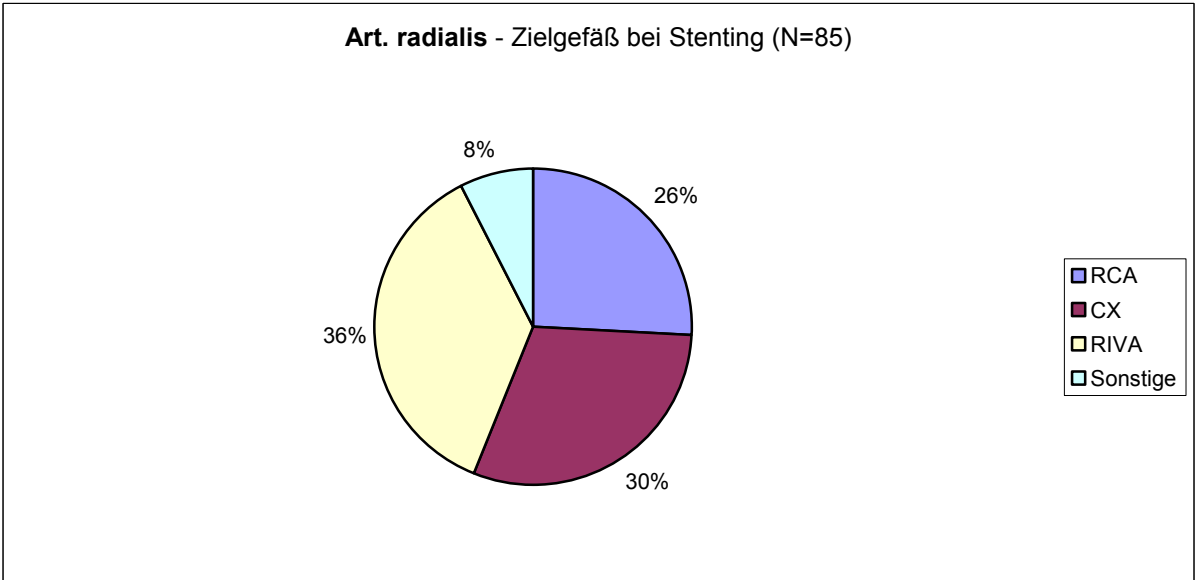


Abbildung 28

3.6 Vergleich der beiden Zugangswege im Hinblick auf die Strahlendosis, die Untersuchungsdauer, die Liegezeit, die Kosten und die Komplikationen

Tabelle 19: Ergebnisse unterteilt nach Art. radialis vs. Art. femoralis

Eingriff	Dauer des Eingriffs (Min)	Strahlendosis (Gray)	Liegezeit nach Eingriff	Katheterverbrauch	Kontrastmittel (ml)	Eingriffskosten (Euro)
KR (N = 273)	35,53	53,44	2,22	2,37	105,67	513,03
KF (N = 472)	32,07	46,86	2,71	3,28	104,63	573,26
Signifikanz	(p < 0,004)	(p < 0,0006)	(p < 0,02)	(p < 0,0000001)	(p < 0,34)	(p < 0,02)
SR (N = 82)	63,74	75,20	2,83	2,66	143,46	1.230,15
SF (N = 234)	59,94	74,07	4,22	2,89	140,92	1.422,88
Signifikanz	(p < 0,16)	(p < 0,44)	(p < 0,000001)	(p < 0,11)	(p < 0,35)	(p < 0,00001)

Die durchschnittliche Eingriffsdauer lag bei Koronarangiographien über die Art. radialis bei 35,53 Minuten (\pm 17,16 Min.) und bei Zugang über die Art. femoralis bei 32,07 Minuten (\pm 16,12 Min.) ($p < 0,004$). Bei Koronarstenting lag die durchschnittliche Eingriffsdauer bei Zugang über die Art. radialis bei 63,74 Minuten (\pm 27,58 Min.) und bei Zugang über die Art. femoralis bei 59,94 Minuten (31,21 Min.) ($p < 0,16$).

Die durchschnittliche Liegezeit nach erfolgter Koronarangiographie über die Art. radialis betrug 2,22 Tage (\pm 2,17 Tage). Bei Zugang über die Art. femoralis betrug sie 2,71 Tage (\pm 3,03 Tage) ($p < 0,02$).

Nach erfolgtem Koronarstenting betrug die durchschnittliche Liegezeit bei Zugang über die Art. radialis 2,83 Tage (\pm 1,46 Tage) und bei Zugang über die Art. femoralis 4,22 Tage (\pm 3,36 Tage) ($p < 0,000001$).

Die Strahlenbelastung bei Koronarangiographien über die Art. radialis lag bei 53,44 Gray (\pm 26,30 Gray) und bei Zugang über die Art. femoralis lag sie bei 46,86 Gray (\pm 26,23 Gray) ($p < 0,0006$). Bei Koronarstenting über die Art. radialis lag die Strahlenbelastung durchschnittlich bei 75,20 Gray (\pm 51,40 Gray) und bei Zugang über die Art. femoralis bei 74,07 Gray (\pm 45,48 Gray) ($p < 0,44$).

Der Kontrastmittelverbrauch bei Koronarangiographien lag bei Zugang über die Art. radialis bei 105,67 ml (\pm 30,53 ml) und bei Zugang über die Art. femoralis bei 104,63 ml (\pm 31,47) ($p < 0,34$). Bei dem Koronarstenting lag der Kontrastmittelverbrauch bei Zugang über die Art.

radialis durchschnittlich bei 143,46 ml (\pm 47,07 ml) und bei Zugang über die Art. femoralis bei 140,92 ml (\pm 51,31 ml) ($p < 0,35$).

Der durchschnittliche Katheterverbrauch bei Koronarangiographie über die Art. radialis betrug 2,37 Katheter (\pm 0,99) und bei Zugang über die Art. femoralis 3,28 Katheter (\pm 1,01) ($p < 0,0000001$). Bei Koronarstenting lag der durchschnittliche Katheterverbrauch bei Zugang über die Art. radialis bei 2,66 Kathetern (\pm 1,49) und bei Zugang über die Art. femoralis bei 2,89 Kathetern (\pm 1,42) ($p < 0,11$) (Tabelle 19).

Durch die unterschiedlichen Eingriffszeiten, Liegezeiten und den Materialverbrauch ergaben sich auch unterschiedliche Kosten der unterschiedlichen Eingriffe und Zugangswege:

Die durchschnittlichen Kosten bei Koronarangiographie mit Zugang über die Art. radialis betrugen 513,03 € (\pm 321,98 €) und bei Zugang über die Art. femoralis 573,26 € (\pm 449,70 €) ($p < 0,02$).

Bei Koronarstenting über die Art. radialis lagen die durchschnittlichen Kosten bei 1.230,15 € (\pm 248,49 €) und bei Zugang über die Art. femoralis bei 1.422,88 € (\pm 508,15 €) ($p < 0,00001$) (Tabelle 19).

Die Anzahl der zugangsspezifischen Komplikationen lagen bei Eingriffen über die Art. femoralis deutlich über der Anzahl Komplikationen bei Eingriffen über die Art. radialis (Tabelle 20). Zu MACCE-Komplikationen (Myokardinfarkt, Schlaganfall, TIA oder Tod während des stationären Aufenthaltes) kam es in 12 Fällen oder 1,13 % der Eingriffe.

Tabelle 20: Komplikationen bei transfemoralem und radialem Zugang

Komplikation	Transfemoral		Transradial	
	Anzahl	N = 706 %	Anzahl	N = 355 %
- Lokale Komplikationen	5	0,71	0	0
- Große Blutungen (chirurgische Revision oder Transfusion)	3	0,42	0	0
- Pseudoaneurysmen	2	0,23	0	0
- Arteriendissektion	1	0,14	0	0
- Arterienverschluss	0	0	0	0

3.7 Vergleich der beiden Zugänge unterteilt nach elektiv oder Notfalleingriff

Bei den Eingriffen über die Art. radialis und bei den Notfalleingriffen fand deutlich häufiger ein Zugangswechsel aufgrund von ungünstigen Gefäßverhältnissen statt (Tabelle 21). Der Zugangsweg mit den wenigsten Zugangswechseln war mit einer Erfolgsquote von 98,1 % das elektive Koronarstenting über die Art. femoralis (Tabelle 21).

Tabelle 21: Wechsel des Zugangswegs (z.B. bei Kinking oder Adipositas)

Elektiver Eingriff		Notfalleingriff	
Zugangswechsel (von → zu)	Anzahl (Prozent)	Zugangswechsel (von → zu)	Anzahl (Prozent)
KF → KR	12 von 395 (3,0)	KF → KR	3 von 78 (3,8)
SF → SR	3 von 155 (1,9)	SF → SR	2 von 79 (2,5)
KR → KF	26 von 255 (10,2)	KR → KF	3 von 20 (15,0)
SR → SF	4 von 68 (5,9)	SR → SF	2 von 17 (11,8)

Die weitere Aufteilung der Eingriffe nach elektiv vs. Notfalleingriff führte zu weiteren signifikanten Ergebnissen (Tabelle 22).

Tabelle 22: Ergebnisse unterteilt nach Art. radialis vs. Art. femoralis und elektiv vs. Notfall

Eingriff	Dauer des Eingriffs (Min)	Strahlendosis (Gray)	Liegezeit nach Eingriff	Katheterverbrauch	Kontrastmittel (ml)	Eingriffskosten (Euro)
KR(el)	35,09	53,42	2,15	2,37	105,72	524,55
KF(el)	32,60	46,08	2,43	3,28	105,60	574,98
Signifikanz	(p < 0,035)	(p < 0,00003)	(p < 0,065)	(p < 0,0000001)	(p < 0,49)	(p < 0,043)
KR(no)	41,37	53,68	3,26	2,32	105,00	707,85
KF(no)	29,41	50,76	4,13	3,23	99,74	804,44
Signifikanz	(p < 0,002)	(p < 0,33)	(p < 0,13)	(p < 0,01)	(p < 0,21)	(p < 0,2)
SR(el)	60,89	73,45	2,56	2,52	141,85	1.179,97
SF(el)	58,88	67,73	2,90	2,54	138,08	1.222,52
Signifikanz	(p < 0,32)	(p < 0,23)	(p < 0,03)	(p < 0,47)	(p < 0,3)	(p < 0,024)
SR(no)	75,50	82,38	3,94	3,25	150,00	1.499,77
SF(no)	62,04	86,51	6,81	3,59	146,46	1.816,52
Signifikanz	(p < 0,04)	(p < 0,38)	(p < 0,0002)	(p < 0,15)	(p < 0,4)	(p < 0,008)

Es zeigte sich, dass der Eingriff über die Art. radialis sowohl im Falle einer Koronarangiographie als auch eines Koronarstentings länger dauert als bei dem Zugang über die Art. femoralis (Abbildung 29).

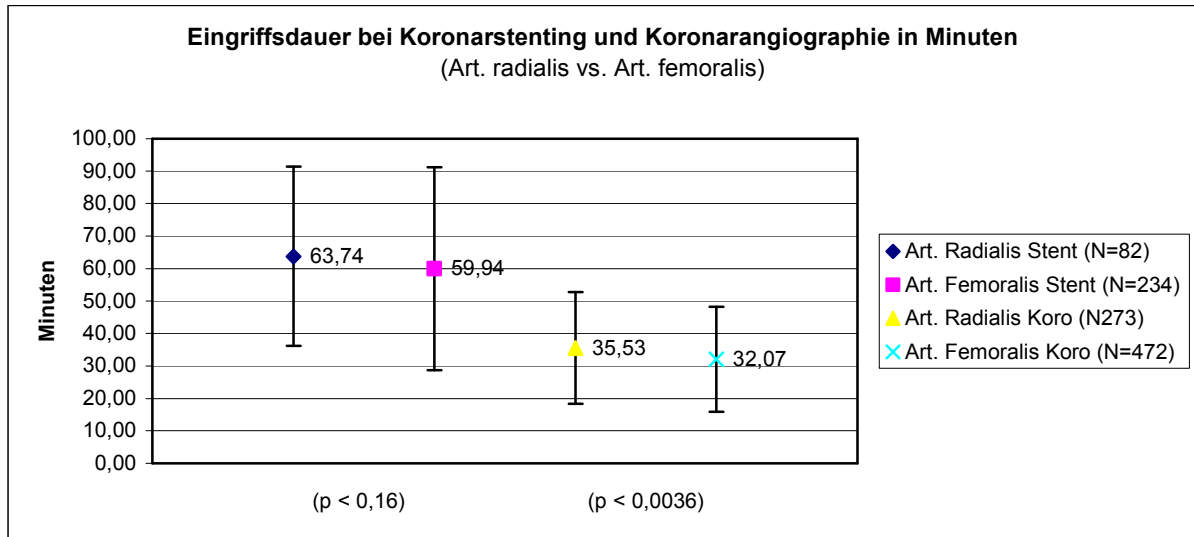


Abbildung 29

Bei der Unterteilung der Eingriffe in elektiv und Notfall wird deutlich, dass der Notfalleingriff über beide Zugangswege mehr Zeit in Anspruch nimmt und zwar sowohl beim Koronarstenting (Abbildung 30) als auch bei der Koronarangiographie (Abbildung 31).

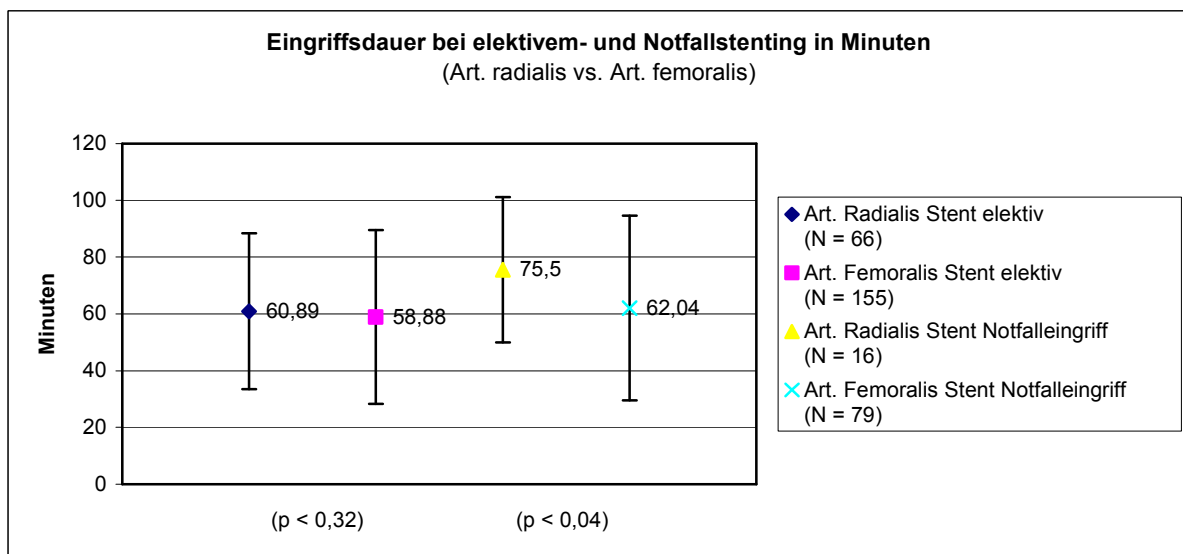


Abbildung 30

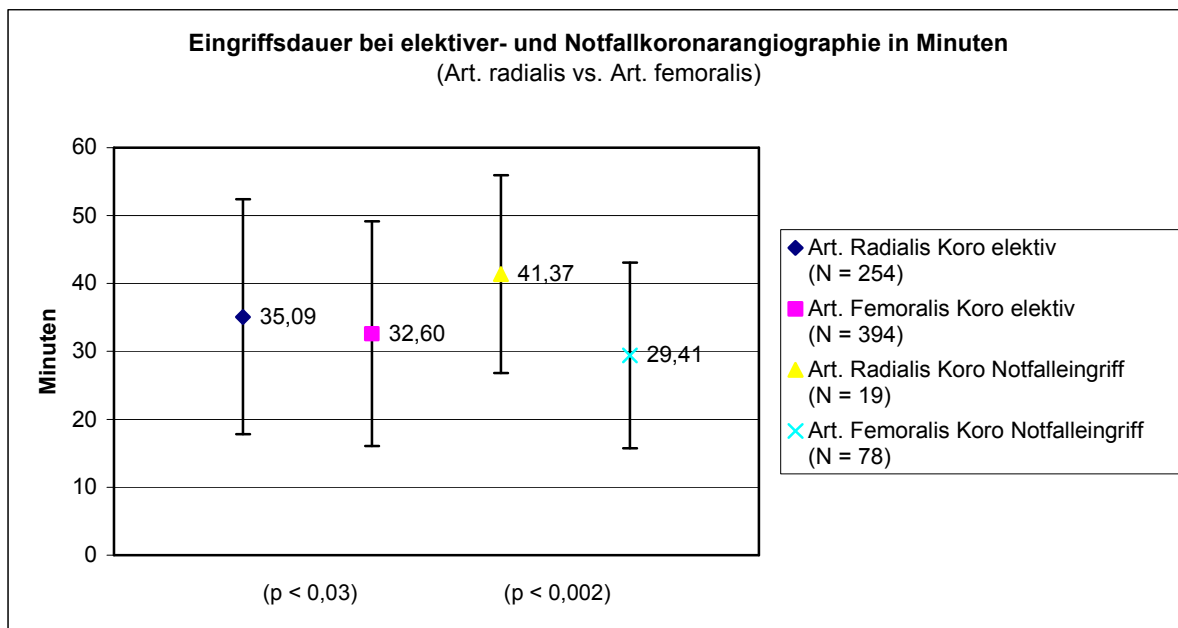


Abbildung 31

Bei der Durchleuchtungszeit der Eingriffe (Abbildung 32), bestand ein großer Unterschied zwischen elektiven und Notfalleingriffen (Abbildung 33, 34).

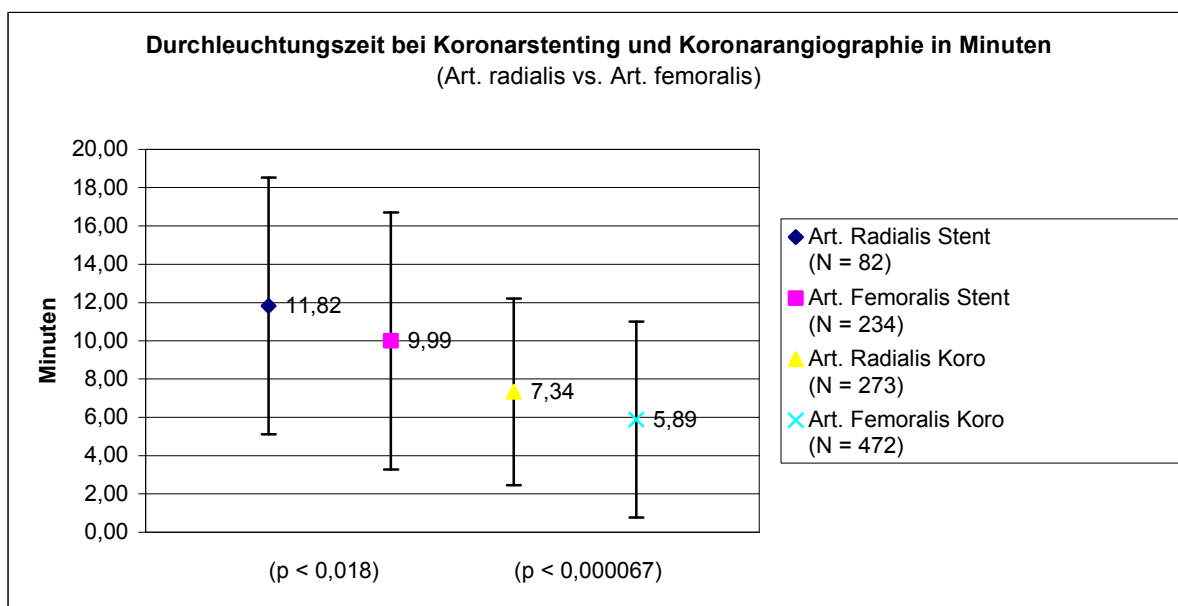


Abbildung 32

Die Durchleuchtungszeiten waren bei Zugängen über die Art. radialis sowohl bei elektivem und Notfall-Koronarstenting als auch bei elektiver und Notfall-Koronarangiographie länger als bei Zugängen über die Art. femoralis (Abbildung 23, 24).

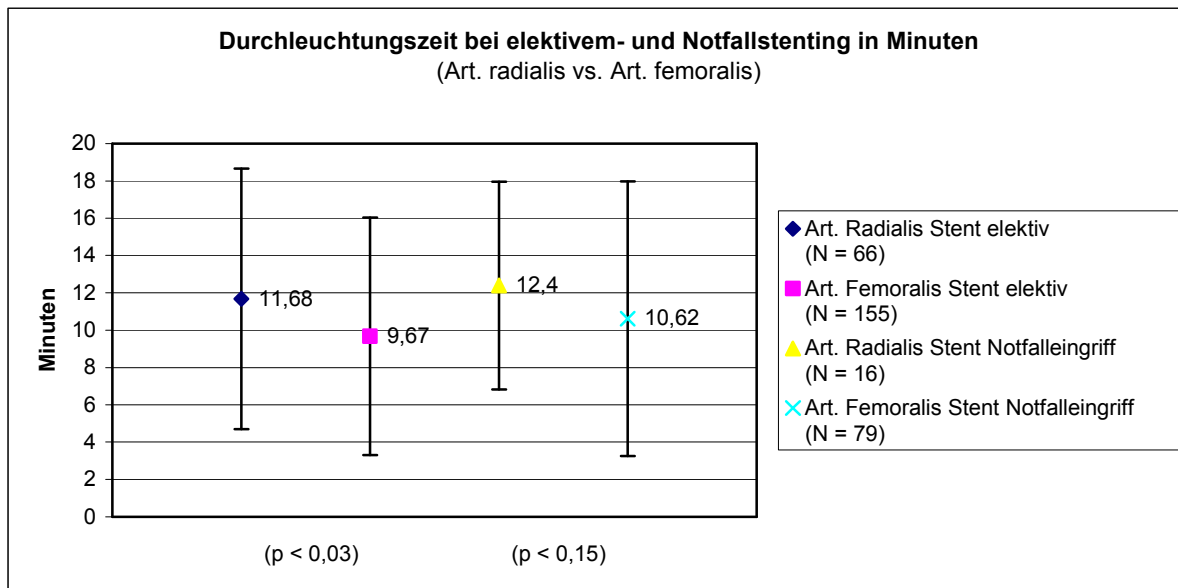


Abbildung 33

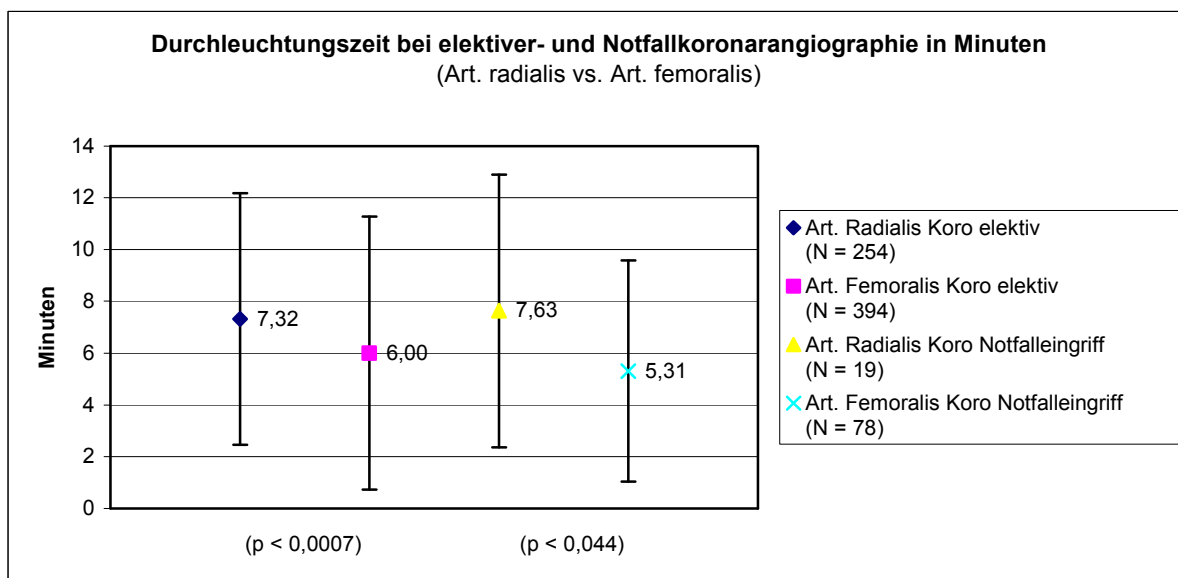


Abbildung 34

Es zeigte sich, dass die Strahlenbelastung bei Eingriffen über die Art. radialis über der Belastung bei Eingriffen über die Art. femoralis lag (Abbildung 35).

Die durchschnittliche Strahlenbelastung in der SR(el) Gruppe lag bei 73,45 Gray (\pm 53,10 Gray). Als Notfalleingriff SR(no) lag sie bei 82,38 Gray (\pm 44,52 Gray).

Die durchschnittliche Strahlenbelastung bei elektivem Koronarstenting über die Art. femoralis SF(el) lag bei 67,73 Gray (\pm 43,33 Gray) und bei Notfalleingriffen bei SF(no) 86,51 Gray (\pm 47,29 Gray) (Abbildung 36).

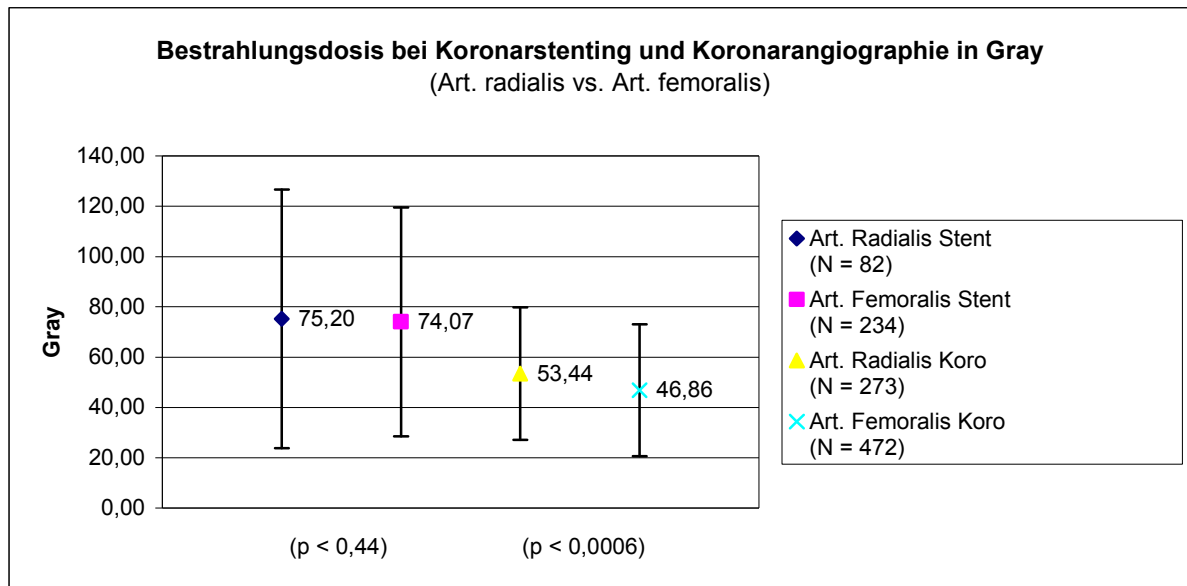


Abbildung 35

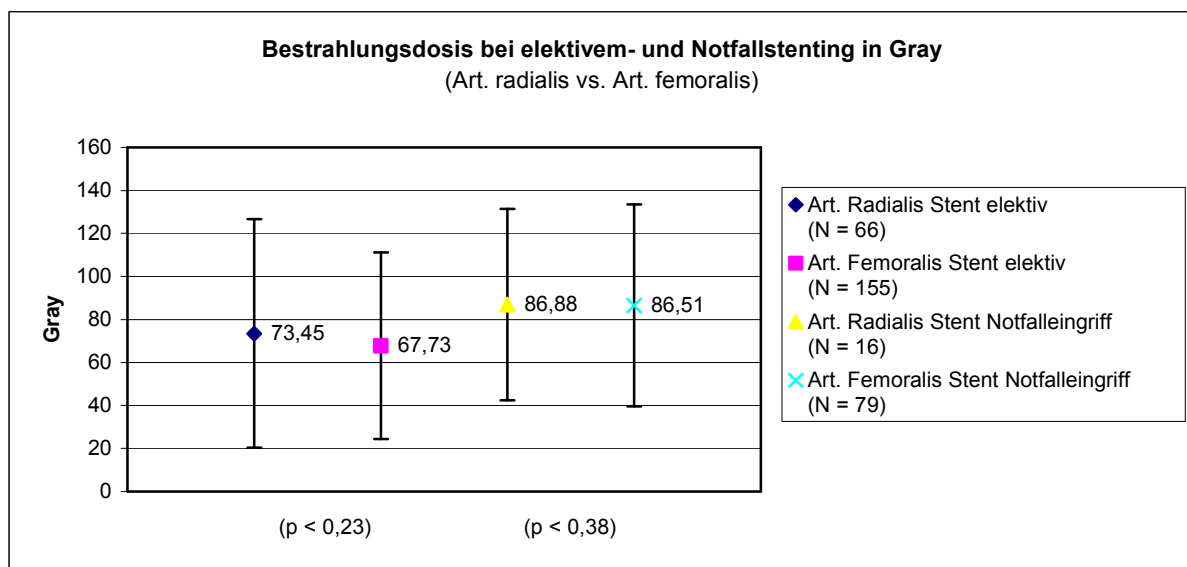


Abbildung 36

Bei der Koronarangiographie lag die durchschnittliche Strahlenbelastung bei elektiven Eingriffen über die Art. radialis KR(el) bei 53,42 Gray ($\pm 26,46$ Gray) und bei Notfalleingriffen KR(no) bei 53,68 Gray ($\pm 24,76$ Gray).

Bei Eingriffen über die Art. femoralis lag die Strahlenbelastung bei elektiver Koronarangiographie KF(el) bei 46,08 Gray ($\pm 25,72$ Gray) und bei Notfallkoronarangiographie KF(no) bei 50,76 Gray ($\pm 28,48$ Gray) (Abbildung 37).

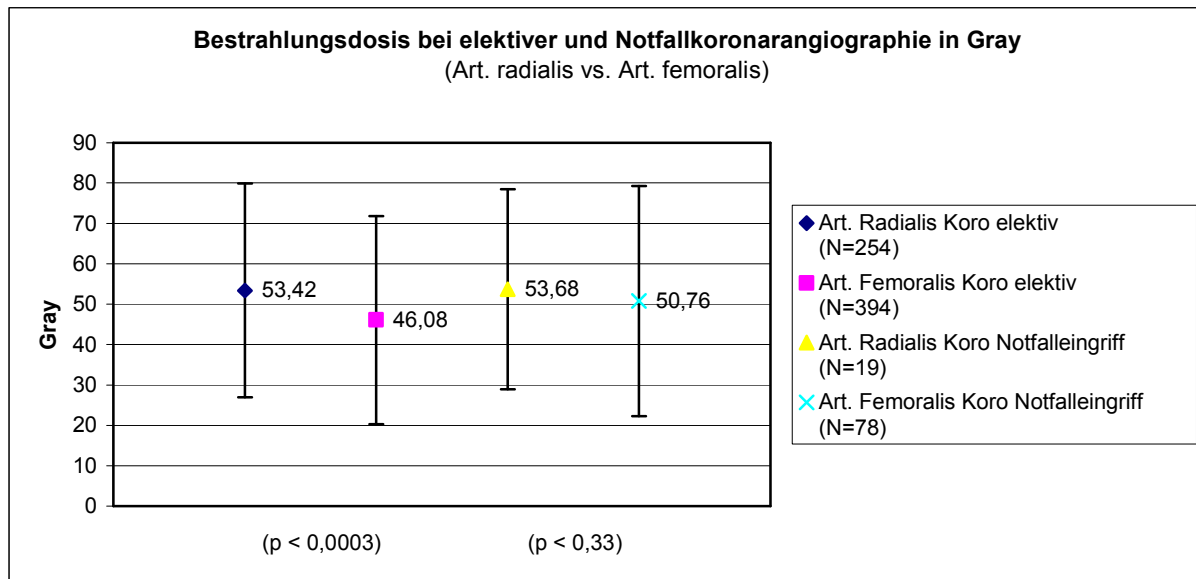


Abbildung 37

Die durchschnittlichen Liegezeiten nach erfolgten Eingriffen waren bei Zugang über die Art. femoralis mit 4,22 Tagen ($\pm 3,36$ Tage) nach einem Koronarstenting und 2,83 Tagen ($\pm 3,03$ Tage) nach einer Koronarangiographie länger als bei einem Zugang über die Art. radialis mit 2,83 Tagen ($\pm 1,46$) nach einem Koronarstenting und 2,22 Tagen ($\pm 2,17$ Tage) nach einer Koronarangiographie (Abbildung 38).

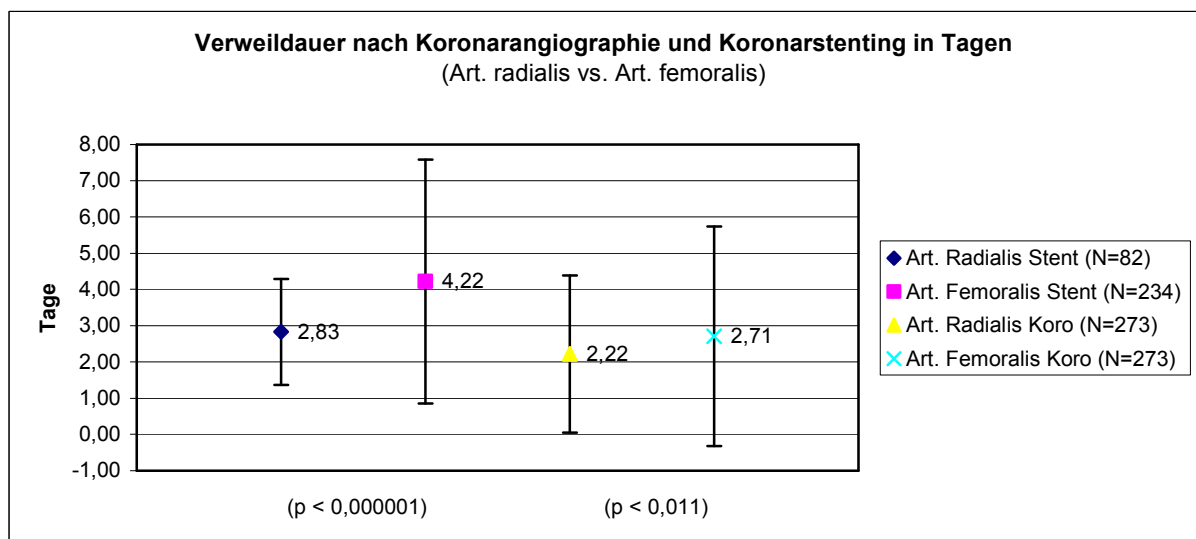


Abbildung 38

Bei elektivem Koronarstenting über die Art. femoralis war die Verweildauer nach dem Eingriff mit 2,90 Tagen ($\pm 1,35$ Tage) ebenfalls länger als nach einem elektiven Koronarstenting über die Art. radialis mit 2,56 Tagen ($\pm 1,08$ Tage) (p < 0,03).

Auch beim Koronarstenting als Notfalleingriff war die Verweildauer bei Zugang über die Art. femoralis mit 6,81 Tagen ($\pm 4,44$ Tage) länger als bei Zugang über die Art. radialis mit 3,94 Tagen ($\pm 2,17$ Tage) ($p < 0,0002$) (Abbildung 39).

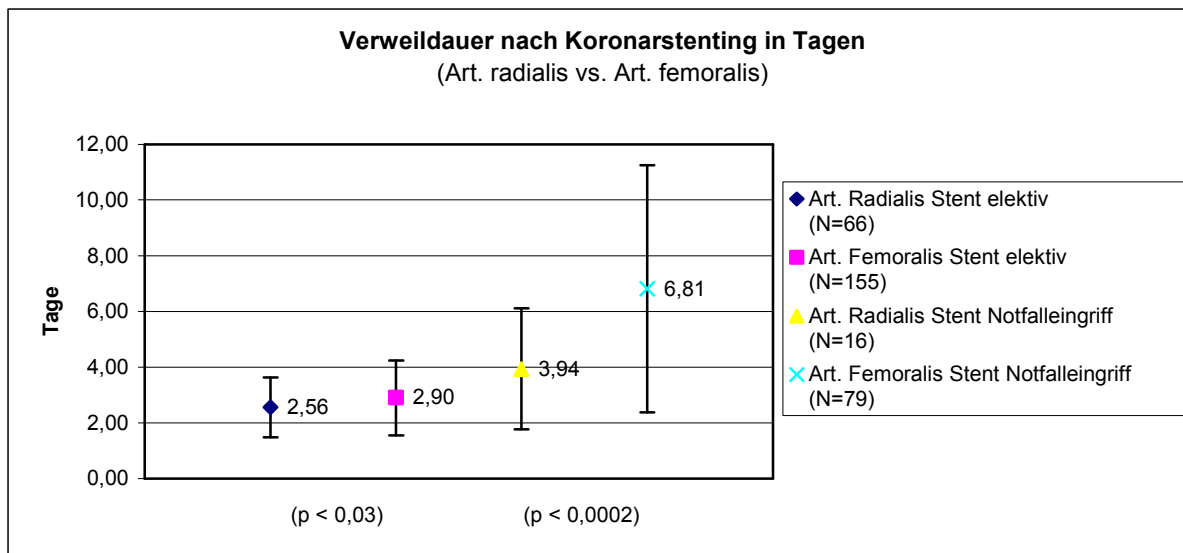


Abbildung 39

Bei den Koronarangiographien war die durchschnittliche Verweildauer sowohl nach Notfalleingriffen mit 4,13 Tagen ($\pm 4,16$ Tage), als auch nach elektiven Eingriffen mit 2,43 Tagen ($\pm 2,67$ Tage) länger als nach Eingriffen über die Art. radialis mit 2,15 Tagen ($\pm 2,13$ Tage) nach elektiven und 3,26 Tagen ($\pm 2,58$ Tage) nach Notfalleingriffen (Abbildung 40).

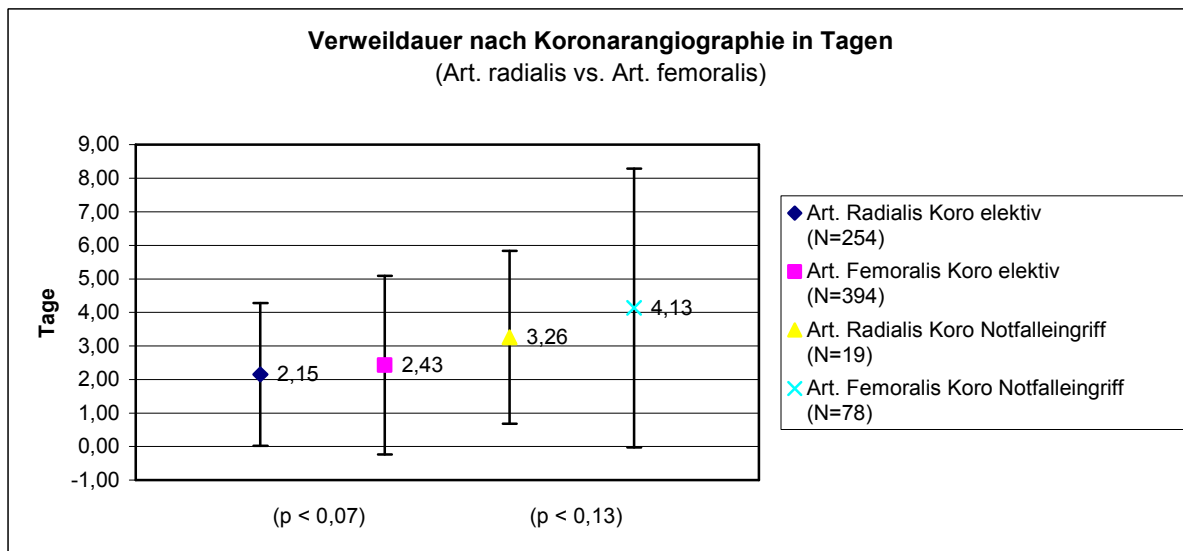


Abbildung 40

3.8 Materialverbrauch der unterschiedlichen Zugangswege

Der durchschnittliche Kontrastmittelverbrauch bei Zugängen über die Art. radialis betrug 143,46 ml für das Koronarstenting und 105,67 ml für die Koronarangiographie. Bei Zugängen über die Art. femoralis betrug der durchschnittliche Kontrastmittelverbrauch dagegen nur 140,92 ml für das Koronarstenting und 104,63 ml für die Koronarangiographie (Abbildungen 41-43).

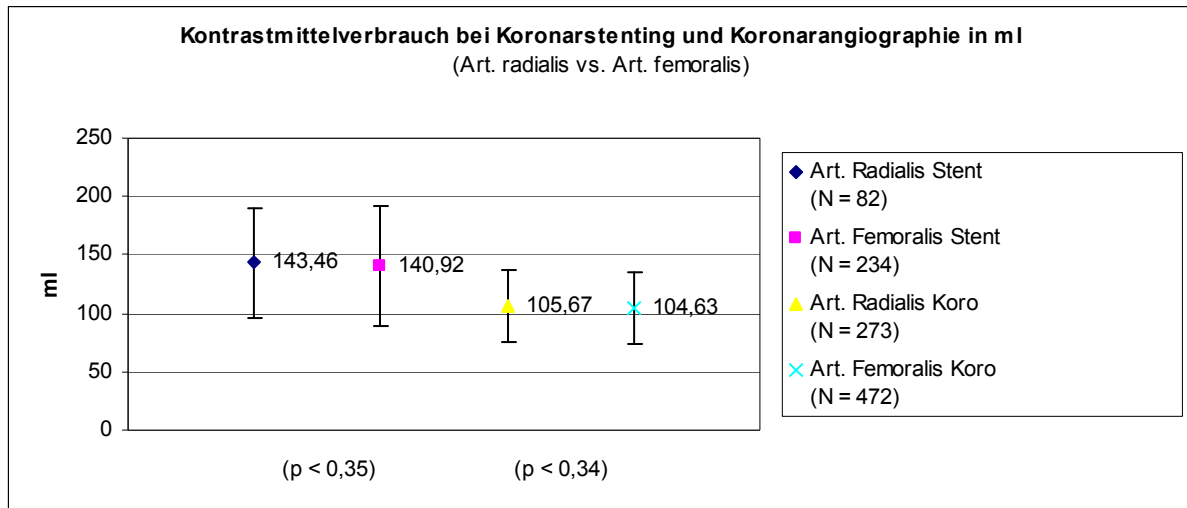


Abbildung 41

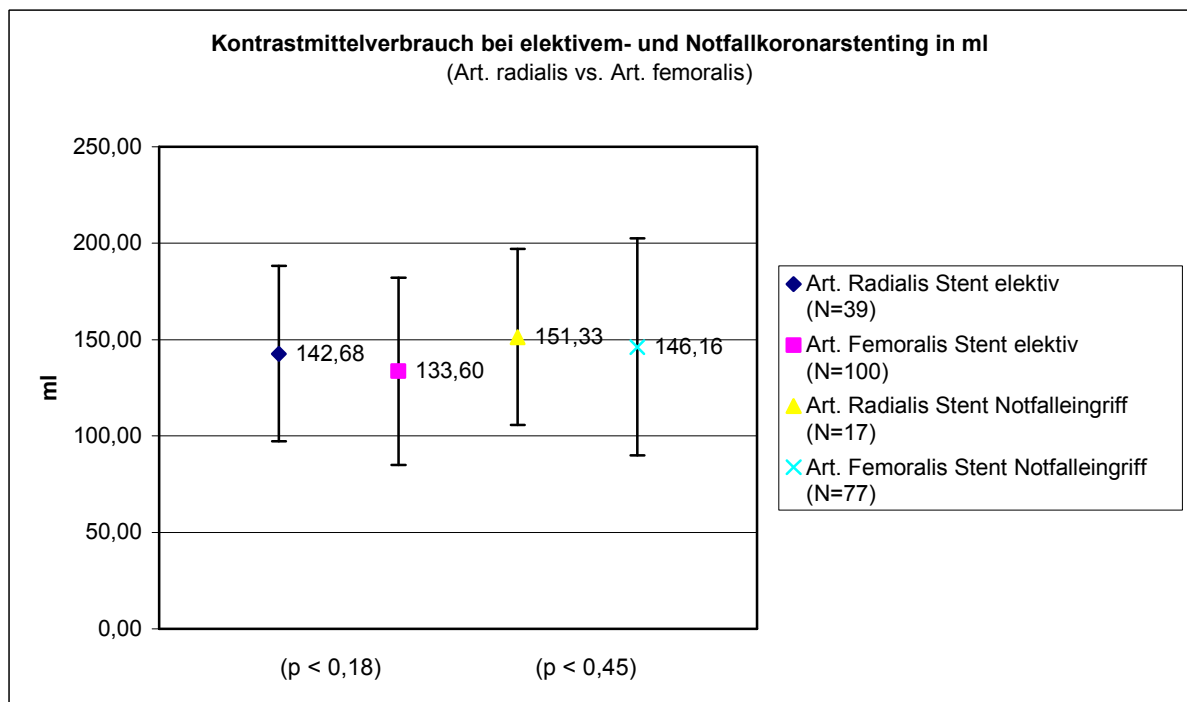


Abbildung 42

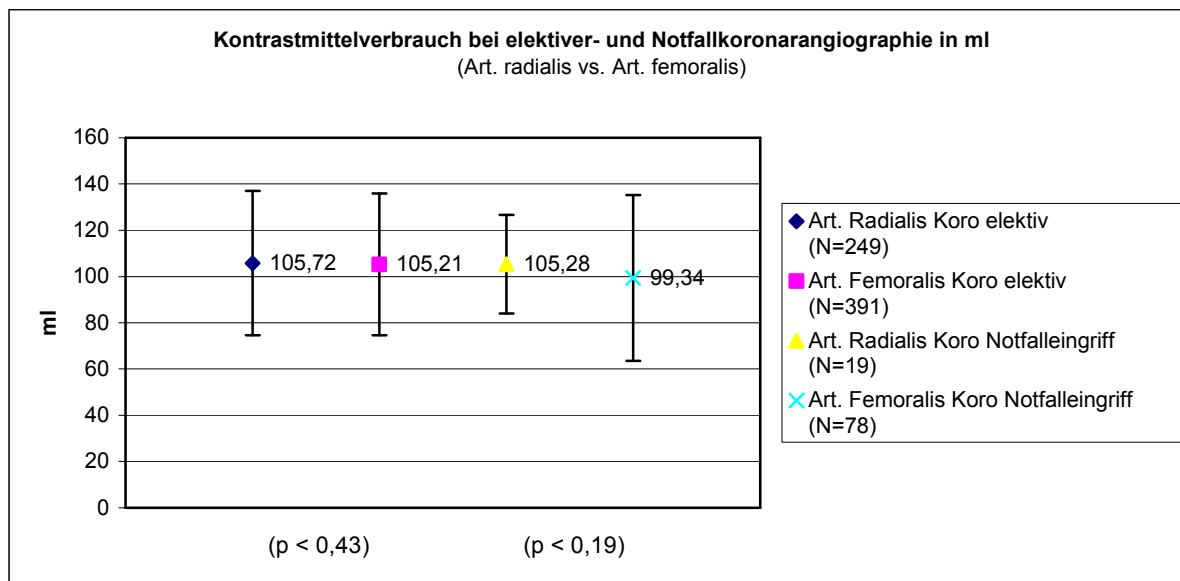


Abbildung 43

3.9 Kosten der unterschiedlichen Zugangswege

Bei der Analyse der Kosten ergaben sich die Unterschiede der verschiedenen Zugangswege z.B. durch die unterschiedlichen Personalkosten, Katheterkosten oder Betriebskosten. So war der Katheterverbrauch bei Zugängen über die Art. radialis geringer als bei Zugängen über die Art. femoralis. Der durchschnittliche Katheterverbrauch z.B. bei elektiven Zugängen über die Art. radialis KR(el) lag mit durchschnittlich 2,37 Kathetern unter dem Verbrauch bei elektivem Zugang über die Art. femoralis KF(el) mit einem durchschnittlichen Katheterverbrauch von 3,28 Kathetern ($p < 0,0001$), bei Notfalleingriffen lag der Anteil der Katheter über die Art. radialis KR(no) bei 2,32 Kathetern und bei Zugang über die Art. femoralis bei 3,23 Kathetern ($p < 0,01$). Beim Koronarstenting waren die Unterschiede nicht signifikant.

Zusammengefasst zeigte sich dass der Zugang über die Art. radialis sowohl bei der Koronarangiographie als auch beim Koronarstenting die geringsten Kosten verursachte (Abbildung 44, 45) (Tabelle 21).

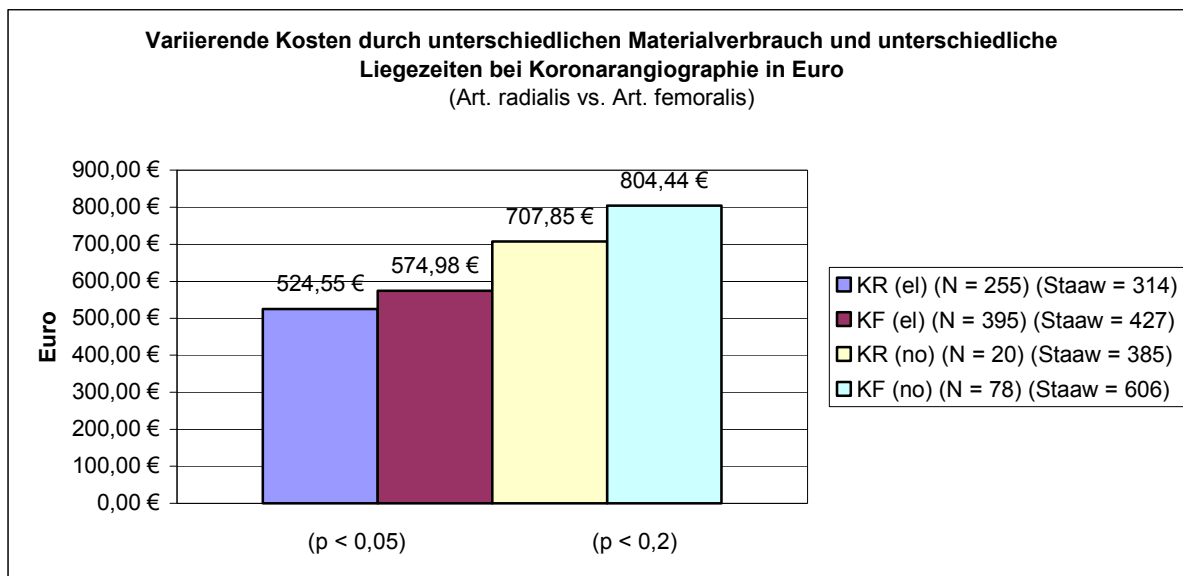


Abbildung 44

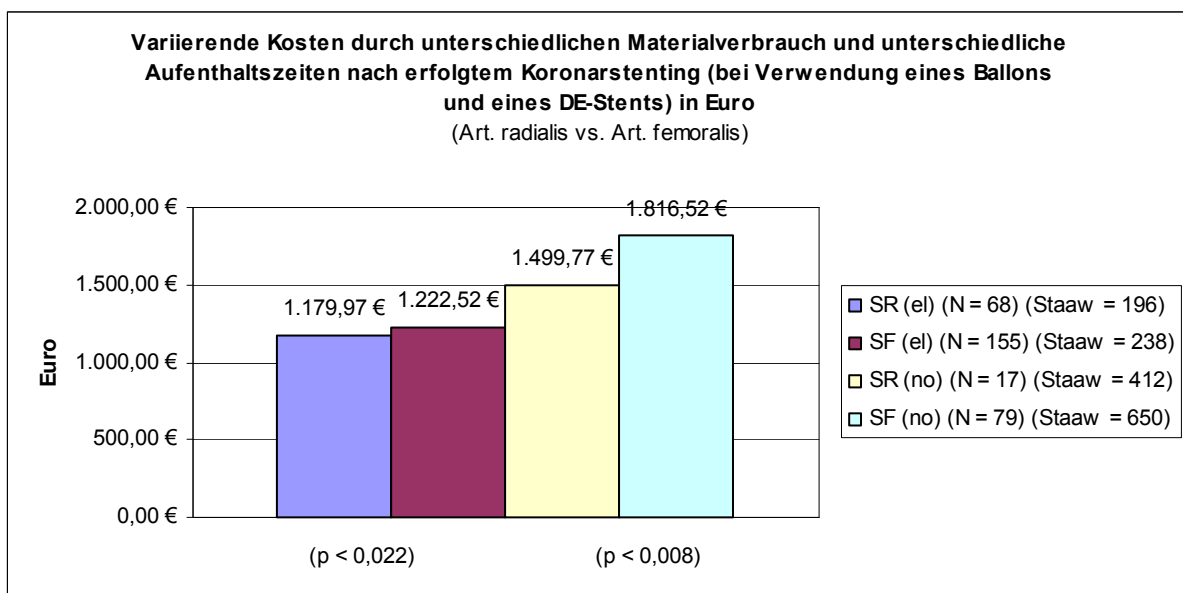


Abbildung 45

3.10 Vergleich des Einsatzes von Amplatz AR1 Kathetern mit dem Einsatz von Standardkathetern (Judkins)

Tabelle 23: Judkins JR vs. Amplatz AR1 Katheter

Kathetertyp	Eingriff	Dauer des Eingriffs (Min)	Durchleuchtungszeit (Min)	Strahlendosis (Gray)	Liegezeit nach Eingriff	Katheterverbrauch
KF						
Judkins JR	(N = 398)	33,64	6,35	49,33	2,80	3,33
Amplatz AR1	(N = 74)	23,66	3,43	33,61	2,23	2,97
Signifikanz		(p < 0,00000001)	(p < 0,00000001)	(p < 0,00000001)	(p < 0,04)	(p < 0,000005)

Durch die Verwendung von Amplatz AR1 Kathetern ließen sich die Eingriffsdauern, die Durchleuchtungszeiten, die Strahlendosen, der Katheterverbrauch und die Liegezeiten nach erfolgter Koronarangiographie signifikant senken (Tabelle 23) (Abbildung 46-48).

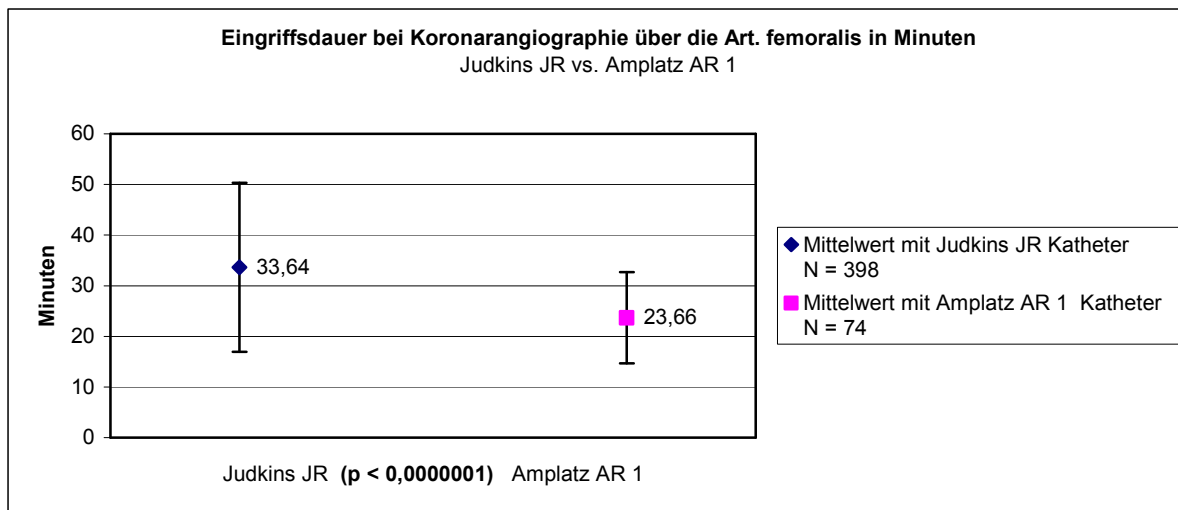


Abbildung 46

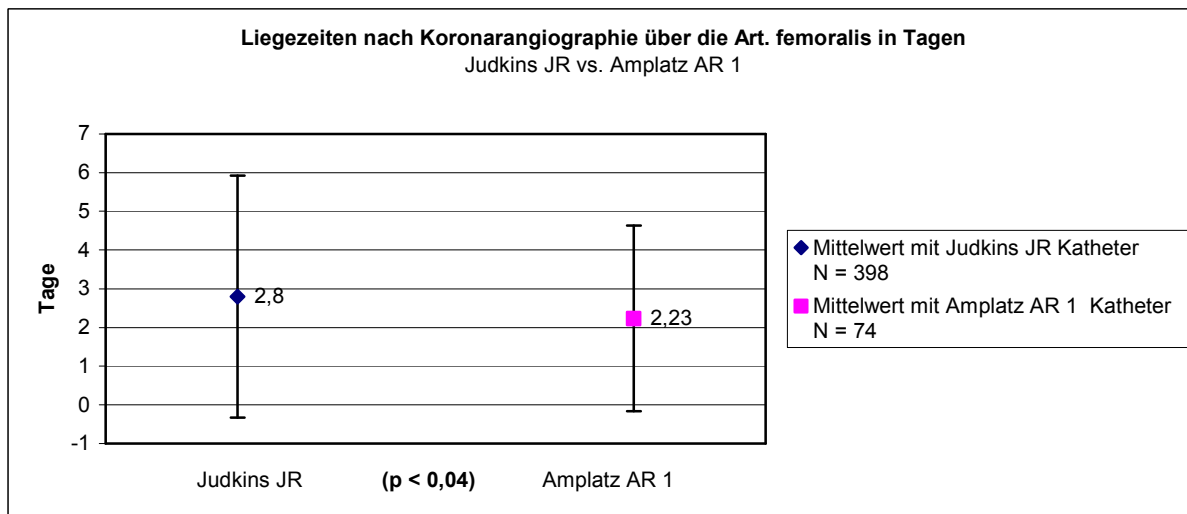


Abbildung 47

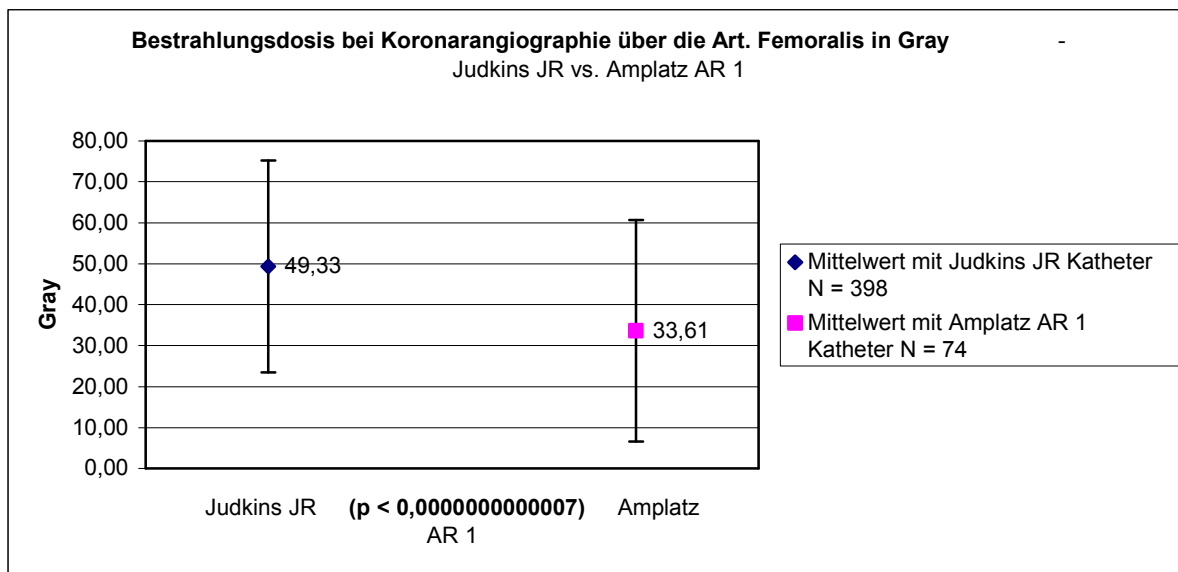


Abbildung 48

Tabelle 24: Standard vs. Amplatz AR1 Katheter (unterteilt nach Notfall- und elektivem Eingriff)

Kathetertyp	Eingriff	Dauer des Eingriffs (Min.)	Durchleuchtungszeit (Min.)	Strahlendosis (Gray)	Liegezeit nach Eingriff	Katheterverbrauch
KF(el)						
Judkins JR	(N = 338)	33,96	6,39	48,32	2,55	3,33
Amplatz AR1	(N = 55)	24,27	3,39	32,36	1,73	3,04
Signifikanz		($p < 0,0000001$)	($p < 0,00001$)	($p < 0,0000001$)	($p < 0,003$)	($p < 0,0005$)
KF(no)						
Judkins JR	(N = 55)	30,93	5,61	51,95	4,33	3,24
Amplatz AR1	(N = 23)	25,78	4,58	47,91	3,65	3,22
Signifikanz		($p < 0,05$)	($p < 0,13$)	($p < 0,31$)	($p < 0,24$)	($p < 0,48$)

Bei weiterer Unterteilung der Eingriffe nach Notfall und Elektiv lieferten nur die Daten bei elektiver Koronarangiographie signifikante Unterschiede: So war die Eingriffsdauer bei Verwendung eines Amplatz AR 1 Katheters im Durchschnitt um 9,69 Minuten ($p < 0,00000003$) kürzer, die Strahlendosis war im Durchschnitt um 15,69 Gray größer ($p < 0,000000000002$) und die Liegezeit nach dem Eingriff im Durchschnitt um 0,82 Tage ($p < 0,003$) länger.

Bei der Koronarangiographie als Notfalleingriff ließen sich lediglich Tendenzen erkennen. So konnten die Eingriffsdauer, die Strahlendosis und die Liegezeit nach dem Eingriff tendenziell gesenkt werden. (Tabellen 24, 25) (Abbildung 49-51).

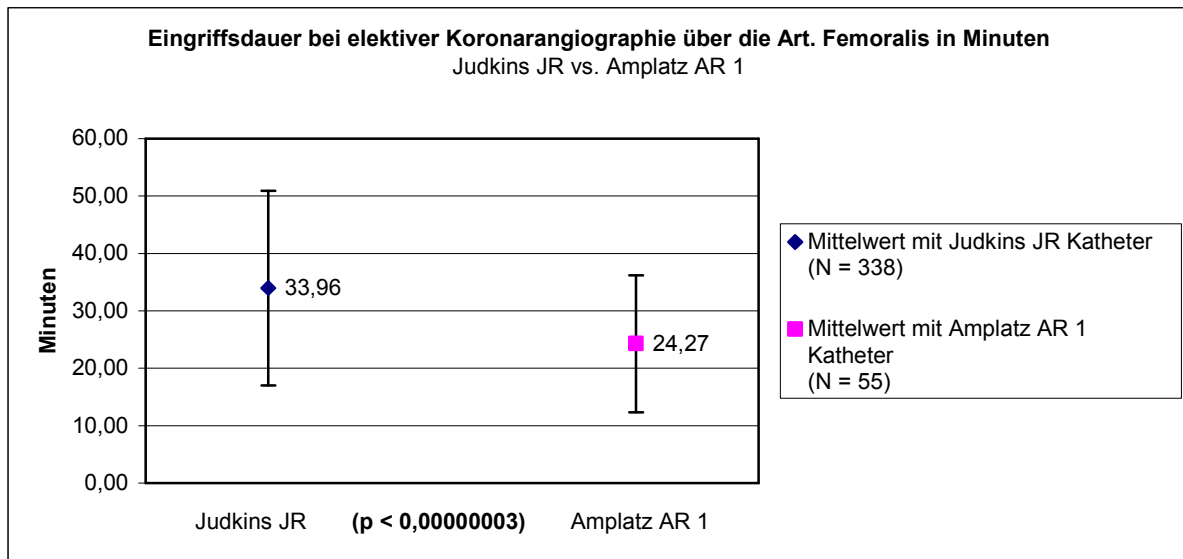


Abbildung 49

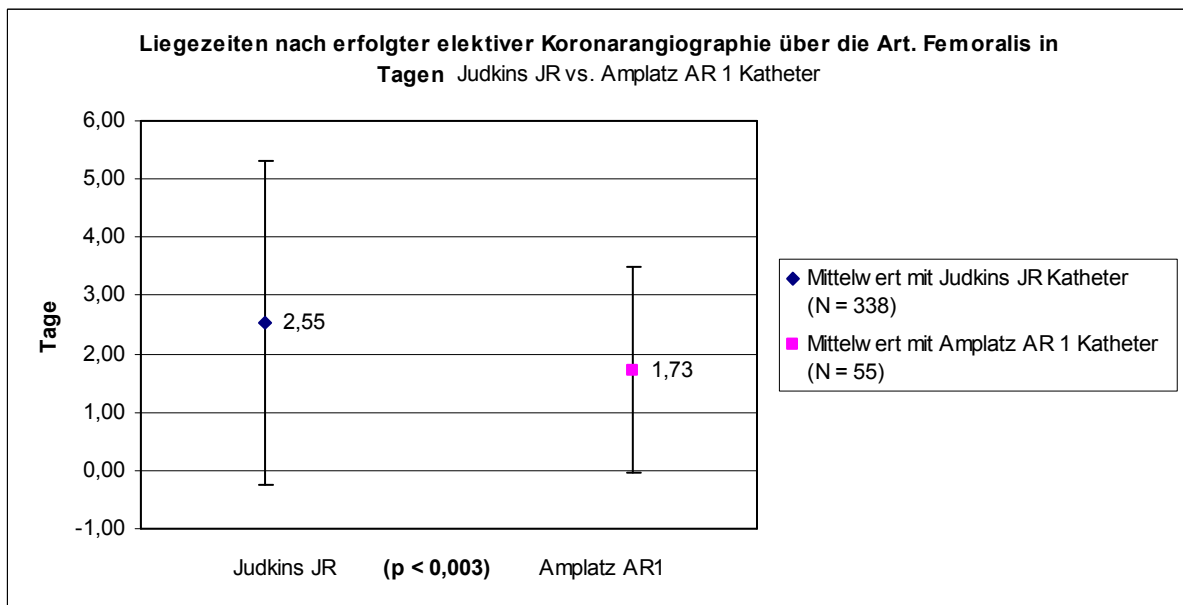


Abbildung 50

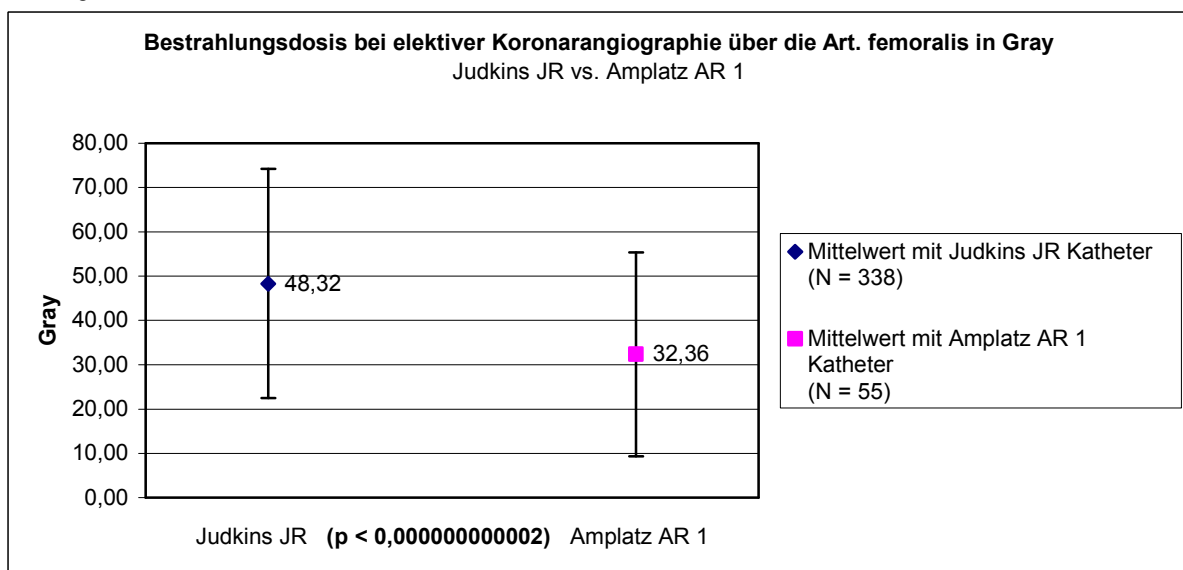


Abbildung 51

4. Diskussion

4.1 Hauptergebnisse der Studie

4.1.1 Die Auswahl der Patienten

Die Frauen und Männer ließen sich in den einzelnen Gruppen miteinander vergleichen, da die anthropometrischen Daten sowohl bei den angiographierten Patienten als auch bei den gestenteten Patienten sehr nah beieinander lagen (Tabellen 14, 16), ein signifikanter Unterschied bestand nicht.

Die größere Anzahl an Männern lässt sich dadurch erklären, dass die KHK besonders bei jüngeren Männern deutlich häufiger vorkommt und die Prävalenz auch bei Patienten über 75 Jahren noch bei 19% für Männer und bei 16% für Frauen liegt (90).

4.1.2 Limitationen der Studie

Da es sich um eine retrospektive Studie handelt, lag die Intervention vor der Studienplanung. Parameter wie die Patientenverteilung oder die Ein- oder Ausschlusskriterien zu den unterschiedlichen Zugangswegen ließen sich so nicht mehr beeinflussen. Auch lässt sich bei einer retrospektiven Studie natürlich keine Randomisierung des Patientenkollektives oder eine Standardisierung des Eingriffs mehr durchführen. So kann es sein, dass z.B. die Eingriffszeit oder der Materialverbrauch in dieser Studie erhöht ist, da möglicherweise nicht darauf geachtet wurde, diese möglichst in gleichem Maße gering zu halten. Dieses trifft besonders bei Vergleichen mit anderen Studien zu. Da diese Einschränkung allerdings auf alle Werte in gleichem Ausmaß zutrifft, lassen sich die Ergebnisse dennoch gut vergleichen. Außerdem lagen z.T. große Imbalancen in der Anzahl der Patienten in den Vergleichsgruppen und besonders bei Notfalleingriffen über die Art. radialis war die Anzahl der Eingriffe relativ gering.

Die volkswirtschaftlichen Auswirkungen der Liegezeiten bei berufstätigen Patienten wurden in der Kostenberechnung nicht miteinbezogen.

4.1.3 Die Eingriffsdauer im Vergleich zu den bisherigen Literaturangaben

In vielen Literaturangaben zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Untersuchungsdauern bei einer Koronarangiographie über die Art. radialis oder die Art.

femoralis (68, 80). Bei dieser Arbeit hingegen gab es signifikante Unterschiede in den Eingriffsdauern zwischen den Zugängen. So dauerte die Notfallkoronarangiographie über die Art. radialis im Durchschnitt 11,96 min. länger als bei Zugängen über die Art. femoralis. Elektive Koronarangiographien über die Art. radialis dauerten immerhin 2,49 min. länger.

Auch das Notfallkoronarstenting nach akutem Myokardinfarkt zeigte in dieser Untersuchung verglichen mit den Literaturangaben einen signifikanten Unterschied bei den Eingriffszeiten. Das Notfallkoronarstenting über die Art. radialis dauerte 13,26 min. länger als bei femoralen Zugangsweg und bei elektivem Koronarstenting dauerte der Eingriff über die Art. radialis 2,83 min. länger als über den femoralen Zugang.

Gründe für die längeren Eingriffszeiten bei radialen Zugängen können die ungünstigeren anatomischen Gefäßverhältnisse im Bereich des Truncus brachiocephalicus (Kinking) sowie der kleinere Durchmesser der Gefäße (die Art. femoralis hat einen deutlich größeren Durchmesser als die Art. radialis, die oft nur einen durchschnittlichen Lumen-Durchmesser von 3 mm hat) bei radialem Zugang sein. Auch Arterien spasmen werden bei kleineren Arterien häufiger beschrieben als bei großkalibrigen Gefäßen. Ein weiterer Grund liegt sicherlich auch darin, dass die Art. radialis alternativ für die Art. femoralis benutzt wurde, wenn der Zugang über die Art. femoralis nicht möglich war.

Darüber hinaus wurden beim Koronarstenting über die Art. radialis im Vergleich zu Eingriffen über die Art. femoralis häufiger mehr zusätzliche Untersuchungen (z.B. Lävokardiographie) durchgeführt. Weiterhin wurden die Herzkatheter in erster Linie für den femoralen Zugang entwickelt.

Der größere Gefäßdurchmesser der Art. femoralis führt besonders bei der Koronarangiographie zu einer häufigeren Verwendung dieses Zugangsweges bei Frauen, die kleinere Gefäßdurchmesser als Männer besitzen. Diese Ergebnisse decken sich auch mit beschriebenen Komplikationen: Aufgrund eines größeren Gefäßdurchmessers neigen Männer seltener zu Intimadissektionen, Perforationen (79, 89) und sonstigen akuten Komplikationsrate (89).

Die primäre PCI als Reperfusionstrategie ist im Vergleich zur Thrombolyse-Therapie bei Frauen allerdings besonders wichtig, da sie ein bis zu fünffach erhöhtes intracerebrales Blutungsrisiko im Vergleich zu Männern nach Thrombolyse haben. Verglichen mit der Lyse kann das Überleben nach akutem Myokardinfarkt durch die primäre perkutane Intervention verbessert werden (90).

Das Koronarstenting benötigt als Notfalleingriff deutlich mehr Zeit als der elektive Eingriff. Dies lässt sich auch dadurch erklären, dass bei einem elektiven Koronarstenting schon vorher

feststeht, welches Gefäß gestentet wird, wohingegen bei einem Notfallkoronarstenting erst das Zielgefäß durch eine vollständige Koronarangiographie festgestellt werden muss.

Weiterhin kommt es bei elektiven Eingriffen weniger häufig zu Komplikationen, welche die gesamte Eingriffszeit verlängern.

Erwartungsgemäß zeigte sich, dass das Koronarstenting ein länger dauernder Eingriff als die Koronarangiographie ist. Dies ist verständlich, da das Koronarstenting ein interventioneller Eingriff ist und somit mehr Zeit in Anspruch nimmt als die Koronarangiographie bei der kein Eingriff erfolgt.

4.1.4 Die Strahlenbelastung und das Flächendosisprodukt im Vergleich mit Literaturangaben

Bei den Bestrahlungszeiten und dem Flächendosisprodukt unterscheiden sich die Literaturangaben gegenüber den Ergebnissen dieser Arbeit. Die bisherigen Untersuchungen beschreiben gleiche Durchleuchtungszeiten bei Koronarangiographien über beide Zugänge (68, 81), ein gering höheres Flächendosisprodukt bei PCI für den Zugang über die Art. radialis (70,5 Gy vs. 69,8 Gy) (91) und ein deutlich erhöhtes Flächendosisprodukt bei Notfalleingriffen über die Art. radialis (23,1 min. vs. 16,5 min.) (81).

Diese Arbeit konnte zeigen, dass die Strahlenbelastung beim Koronarstenting und Zugang über die Art. radialis am höchsten und bei einer Koronarangiographie über die Art. femoralis am geringsten ist. Allerdings ist die Durchleuchtungszeit im Gegensatz zu bisherigen Literaturangaben bei einer Notfallkoronarangiographie über die Art. femoralis geringer als bei einer elektiven Koronarangiographie (KF(no) 5,31 min. vs. KF(el) 6,00 min.).

Dies liegt zum Teil daran, dass bei einer Notfallkoronarangiographie im Vergleich zu einer elektiven Koronarangiographie häufig keine Lävokardiographie durchgeführt wird.

Dass die Durchleuchtungszeiten bei Eingriffen über die Art. radialis länger sind, hängt wie die längere Eingriffsdauer bei Eingriffen über die Art. radialis mit den ungünstigeren anatomischen Verhältnisse, den häufigeren Untersuchungsabbrüchen und den zum Teil weiterreichenden Untersuchungen (z.B. häufigere Lävokardiographie) bei Eingriffen über die Art. radialis zusammen.

Die Durchleuchtungszeiten dieser Untersuchung lagen bei sämtlichen Eingriffen bei Zugängen über die Art. radialis höher als bei vergleichbaren Eingriffen über die Art. femoralis. Einen signifikanten Unterschied von 2,01 Minuten gab es bei elektivem Stenting,

von 1,32 Minuten bei elektiver Koronarangiographie und von 2,32 Minuten bei Notfallkoronarangiographie.

Allerdings zeigten nur die Strahlendosen bei elektiver Koronarangiographie einen signifikanten Unterschied von 7,34 Gray ($p < 0,00003$).

Dieses Ergebnis spricht für einen Zugang über die Art. femoralis, da die höhere Strahlenbelastung bei Zugängen über die Art. radialis die Inzidenz von Karzinomen steigert (83). Es ist allerdings anzunehmen, dass sich die Durchleuchtungszeiten und damit auch die Strahlendosen durch die Entwicklung spezieller Katheter für den radialen Zugang verkürzen lassen.

4.1.5 Die stationäre Verweildauer nach erfolgtem Eingriff im Vergleich mit Literaturangaben

Bei der stationären Verweildauer der Patienten nach der Untersuchung sind die Literaturangaben ebenfalls widersprüchlich. So wird in einigen Untersuchungen von gleicher Aufenthaltsdauer nach erfolgreicher Koronarangiographie über die Art. radialis und Art. femoralis berichtet (68), in anderen Untersuchungen von geringeren Aufenthaltsdauern (Zugang über die Art. radialis -0,4 Tage) nach erfolgreicher Koronarangiographie (86) und -0,9 Tagen bei Zugang über die Art. radialis nach erfolgreichem Koronarstenting (79).

Bei dieser Untersuchung lagen die stationären Liegezeiten nach erfolgter Koronarangiographie (0,49 Tage) oder Koronarstenting (1,39 Tage) über die Art. femoralis signifikant über den Liegezeiten nach Zugang über die Art. radialis.

Ohne die Orientierung der Liegezeiten an das DRG-System würde es wahrscheinlich noch größere Unterschiede in den Liegezeiten geben und besonders die Liegezeiten nach erfolgtem elektivem Eingriff über die Art. radialis könnten verkürzt werden.

Die weitere Unterteilung der Eingriffe nach elektiv und Notfall zeigte besonders nach einem Koronarstenting als Notfalleingriff einen großen Unterschied in den Liegezeiten (2,87 Tage) ($p < 0,0002$).

Diese signifikante Verlängerung der Liegezeiten nach Eingriff über die Art. femoralis im Vergleich zur Art. radialis lässt auf eine häufigere Anzahl an postprozeduralen Komplikationen wie Nachblutungen oder Pseudoaneurismen schließen.

Die Ergebnisse sprechen für einen Zugang über die Art. radialis, da hierdurch die Liegezeiten verringert werden können. Dadurch lassen sich, wie auch schon in der Literatur beschrieben,

die Kosten senken (65, 71) und der Eingriff wird vermutlich für den Patienten angenehmer (65, 91).

4.1.6 Zugangswechsel und Komplikationen der beiden Zugangswege im Vergleich mit Literaturangaben

Besonders bei Notfalleingriffen über die Art. radialis kam es häufiger zu einem Zugangswechsel als bei Eingriffen über die Art. femoralis, aber auch bei elektiven Eingriffen kam es häufiger zu einem Wechsel der Art. radialis auf die Art. femoralis als umgekehrt (Tabelle 21).

In der Literatur wird von einer geringeren Erfolgsrate des Zugangs über die Art. radialis berichtet: Einer 93,0 % Erfolgsrate bei radialem Zugang bei Koronarangiographie steht eine 99,75 % Erfolgsrate bei Verwendung der Art. femoralis gegenüber (68). Hierbei gab es in 2,3% Zugangsprobleme über die Art. radialis und in 0 % über die Art. femoralis (68). Weiterhin kam es bei einem Zugang über die Art. radialis in 4,7 % zu einem Kinking, aber nur in 3,4 % bei der Art. femoralis.

Die Anzahl der zugangsspezifischen Komplikationen wie z.B. großer Blutungen, Pseudoaneurysmen oder Arteriendissektionen lag bei Eingriffen über die Art. femoralis allerdings deutlich über der Anzahl dieser Komplikationen bei Eingriffen über die Art. radialis. So ließ sich z.B. das Risiko großer Blutungen bei Eingriffen über die Art. radialis auf 0 % senken.

Auch in der Literatur ließ sich in einigen Studien bei einem Zugang über die Art. radialis das Blutungsrisiko im Vergleich zu einem Zugang über die Art. femoralis um 73 % senken (Art. radialis 0,05 % vs. Art. femoralis 2,3 %) (86). In anderen Untersuchungen zu akuten Eingriffen ließ sich das Blutungsrisiko sogar noch weiter senken (Art. radialis 0 % vs. Art. femoralis 8 %) (80).

Wegen der höheren Erfolgsrate sollte bei Notfalleingriffen, bei denen der erste Zugang zur möglichst schnellen Rekanalisation führen soll, auf den femoralen Zugang zurückgegriffen werden, auch wenn dadurch das Blutungsrisiko erhöht wird.

Bei elektiven Eingriffen allerdings empfiehlt sich der radiale Zugang, da dadurch das Risiko von Komplikationen gesenkt werden kann (Tabelle 20).

4.1.7 Kosten der verschiedenen Eingriffe

Anhand der unterschiedlichen Untersuchungszeiten, Liegezeiten und des Materialverbrauchs ließen sich die unterschiedlichen Kosten der Untersuchungen berechnen und diese zeigten durchweg höhere Kosten bei Eingriffen über die Art. femoralis.

So lagen die durchschnittlichen Kosten bei einer Koronarangiographie mit Zugang über die Art. femoralis um 60,23 € und bei einem Koronarstenting sogar durchschnittlich um 192,73 € über den Kosten bei Zugang über die Art. radialis.

Bei weiterer Unterteilung der Eingriffe nach elektiv und Notfall wird dieser Kostenunterschied noch deutlicher und betrug bei elektiver Koronarangiographie (Art. radialis vs. Art. femoralis) 50,43 € und bei elektivem Koronarstenting 42,55 €.

Der Kostenunterschied zwischen den unterschiedlichen Zugangswegen bei Notfalleingriffen betrug sogar 316,75 € bei Koronarstenting. Bei Notfallkoronarangiographie gab es keinen signifikanten Kostenunterschied.

Diese Kostenunterschiede lassen sich besonders durch die längeren Liegezeiten nach einer Koronarangiographie oder einem Koronarstenting über die Art. femoralis erklären, aber auch der durchschnittliche Katheterverbrauch ist bei Zugängen über die Art. femoralis signifikant höher (Tabelle 19, 22).

Dass der Kostenunterschied bei Notfalleingriffen im Vergleich zu elektiven Eingriffen so hoch ist, lässt sich auch durch die durchschnittlich um 2,87 Tage längere Liegezeiten nach einem Koronarstenting über die Art. femoralis erklären. Diese Unterschiede der Liegezeiten sind mit 0,28 Tagen bzw. 0,34 Tagen nach elektiven Eingriffen nicht so hoch.

Bemerkenswert ist, dass die Gesamtkosten bei radialen Zugängen signifikant niedriger als bei femoralen Zugängen sind, obwohl die eigentlichen Eingriffszeiten der radialen Zugänge über denen der femoralen Zugänge liegen und dadurch zu höheren Eingriffskosten führen. Diese Eingriffszeiten und damit die Eingriffskosten ließen sich vermutlich durch technische Verbesserungen wie z.B. die Entwicklung spezieller Radialiskatheter weiter senken.

Ein weiterer interessanter Punkt ist die größere Standardabweichung der Kosten bei Eingriffen über die Art. femoralis. Diese kann z.B. ein Ausdruck dafür sein, dass es bei Eingriffen über die Art. femoralis häufiger zu schwereren postprozeduralen Komplikationen wie z.B. Blutungen kommt und die Patienten daher länger im Krankenhaus bleiben müssen.

Wenn man bedenkt, dass 2005 alleine in Deutschland 770.704 diagnostische Herzkatheterisierungen und 269.503 Koronarinterventionen durchgeführt wurden (93), ließen

sich bei alleiniger Verwendung des radialen anstatt des femoralen Zugangs etwa 38.867.000 € in der elektiven Diagnostik und ca. 11.467.000 € bei den elektiven Koronarinterventionen sparen. Da der Kostenunterschied bei Notfalleingriffen noch deutlich größer ist, ließen sich die Kosten bei Verwendung des radialen Zugangsweges für die Notfalleingriffe weiter senken. Da die Anzahl der Koronarangiographien und der Koronarinterventionen seit Jahren zunimmt, könnten die Kosteneinsparungen für das Gesundheitssystem bei Verwendung des radialen Zugangsweges noch weiter gesteigert werden ⁽⁹³⁾. Dies ist daher wichtig, da die so eingesparten finanziellen Mittel, in einem unter finanziellen Druck stehenden Gesundheitssystem, an anderer Stelle eingesetzt werden könnten.

Dieser Punkt spricht für einen Eingriff über die Art. radialis.

4.2 Ergebnisse des Teilaspektes der Studie: Vergleich unterschiedlicher Kathetersysteme bei femoralen Zugang (Amplatz AR1 vs. Judkins JR)

4.2.1 Einfluss der verwendeten Katheter auf die Eingriffsdauer, die Strahlendosis und die Liegezeit bei Koronarangiographie und Koronarstenting

Bei den Koronarangiographien über die Art. femoralis lassen sich die durchschnittliche Eingriffsdauer, die Strahlenbelastung, der Katheterverbrauch und die Liegezeit durch den Einsatz eines Amplatz AR1 Katheters anstatt eines Judkins JR Katheters signifikant senken (Tabelle 23).

Die geringeren Schwankungen der Standardabweichung bei der Eingriffsdauer und der Liegezeit bei Verwendung eines Amplatz AR1 Katheters sprechen für eine geringere Komplikationsrate.

Diese Ergebnisse sprechen für eine häufigere Verwendung von Amplatz AR1 Kathetern bei der Koronarangiographie, da sich dadurch sowohl die Strahlenbelastung, als auch die Eingriffsdauer, die Liegezeit und damit annehmbar die Lebensqualität des Patienten sowie die Kosten des Eingriffs reduzieren lassen.

4.2.2 Einfluss der verwendeten Katheter auf die Eingriffsdauer, die Strahlendosis und die Liegezeit, weiter unterteilt nach elektiv und Notfalleingriff

Lediglich bei elektiver Koronarangiographie über die Art. femoralis gibt es signifikante Unterschiede im Hinblick auf die Dauer des Eingriffs, die Durchleuchtungszeit und die Strahlendosis (Tabelle 24).

Dies liegt wahrscheinlich an den ansonsten geringen Fallzahlen: KF(no) (N=78), SF(el) (N=146), SF(no) (N=69) und sollte in einer weiteren Untersuchung mit einer größeren Fallzahl erneut untersucht werden, um gegebenenfalls signifikante Ergebnisse zu erzielen.

Die genannten Ergebnisse sprechen für die häufigere Verwendung von Amplatz AR1 Kathetern bei elektiven Koronarangiographien, da dadurch die Strahlenbelastung des Patienten (und des Herzkatheterlaborpersonals) sowie die Kosten (kürzere Untersuchungsdauer, geringerer Katheterverbrauch) gesenkt werden können.

5. Zusammengefasste Ergebnisse

Tabelle 25: Übersicht der Vor- und Nachteile bei den unterschiedlichen Zugangswegen unterteilt nach Art. radialis vs. Art. femoralis und elektiv vs. Notfalleingriff

Eingriff	KR (el)	KF (el)	KR (no)	KF (no)	SR (el)	SF (el)	SR (no)	SF (no)
Dauer des Eingriffs	-	+	-	+	-	+	-	+
Strahlendosis	-	+	-	+	-	+	-	+
Wechsel des Zugangsweges	-	+	-	+	-	+	-	+
Komplikationen	+	-	+	-	+	-	+	-
Liegezeit nach Eingriff	+	-	+	-	+	-	+	-
Eingriffskosten	+	-	+	-	+	-	+	-

Untersuchungsdauer, Strahlendosis und die Anzahl der Wechsel des Zugangsweges sind sowohl für das Koronarstenting als auch für die Koronarangiographie bei einem Zugang über die Art. radialis im Vergleich zur Art. femoralis erhöht.

Gleichzeitig lassen sich beim Koronarstenting und der Koronarangiographie durch Zugang über die Art. radialis die Liegezeit, die Kosten sowie die Häufigkeit der zugangsspezifischen Komplikationen verringern (Tabelle 25).

Anhand dieser Studie empfiehlt sich der femorale Zugangsweg besonders bei Notfalleingriffen, bei denen die Eingriffsdauer möglichst kurz sein sollte, da über diesen Zugangsweg eine Revaskularisation der Herzgefäße am schnellsten und mit der höchsten Erfolgsrate erreicht werden kann und die Kosten eine untergeordnete Rolle spielen sollten. Weiterhin empfiehlt sich der femorale Zugangsweg vor allem bei jüngeren Patienten, bei denen die stärkere Strahlenbelastung und ihre langfristigen unerwünschten Effekte vermieden werden sollten.

Der radiale Zugangsweg empfiehlt sich hingegen bei elektiver Koronarangiographie und bei elektivem Koronarstenting vor allem älterer Patienten, da sich dadurch die zugangsspezifischen Komplikationen, die Liegezeit nach erfolgtem Eingriff und die Kosten verringern lassen.

Künftige, technische Verbesserungen könnten die Eingriffszeit und die Strahlenbelastung bei radialem Zugang senken und diesem Verfahren so zu einem weiteren Durchbruch verhelfen.

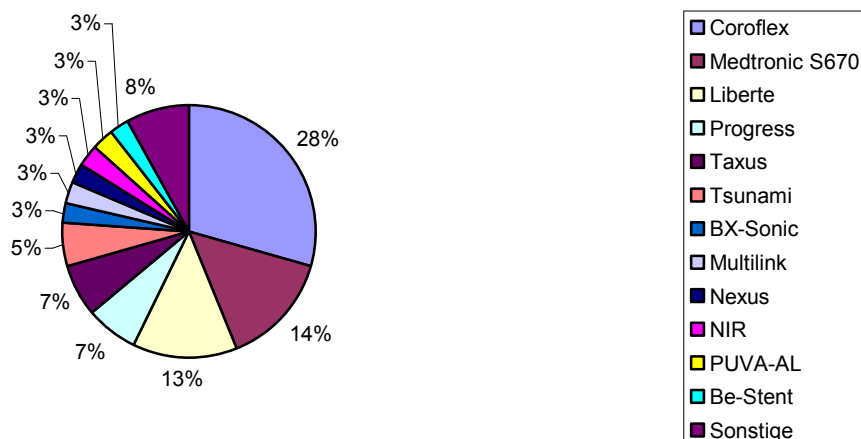
Bei einem Zugang über die Art. femoralis kann sich der Einsatz eines Amplatz AR1 Katheters anstatt des Judkins JR Katheters bei der angiographischen Darstellung der rechten Koronararterie als nützlich erweisen, da sich dadurch die Untersuchungszeit, die Strahlendosen und der Katheterverbrauch verringern lassen.

6. Anhang

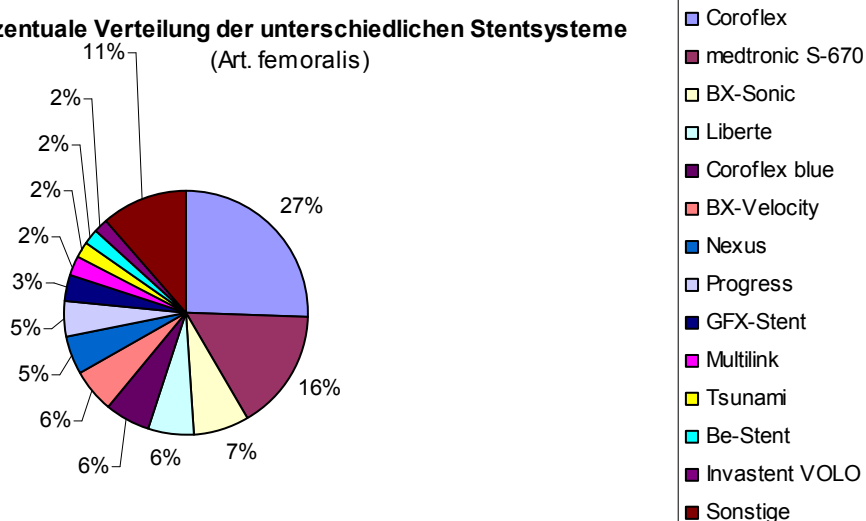
Einzelartikel der Preisberechnung der Eingriffe:

Heparin-Natrium Inj. Lsg. 25.000/5ml	Isot. Kochsalzlg. Inf. Fl. 250ml Ecoflac plus
Isot. Kochsalzlg. z. Spülen u. Bef. 1000ml Plastik	Dreiwegehahn blau Codan
Druckverband Beese	Kanülen 0,9 * 70 mm 20G * 23 / 4
Kanülen 1,8 * 40 mm 40 * 18	Kanülen Nr. 18 0,45 * 25 26 G * 1
Spritzen 20 ml	Heidelberger Verlängerung 140 cm
Intrafix air G 150 cm	Sterilkompressen 10 * 10 cm / 12-fach/ 5 st.
Tricoplast 2,5 * 8 cm	Imeron 350 Infusion 50 ml
Latexhandschuhe unsteril puderfrei	Nierenschalen, Pappe
Einmalrasierer	Koronarkatheter
Pigtail-Katheter	Einmalunterlagen Molinea plus, 40 * 60 cm
Vala Protect, 80 * 210 cm, Schutzlaken, basic	Protegrity microSMT, OP-Handschuh
OP-Kittel	Applikations-Set f. Rö.-Kontrast. 30 cm Schlauch
Folienbeutel Fernbedienung 100 * 280 mm, m. Zugb.	Angiographie-Spritze 150 ml zu Angiomat 6000
Koronarkatheter	EKG Elektrode Cleartrace f. Erwachsene
ABE – Universalbinde, 15 cm	CD-Rohlinge 80 Min. 700 MB bedruckt
Angio-Set	Schleuse
Kosten der Ärzte	Kosten der Funktionskräfte

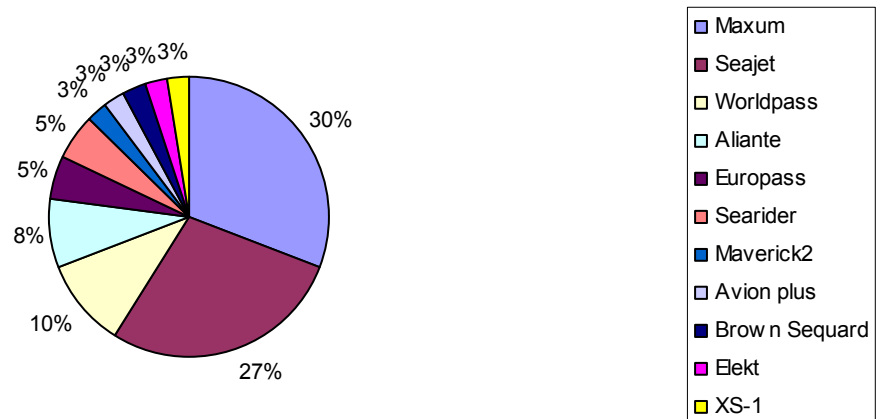
**Prozentuale Verteilung der unterschiedlichen Stentsysteme
(Art. radialis)**



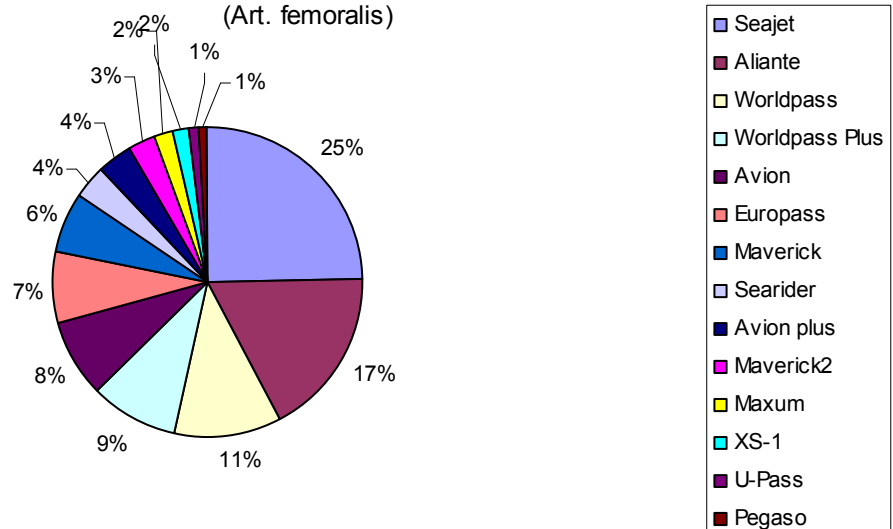
**Prozentuale Verteilung der unterschiedlichen Stentsysteme
(Art. femoralis)**



**Prozentuale Verteilung der unterschiedlichen PTCA Systeme
(Art. radialis)**



**Prozentuale Verteilung der unterschiedlichen PTCA Systeme
(Art. femoralis)**



	KF (el)	KR (el)	SF (el)	SR (el)	KF (no)	KR (no)	SF (no)	SR (no)
Eingriffsdauer	$\chi = 197,085$	$\chi = 111,883$	$\chi = 36,603$	KS = 0,052	KS = 0,093	KS = 0,034	KS = 0,145	KS = 0,101
Durchleuchtungszeit	$\chi = 260,552$	$\chi = 207,127$	$\chi = 108,757$	KS = 0,089	KS = 0,134	KS = 0,103	KS = 0,137	KS = 0,102
Bestrahlungsdosis	$\chi = 258,227$	$\chi = 95,124$	$\chi = 95,124$	KS = 0,109	KS = 0,087	KS = 0,063	KS = 0,079	KS = 0,058
Kontrastmittel	$\chi = 262,397$	$\chi = 141,506$	$\chi = 20,410$	KS = 0,047	KS = 0,067	KS = 0,073	KS = 0,075	KS = 0,104
Liegezeit	$\chi = 137,019$	$\chi = 88,794$	$\chi = 69,520$	KS = 0,193	KS = 0,146	KS = 0,043	KS = 0,058	KS = 0,043

7. Literaturverzeichnis

- 1 Kröhnert S., Münz R: URL: http://www.berlin-institut.org/fileadmin/user_upload/handbuch_texte/pdf_Kroehnert_Muenz_Mortalitaet_2008.pdf (aufgerufen am 20.01.2010)
- 2 Bethesda: NHLBI morbidity and mortality chartbook. National Heart, Lung, and Blood Institute, May 2002. URL: <http://www.nhlbi.nih.gov/resources/docs/cht-book.htm>
- 3 Renz-Polster H., Krautzig S., Braun J. (2004): Basislehrbuch Innere Medizin. 3. Auflage. Urban & Fischer-Verlag, München.
- 4 Dietel M. (2002): Harrisons Innere Medizin. Dt. Ausgabe der 15. Auflage. ABW Wissenschaftsverlag, Berlin.
- 5 Classen M., Diehl V., Kochsiek K. (2004): Innere Medizin. 5.Auflage. Urban & Fischer Verlag München.
- 6 Assmann, G., Cullen, P., Schulte, H. (2002): Simple scoring scheme for calculating the risk of acute coronary events based on the 10-year follow-up of the prospective cardiovascular Munster (PROCAM) study. *Circulation*, 105, 310–5.
- 7 Anderson, K. M., Wilson, P. W., Odell, P. M., Kannel, W. B. (1991): An updated coronary risk profile. A statement for health professionals. *Circulation*, 83, 356–62.
- 8 Kasper D.L., Braunwald E., Hauser S., Longo D., Jameson J.L., Fauci A. (2004): Harrison – Principles of Internal medicine. 16. Auflage. Verlag McGraw-Hill Professional.
- 9 Greten H., (1999): Thieme Innere Medizin – TIM. 1. Auflage. Georg Thieme Verlag Stuttgart.
- 10 Statistisches Bundesamt – Todesursachen in Deutschland. URL: http://www.gbe-bund.de/oowa921-install/servlet/oowa/aw92/WS0100/_XWD_FORMPROC?TARGET=&PAGE=_XWD_854&OPINDEX=1&HANDLER=_XWD_CUBE.SETPGS&DATACUBE=_XWD_880&D.000=3728&D.001=1000001&D.016=10040&D.003=1000004&D.022=9991&D.011=2963 (aufgerufen am 20.01.2010)
- 11 Gesundheit auf einen Blick, OECD. URL: http://www.books.google.de/books?id=SaiM9gA2-NkC&pg=PT30&lpg=PT30&dq=sterberaten+khk&source=bl&ots=ztsCkawhdH&sig=pGYrs3lAlKkatKfv1ztcnqJGzUQ&hl=da&ei=6ZBYS9_lFtOG-Qbi55XqCA&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CAcQ6AEwAA#v=onepage&q=sterberaten%20khk&f=false (aufgerufen am 20.01.2010)
- 12 Morin R, Gerber T, McCollough C. (2003): Radiation dose in computed tomography of the heart. *Circulation*, 107, 917–22.

- 13 Committee to Assess Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation NRCNAoS. Health risks from exposure to low levels of ionizing radiation: BEIR VII – Phase 2. Executive Summary. URL: <http://www.nap.edu/catalog/11340.html> 20061–424 (aufgerufen am 07.07.2009)
- 14 Coles D.R., Smail M.A., Negus I.S., Wilde P., Oberhoff M., Karsch K.R. et al. (2006): Comparison of radiation doses from multislice computed tomography coronary angiography and conventional diagnostic angiography. *J Am Coll Cardiol*, 47, 1840–5.
- 15 Schwitter J. (2007): Abklärung der koronaren Herzkrankheit mittels Herz-MR oder Mehrzeilen-CT. *Kardiovaskuläre Medizin*, 10, 126–138.
- 16 Ärzte Zeitung online: Katheteruntersuchungen ohne Strahlenbelastung. URL: <http://www.mwi-gmbh.de/panorama/?sid=535413> (aufgerufen am 20.10.2010)
- 17 Dietz R., Rauch B. (2003): Leitlinien zur Diagnose und Behandlung der chronischen koronaren Herzerkrankung der deutschen Gesellschaft für Kardiologie – Herz- und Kreislaufforschung (DGK). *Z. Kardiol*, 92, 501-521.
- 18 Ammann P., Brunner-La Rocca H., Angehrn W., Roelli H., Sagmeister M., Rickli H. (2003): Procedural complications following diagnostic coronary angiography are related to the operator's experience and the catheter size. *Cath. Cardiovasc. Intervent.*, 59, 13–8.
- 19 Seldinger S.I. (1953): Catheter replacement of the needle in percutaneous arteriography; a new technique. *Acta radiol* 39, 368-76, PMID 13057644. Higgs, Z. C., Macafee, D. A., Braithwaite, B. D., Maxwell-Armstrong, C. A. (2005): The Seldinger technique: 50 years on. *Lancet*, 366, 1407-9, PMID 16226619.
- 20 Ricketts H.J., Abrams, H.L. (1962): Percutaneous selective coronary cine arteriography. *JAMA*, 181, 620-4, PMID 14492075.
- 21 Judkins M.P. (1967): Selective coronary arteriography. A percutaneous transfemoral technique. *Radiology* 89 (5), 815-24, PMID 6048074.
- 22 Krakau I., Lapp H.: *Das Herzkatheterbuch*. 2.Auflage. Georg Thieme Verlag, Stuttgart.
- 23 GUSTO (1993): Angiographic investigators: The effects of tissue plasminogen activator, streptokinase, or both on coronary-artery patency. Ventricular function, and survival after acute myocardial infarction. *N engl. J Med*, 329, 283-290.
- 24 Emmerich L., Ulbricht J., Probst H., Krakau I., Hoffmeister T, Lürken E., Thale J., Gülker H., (1995): Primary mechanical recanalisation of occluded coronary arteries without prior thrombolytic therapy in patients with acute myocardial infarction. *Z Kardiol* 84, Suppl 2, 5-24.
- 25 Krakau I., Schulze-Waltrop N., Arens R., Wilgeroth W., Heuer H., (1996): Perkutane transluminale Koronarangioplastie (PTCA) als primärtherapie bei akutem Myokardinfarkt. *Dtsch med. Wschr.* 121, 80.

- 26 Myler R.K., Shaw B.E., Stertzer S.H. et al. (1992): Frequency of angiographic detection and qualitative assesment of coronary angioplasty: current experience and analysis. *J Am Coll Cardiol* 19, 2033-2054.
- 27 Psaty B.M., Heckbert S.R., Koepsell T.D., Siscovick D.S., Raghunathan T.E., Weiss N.S., Rosendaal F.R., Lemaitre R.N., Smith N.L., Wahl P.W. (1995): The risk of myocardial infarction associated with antihypertensive drug therapies. *JAMA*, 274 (8), 620-5.
- 28 Bradford W.D., Chen J., Krumholz H.M., (1999): Under-utilisation of beta-blockers after acute myocardial infarction. Pharmacoeconomic implications. *Pharmacoeconomics*, 15 (3), 257-68.
- 29 Gottlieb S.S., McCarter R.J., Vogel R.A. (1998): Effect of beta-blockade on mortality among high-risk and lowrisk patients after myocardial infarction. *N. Engl. J. Med.*, 339 (8) , 489-97.
- 30 Miller D.B. (1997): Secondary prevention for ischemic heart disease. Relative numbers needed to treat with different therapies. *Arch. Intern. Med.*, 157 (18), 2045-52.
- 31 Teerlink J.R., Massie B.M. (1999): Beta-adrenergic blocker mortality trials in congestive heart failure. *Am. J. Cardiol.*, 84 (9A), 94R-102R.
- 32 Shibata M.C., Flather M.D., Wang D. (2001): Systematic review of the impact of beta blockers on mortality and hospital admissions in heart failure. *Eur. J. Heart Fail*, 3 (3), 351-7.
- 33 NVL KHK Langfassung April 2008, Vers. 1.8 URL: http://www.versorgungsleitlinien.de/themen/khk/nvl_khk (aufgerufen am 20.01.2010)
- 34 Psaty B.M., Smith N.L., Siscovick D.S., Koepsell T.D., Weiss N.S., Heckbert S.R., Lemaitre R.N., Wagner E.H., Furberg C.D. (1997): Health outcomes associated with antihypertensive therapies used as first-line agents. A systematic review and meta-analysis. *JAMA*, 277 (9), 739-45.
- 35 Johnson S.M., Mauritsen D.R., Willerson J.T., Hillis L.D. (1981): A controlled trial of verapamil for Prinzmetal's variant angina. *N. Engl. J. Med.*, 304 (15), 862-6.
- 36 Johnson S.M., Mauritsen D.R., Willerson J.T., Cary J.R., Hillis L.D. (1981): Verapamil administration in variant angina pectoris. Efficacy shown by ecg monitoring. *JAMA*, 245 (18), 1849-51.
- 37 Chahine R.A., Feldman R.L., Giles T.D., Nicod P., Raizner A.E., Weiss R.J., Vanov S.K. (1993): Randomized placebo-controlled trial of amlodipine in vasospastic angina. Amlodipine Study 160 Group. *J. Am. Coll. Cardiol.*, 21 (6), 1365-70.
- 38 Arzneimittelkommission der deutschen Ärzteschaft (AkdÄ). Therapieempfehlung arterielle Hypertonie. 2nd ed. Köln: 2004 URL: http://www.akdae.de/35/74_Hypertonie_2004_2_Auflage.pdf (aufgerufen am 25.02.2009)

- 39 Arzneimittelkommission der deutschen Ärzteschaft (AkdÄ). Therapieempfehlung Chronische Herzinsuffizienz. 2nd ed. Köln: 2001 URL: http://www.akdae.de/35/88_Herzinsuffizienz_2001_2Auflage.pdf (aufgerufen am 25.02.2009)
- 40 Grimm R.H., Margolis K.L., Papademetriou V., Cushman W.C., Ford C.E., Bettencourt J., Alderman M.H., Baslie J.N., Black H.R., DeQuattro V., Echfeldt J., Hawkins C.M., Proschan M. (2002): The ALLHAT Collaborative Research Group. Major outcomes in high-risk hypertensive patients randomized to angiotensin-converting enzyme inhibitor or calcium channel blocker vs diuretic: The Antihypertensive and Lipid-Lowering Treatment to Prevent Heart Attack Trial (ALLHAT). *JAMA*, 288 (23), 2981-97.
- 41 Hunt S.A., Baker D.W., Chin M.H., Cinquegrani M.P., Feldman A.M., Francis G.S., Ganiats T.G., Goldstein S., Gregoratos G., Jessup M.L., Noble R.J., Packer M., Silver M.A., Stevenson L.W., Gibbons R.J., Antman E.M., Alpert J.S., Faxon D.P., Fuster V., Gregoratos G., Jacobs A.K., Hiratzka L.F., Russell R.O., Smith S.C., Jr. (2001): ACC/AHA guidelines for the evaluation and management of chronic heart failure in the adult: executive summary. A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee to Revise the 1995 Guidelines for the Evaluation and Management of Heart Failure): Developed in Collaboration With the International Society for Heart and Lung Transplantation; Endorsed by the Heart Failure Society of America. *Circulation*, 104 (24), 2996-3007.
- 42 Chobanian A.V., Bakris G.L., Black H.R., Cushman W.C., Green L.A., Izzo J.L., Jr., Jones D.W., Materson B.J., Oparil S., Wright J.T., Jr., Roccella E.J. (2003): The Seventh Report of the Joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure: the JNC 7 report. *JAMA* 289 (19), 2560-72.
- 43 Hebert P.R., Gaziano J.M., Chan K.S., Hennekens C.H. (1997): Cholesterol lowering with statin drugs, risk of stroke, and total mortality. An overview of randomized trials. *JAMA*, 278 (4), 313-21.
- 44 Wilt T.J., Bloomfield H.E., MacDonald R., Nelson D., Rutks I., Ho M., Larsen G., McCall A., Pineros S., Sales A. (2004): Effectiveness of statin therapy in adults with coronary heart disease. *Arch. Intern. Med.*, 164, 1427-36.
- 45 Antiplatelet Trialists' Collaboration. (1994): Collaborative overview of randomised trials of antiplatelet therapy-I: Prevention of death, myocardial infarction, and stroke by prolonged antiplatelet therapy in various categories of patients. *BMJ*, 308 (6921), 81-106.
- 46 Gum P.A., Thamarasan M., Watanabe J., Blackstone E.H., Lauer M.S. (2001): Aspirin use and all-cause mortality among patients being evaluated for known or suspected coronary artery disease: A propensity analysis. *JAMA*, 286 (10), 1187-94.
- 47 Lauer M.S. (2002): Clinical practice. Aspirin for primary prevention of coronary events. *N. Engl. J. Med.*, 346 (19), 1468-74.

- 48 Juul-Moller S., Edvardsson N., Jahnmatz B., Rosen A., Sorensen S., Omblus R. (1992): Double-blind trial of aspirin in primary prevention of myocardial infarction in patients with stable chronic angina pectoris. The Swedish Angina Pectoris Aspirin Trial (SAPAT) Group. *Lancet*, 340 (8833), 1421-5.
- 49 Manson J.E., Grobbee D.E., Stampfer M.J., Taylor J.O., Goldhaber S.Z., Gaziano J.M., Ridker P.M., Buring J.E., Hennekens C.H. (1990): Aspirin in the primary prevention of angina pectoris in a randomized trial of United States physicians. *American Journal of Medicine*, 89 (6), 772-6.
- 50 Manson J.E., Tosteson H., Ridker P.M., Satterfield S., Hebert P., O'Connor G.T., Buring J.E., Hennekens C.H. (1992): The primary prevention of myocardial infarction. *N. Engl. J. Med.*, 326 (21), 1406-16.
- 51 Ridker P.M., Manson J.E., Gaziano J.M., Buring J.E., Hennekens C.H. (1991): Low-dose aspirin therapy for chronic stable angina. A randomized, placebo-controlled clinical trial. *Ann. Intern. Med.*, 114 (10), 835-9.
- 52 Weisman S.M., Graham D.Y. (2002): Evaluation of the benefits and risks of low-dose aspirin in the secondary prevention of cardiovascular and cerebrovascular events. *Arch. Intern. Med.*, 162 (19), 2197-202.
- 53 Schmidt D., Zimmer M. (2004): *Chirurgie*. 1.Auflage. Urban & Fischer.
- 54 Renz-Polster H., Krautzig S., Braun J. (2006): *Basislehrbuch Innere Medizin*, 3.Auflage. Urban & Fischer.
- 55 Stettler C., Wandel S., Allemann S., Kastrati A., Morice M.C., Schömig A., Pfisterer M.E., Stone G.W., Leon M.B., de Lezo J.S., Goy J., Park S., Sabaté M., Suttorp M.J., Kelbaek H., Spaulding C., Menichelli M., Vermeersch P., Dirksen M.T., Cervinka P., Petronio A.S., Nordmann A.J., Diem P., Meier B., Zwahlen M., Reichenbach S., Trelle S., Windecker S., Jüni P. (2007): „Outcomes associated with drug-eluting and bare-metal stents: a collaborative network meta-analysis.” *Lancet*, 370, 938-48.
- 56 Roiron C., Sanchez P., Bouzamondo A. et al. (2006): Drug eluting stents: an updated meta-analysis of randomised controlled trials. *J. Am. Heart*, 92, 641.
- 57 Mueller R. L., Sanborn T. A. (1995): The history of interventional cardiology: cardiac catheterization, angioplasty, and related interventions. *J. Am Heart*, 129, 146-72, PMID 7817908.
- 58 Forssmann W. (1929): Sondierung des rechten Herzens. *Klin. Wochenschr.*, (8), 2085.
- 59 Klein O. (1930): Zur Bestimmung des zirkulatorischen minuten Volumens nach dem Fickschen Prinzip. *Munich Med. Wochenschr.*, 77, 1311.

- 60 Connolly J. E. (2002): The development of coronary artery surgery: personal recollections. *J. Tex. Heart Inst.*, 29, 10-4, PMID 11995842.
- 61 Proudfit W.L., Shirey E.K., Sones F.M. (1966): Selective cine coronary arteriography: correlation with clinical findings in 1,000 patients. *Circulation*, 33, 901-10.
- 62 Dotter C.T., Judkins M.P. (1964): Transluminal treatment of arteriosclerotic obstruction. Description of a new technique and a preliminary report of its application. *Circulation*, 30, 654-70, PMID 14226164.
- 63 King S.B. 3rd., Schlumpf M. (1993): Ten-year completed follow-up of percutaneous transluminal coronary angioplasty: the early Zurich experience. *J. Am. Coll. Cardiol.*, 22, 353-60, PMID 8335804.
- 64 Buszman P., Szkrobka I., Gruszka A., Parma R., Tendra Z. et al. (2007): Comparison of effectiveness of coronary artery bypass grafting versus percutaneous coronary intervention in patients with ischemic cardiomyopathy. *J. Am. Cardiol.*, 99, 36-41.
- 65 Louvard Y., Lefevre T., Allain A., Morice M. (2001): Coronary angiography through the radial or the femoral approach: The CARAFE study. *Catheter Cardiovasc. Interv.*, 52, 181-7.
- 66 Kiemeneij F., Laarman G. (1995): Transradial artery coronary angioplasty. *J. Am. Heart*, 129, 1-8.
- 67 Mann T., Cubeddu G., Schneider J. et al. (1996): Clinical evaluation of current stent deployment strategies. *J. Invas. Cardiol.*, 8, 30-5.
- 68 Kiemeneji F., Laarman G.J., Odekerken D., Slagboom T. (1997): A randomised comparison of percutaneous transluminal coronary angioplasty by the radial, brachial and femoral approaches: the access study. *J. Am. Coll. Cardiol.*, 29, 1269-75.
- 69 Chossat R., Black A., Bossi I., Fajadet J., Marco J. (2000): Vascular complications and clinical outcome after coronary angioplasty with platelet IIb/IIIa receptor blockade: comparison of transradial vs. Transfemoral arterial access. *J. Eur. Heart*, 21, 662-7.
- 70 Cooper C.J., El-Shiekh R.A., Cohen D.J., Blaesing L., Burket M.W., Basu A. et al. (1999): Effect of transradial access on quality of life and cost of cardiac catheterisation: A randomised comparison. *J. Am. Heart*, 138, 430-6.
- 71 Mann T., Cubeddu G., Bowen J. et al. (1998): Stenting in acute coronary Syndromes: A comparison of radial versus femoral access sites. *J. Am. Coll. Cardiol.*, 32, 572-6.
- 72 Schneider J., Cubeddu G., Mann T. et al. (1996): Right radial access for PTCA: A prospective study demonstrates reduced complications and hospital charges. *J. Invas. Cardiol.*, 8, 40-4.
- 73 Archbold R.A., Robinson N.M., Schilling R.J. (2004): Radial artery access for coronary angiography and percutaneous coronary intervention. *JBM.*, 329, 443-6.

- 74 Cooper C.J., El-Shiekh R.A., Cohen D.J., Blaesing L., Burket M.W., Basu A. et al. (1999): Effect of transradial access on quality of life and cost of cardiac catheterisation: A randomised comparison. *J. Am. Heart*, 138, 430-6.
- 74a Dr Sanjit S Jolly MD, Prof Salim Yusuf MBBS, Prof John Cairns MD, Shamir R Mehta MD et al. (2011): Radial versus femoral access for coronary angiography and intervention in patients with acute coronary syndromes (RIVAL) randomised, parallel group, multicentre trial
- 74b Jolly SS, Amlani S, Hamon M, et al., Radial versus femoral access for coronary angiography or intervention and the impact on major bleeding and ischemic events: a systematic review and meta-analysis of randomized trials, *Am Heart J*, 2009;157(1):132–40.
- 75 Benit E., Vranckx P., Jaspers L., Jackmaert R., Poelmans C., Coninx R. (1996): Frequency of a positive modified Allen's test in 1000 consecutive patients undergoing cardiac catheterisation. *Cathel Cardiovasc. Diagn.*, 38, 352-4.
- 76 Philippe F., Meziane T., Larrazet F., Dibie A. (2004): Comparison of the radial and femoral arterial approaches for coronary angioplasty in acute myocardial infarction. *Arch. Mal Coeur Vaiss.*, 97 (4), 291-8. PMID: 15182071.
- 77 Berrington de González A., Darby S. (2004): Risk of cancer from diagnostic x-rays: Estimates for the UK and 14 other countries. *Lancet*, 363, 345-351.
- 78 Cardis E., Vrijheid M., Blettner M., Gilbert E., Hakama M., Hill C. et al. (2005): Risk of cancer after low doses of ionising radiation: Retrospective cohort study in 15 countries. *BMJ.*, 331, 77–82.
- 79 Trabattoni D., Bartorelli A.L., Montorsi P., Fabbiochi F., Loaldi A., Galli S., Ravagnani P., Cozzi S., Grancini L., Liverani A., Leon M.E., Robertson C., Boyle P. (2003): Catheter Cardiovasc. Interv., 58, 20-28.
- 80 Philippe F., Meziane T., Larrazet F., Dibie A. (2004): Comparison of the radial and femoral arterial approaches for coronary angioplasty in acute myocardial infarction. *Arch Mal Coeur Vaiss.*, 97 (4), 291-8. PMID: 15182071
- 81 Cruden N.L., Teh C.H., Starkey I.R., Newby D.E. (2007): Reduced vascular complications and length of stay with transradial rescue angioplasty for acute myocardial infarction. *Catheter Cardiovasc. Interv.*, 70 (5), 670-5. PMID: 17563094
- 82 Elizaga C. J. (2003): Radial Artery Access: Should it be used more often? *Rev. Esp. Cardiol*, 56, 124-7.
- 83 Savchenko A. P., Matchin I., Rudenko B. A. (2002): Coronary angiography via femoral and radial accesses in patients with extensive atherosclerosis. *Vestn. Rentgenol. Radiol.*, 1, 16-20. PMID:12715445.
- 84 Rigattieri S., Ferraiuolo G., Loschiavo P. (2007): Transradial access in a cath lab with moderate procedural volume: a single operator's experience. *Cardioangiol.*, 55 (3), 303-9. PMID: 17534248.

- 85 Yigit F., Sezgin A. T., Erol T., Demircan S., Tekin G. et al. (2006): An experience on radial versus femoral approach for diagnostic coronary angiography in Turkey. *An.adolu. Kardiyol. Derg.*, 6, 229-34. PMID:16943106.
- 86 Jolly S.S., Amlani S., Hamon M., Yusuf S., Mehta S.R. (2009): Radial versus femoral access for coronary angiography or intervention and the impact on major bleeding and ischemic events: a systematic review and meta-analysis of randomized trials. *Am. Heart J.*, 157 (1), 132-40. PMID: 19081409
- 87 Statistisches Bundesamt 2006 - 15 - 0706. Ergebnisse des Mikrozensus. URL: <http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Presse/pk/2006/Mikrozensus/Pressebrochure,property=file.pdf> (aufgerufen am 07.07.2009)
- 88 Gesundheitsberichterstattung des Bundes, Tabakkonsum Kapitel 2.5.1 [Gesundheit in Deutschland, 2006] Daten des Telefonischen Gesundheitssurveys 2003 des RKI
- 89 Kelsey S.F., James M., Holubkov A.L., Holubkov R., Cowley M.J., Detre K.M. (1993): *Circulation*, 87, 720-727.
- 90 Eberli F.R. (2004): Prognose nach koronaren Eingriffen. Was erklärt die Unterschiede zwischen Mann und Frau? *Cardiovasc.*, 5, 27-30.
- 91 Geijer H., Persliden J. (2004): Radiation exposure and patient experience during percutaneous coronary intervention using radial and femoral artery access. *Eur. Radiol.*, 14 (9), 1674-80. PMID: 15103500.
- 92 Brück M., Bandorski D., Kramer W., Tillmanns H.-H. (2009): A randomized comparison of transradial and transfemoral approach for coronary angiography and angioplasty. 75. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie, Mannheim.
- 93 Van Buuren F., Mannebach H., Horstkotte D. (2008): 22. Bericht über die Leistungszahlen der Herzkatheterlabore in der Bundesrepublik Deutschland. *Z. Kardiol.*, 2, 320–324.
- 94 Elezi S., Dibra A., Mehilli J. et al. (2006): Vessel size and outcome after coronary drug-eluting stent placement: Results from a large cohort of patients treated with sirolimus- or paclitaxel-eluting stents. *J. Am. Coll. Cardiol.*, 48, 1304-1309.
- 95 Togni M., Eber S., Widmer J. et al. (2005): Impact of vessel size on outcome after implantation of sirolimus-eluting and paclitaxel-eluting stents: A subgroup analysis of the SIRTAX trial. *N. Engl. J. Med.*, 353, 2404-2408.
- 96 Stierle U., Niederstadt C. (2008): *Klinikleitfaden Kardiologie*. 4.Auflage. Urban & Fischer Verlag, München.

Literaturverzeichnis der Abbildungen

- Abbildung 1 Gesundheit auf einen Blick 2007, OECD-Indikatoren (2007), OECD, p. 29
- Abbildung 2 Renz-Polster H., Krautzig S., Braun J. (2006): Basislehrbuch Innere Medizin, 3.Auflage. Urban & Fischer, p. 67
- Abbildung 3 URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Herzinfarkt>. (aufgerufen am 25.02.2009)
- Abbildung 4 URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Herzinfarkt>. (aufgerufen am 25.02.2009)
- Abbildung 5 Renz-Polster H., Krautzig S., Braun J. (2006): Basislehrbuch Innere Medizin, 3.Auflage. Urban & Fischer, p. 80
- Abbildung 6 URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Herzinfarkt>. (aufgerufen am 25.02.2009)
- Abbildung 7 URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Herzinfarkt>. (aufgerufen am 25.02.2009)
- Abbildung 8 Renz-Polster H., Krautzig S., Braun J. (2006): Basislehrbuch Innere Medizin, 3.Auflage. Urban & Fischer, p. 60
- Abbildung 9 Renz-Polster H., Krautzig S., Braun J. (2006): Basislehrbuch Innere Medizin, 3.Auflage. Urban & Fischer, p. 61
- Abbildung 10 URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Herzkatheteruntersuchung> (aufgerufen am 07.07.2009)
- Abbildung 11 Renz-Polster H., Krautzig S., Braun J. (2006): Basislehrbuch Innere Medizin, 3.Auflage. Urban & Fischer, p. 71
- Abbildung 12 Renz-Polster H., Krautzig S., Braun J. (2006): Basislehrbuch Innere Medizin, 3.Auflage. Urban & Fischer, p. 74
- Abbildung 13 Renz-Polster H., Krautzig S., Braun J. (2006): Basislehrbuch Innere Medizin, 3.Auflage. Urban & Fischer, p. 73
- Abbildung 14 URL: <http://www.fda.gov/MedicalDevices/ProductsandMedicalProcedures/DeviceApprovalsandClearances/Recently-ApprovedDevices/ucm081189.htm> (aufgerufen am 20.01.2010)

Danksagung

Ich danke Herrn Prof. Dr. Abderrahman Machraoui für die freundliche Überlassung des Themas der Dissertation sowie für die Bereitstellung der benötigten Untersuchungsdaten. Die vielen hilfreichen Hinweise und zahlreichen Anregungen haben wesentlich zur erfolgreichen Fertigstellung dieser Arbeit beigetragen.

Herrn Momme Maraun, Frau Moldenhauer, Herrn Torben Jürgensen, Frau Heike Mumm und Frau Dr. Gisela Hinrichsen sowie dem gesamten Team des Herz-Katheter-Labors des Diakonissenkrankenhauses, Flensburg, danke ich für die Unterstützung bei der Beschaffung der unterschiedlichsten Informationen und Daten, ohne die es unmöglich gewesen wäre die Arbeit zu vollenden.

Herrn Jin Liang Zhu aus dem Institut für Epidemiologie der Universitätsklinik, Århus, Dänemark gilt mein herzlichster Dank für die Hilfe bei statistischen Fragen.

Herrn Steffen Fuhlbrügge aus dem Studentenwohnheim „Deutsch-Nordische-Burse“ für Hilfen bei kleineren und größeren Computerproblemen.

Anke und Eggert Schättiger für Kost und Logis sowie Lotta Schättiger für die Spaziergänge in Flensburg und Umgebung während der Datenerhebung.

Dr. Katrin Schättiger für Korrekturen, Denkanstöße, Ermutigungen, Dänemark und, und, und...

Herzlichster Dank gilt auch meinen Eltern Maria und Dr. Bernd Elpert für die Durchhalteermutigungen, die konstruktive Kritik und alle weiteren größeren und kleineren Unterstützungen.

Lebenslauf

Frank-Peter Elpert, geboren am 28.2.1979 in Bielefeld

Eltern Maria Elpert, Lehrerin
Dr. med. Bernd Elpert, Internist

Ausbildungsdaten

1985 - 1989	Friedrichschule (Grundschule) in Lippstadt
1989 - 1998	Evangelisches Gymnasium in Lippstadt
2000 – 2007	Studium der Medizin an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, praktisches Jahr (2006-2007): Psychatrie - Zentrum für integrative Psychatrie, Kiel Innere Medizin - Diakonissen-Hospital, Flensburg Chirurgie - Universidad de Concepcion, Concepcion, Chile
5.2007 – heute	Promotion
1.6.2008 - 31.1.2009	Assistenzarzt an der Universitätsklinik Århus, Gastroenterologie (Århus, Dänemark)
1.4.2009 - 31.12.2009	Assistenzarzt in Weiterbildung, Innere Medizin (Horsens, Dänemark)
1.1.2010 - heute	Assistenzarzt in Weiterbildung, Kardiologie, Aalborg Universitätsklinik (Aalborg, Dänemark)
8.4.2010	Vortrag auf der 76. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie „Transradialer versus transfemorale Zugang bei der Koronarangiographie und PCI“. In diesem Zusammenhang Bitte der Zeitschrift „Cardio News“ um Veröffentlichung eines Artikels „Transradialer versus transfemorale Zugang bei der Koronarangiographie und PCI: Ein Methodenvergleich von qualitätssichernden und DRG-relevanten Parametern“

Praxiserfahrungen

1998 – 2000	15 Monate Zivildienst (Betreuung Geistigbehinderter Jugendlicher) (Caphill Blair Drummond, Schottland)
2005	Studentische Hilfskraft am Skillslab (Neurologie) in Kiel

Sprachkenntnisse

Deutsch (Muttersprache); Englisch (sehr gut); Dänisch (sehr gut); Spanisch (gut)