

Aus dem Universitätsklinikum Münster  
Klinik und Poliklinik für Neurologie  
- Direktor: Univ.-Prof. Dr. E. B. Ringelstein -

**Computergestützte Analyse von Flussdaten der  
hirnversorgenden Arterien mit dem CW-Doppler  
als kostengünstige Screeningmethode zur  
Schlaganfallprophylaxe**

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung des doctor medicinae

der Medizinischen Fakultät  
der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

vorgelegt von Oliver Manfred Brinker

aus Rheine

2007

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Westfälischen  
Wilhelms-Universität Münster

**Dekan: Univ.-Prof. Dr. V. Arolt**

**1. Berichtstatter: Univ.-Prof. Dr. I. W. Husstedt**

**2. Berichtstatter: Univ.-Prof. Dr. K.-H. Grotemeyer**

Tag der mündlichen Prüfung: 16.05.2007

Aus dem Universitätsklinikum Münster  
Klinik und Poliklinik für Neurologie  
Direktor: Univ.-Prof. Dr. E. B. Ringelstein  
Referent: Univ.-Prof. Dr. I. W. Husstedt  
Korreferent: Univ.-Prof. Dr. K.-H. Grotemeyer

## **ZUSAMMENFASSUNG**

### **Computergestützte Analyse von Flussdaten der hirnersorgenden Arterien mit dem CWD (Continuous-Wave-Doppler) als kostengünstige Screeningmethode zur Schlaganfallprophylaxe**

Brinker, Oliver Manfred

Ziel der Arbeit ist die frühe Diagnose von Stenosen der hirnersorgenden Arterien durch Einsatz des CWD mit einem computergestützten Auswerteverfahren. Nur große Arterien eignen sich für eine quantitative Auswertung. Es wurden der Meanflow (MF), die Resistance (R) und die Pulsation (P) analysiert. Der MF der ACC (A. carotis communis) und ACI (A. carotis interna) sinken mit steigendem Alter. Der MF der ACE (A. carotis externa) steigt dagegen an. Die R gibt vergleichbarere Werte für ACC, ACI und ACE wieder, da der MF lageabhängig vom Messvolumen ist. Die R der ACI und ACC erhöhen sich mit dem Alter. Stenosen der ACI führen durch Strömungsumkehr in der A. Supratrochlearis zur R-Reduktion der ACE, Sklerosierung der ACE zum R-Anstieg der ACE. R-Differenzen der ACE ändern die R der ACC stärker als die der ACI. MF und R der Kontrollgruppe wurden mit denen von Schlaganfallpatienten ohne Stenose (Patientengruppe 1) verglichen. MF und R der ACC beider Gruppen ergaben zuvor nicht detektierte Stenosen in Gruppe 1. R-Werten der ACI von 0,7 - 0,8 entsprechen eine MF-Reduktion von 30 %, R-Werte > 0,8 von 64 %. Der Vergleich beider Gruppen mit Patientengruppe 2 (Stenose einer ACI) zeigt ein höheres Risiko einer Stenose der Gegenseite bei einseitiger ACI-Stenose. Die Kombination von MF und R plus akustischem Signal erhöht die Selektivität und Sensitivität der CWD. Die computerunterstützte CWD-Analyse eignet sich als kostengünstige Screeningmethode und ist von weit reichender Bedeutung zur Schlaganfallprophylaxe.

Tag der mündlichen Prüfung: 16.05.2007

# Inhaltsverzeichnis

<b>1.</b>	<b>EINLEITUNG</b> .....	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>PATIENTEN, PROBANDEN UND METHODIK</b> .....	<b>4</b>
2.1.	PROBANDEN.....	4
2.2.	PATIENTEN.....	4
2.3.	METHODIK.....	5
2.3.1.	<i>Das Continous-Wave-Doppler-Gerät (CWD)</i> .....	5
2.3.2.	<i>Der Rechner und das Programm</i> .....	6
2.4.	DIE UNTERSUCHUNG.....	7
2.5.	PARAMETER.....	10
2.5.1.	<i>Diagnose</i> .....	10
2.5.2.	<i>Alter</i> .....	11
2.5.3.	<i>Blutdruck (RR)</i> .....	11
2.5.4.	<i>Geschlecht</i> .....	11
2.5.5.	<i>Meanflow (MF)</i> .....	11
2.5.6.	<i>Resistance (R)</i> .....	12
2.5.7.	<i>Pulsation (P)</i> .....	12
2.6.	STATISTISCHE ANALYSE.....	12
<b>3.</b>	<b>ERGEBNISSE</b> .....	<b>14</b>
3.1.	ALLGEMEINES.....	14
3.1.1.	<i>Geeignete Arterien</i> .....	15
3.1.2.	<i>Altersabhängigkeit</i> .....	16
3.1.3.	<i>Blutdruck</i> .....	17
3.1.4.	<i>Geschlecht und arterielles Kaliber</i> .....	18
3.1.5.	<i>Seitenabhängigkeit</i> .....	18
3.2.	KONTROLLGRUPPE.....	19
3.2.1.	<i>Meanflow</i> .....	19
3.2.2.	<i>Resistance (R) und Pulsation (P)</i> .....	20
3.3.	ERGEBNISSE DER PATIENTENGRUPPE 1 IM VERGLEICH MIT DER KONTROLLGRUPPE.....	21
3.3.1.	<i>Meanflow</i> .....	21
3.3.2.	<i>Resistance (R) und Pulsation (P)</i> .....	24
3.4.	ERGEBNISSE DER PATIENTENGRUPPE 2 IM VERGLEICH MIT PATIENTENGRUPPE 1 UND DER KONTROLLGRUPPE.....	26
3.4.1.	<i>Meanflow</i> .....	27
3.4.2.	<i>Resistance (R) und Pulsation (P)</i> .....	28
<b>4.</b>	<b>DISKUSSION</b> .....	<b>29</b>
4.1.	ALLGEMEIN.....	29
4.1.1.	<i>Geeignete Arterien:</i> .....	32
4.1.2.	<i>Diagnose</i> .....	33
4.1.3.	<i>Abhängigkeit vom Untersucher</i> .....	34
4.1.4.	<i>Normalverteilung</i> .....	35
4.1.5.	<i>Beeinflussende Faktoren</i> .....	36
4.1.5.1.	<i>Alter</i> .....	36
4.1.5.2.	<i>Abhängigkeit vom Blutdruck</i> .....	37
4.1.5.3.	<i>Geschlechtsverteilung</i> .....	38
4.1.5.4.	<i>Arteriell Kaliber</i> .....	39
4.1.5.5.	<i>Seitenabhängigkeit</i> .....	40
4.2.	DIE KONTROLLGRUPPE.....	40
4.2.1.	<i>Meanflow</i> .....	40
4.2.2.	<i>Resistance (R) und Pulsation (P)</i> .....	42
4.2.3.	<i>Pulsation</i> .....	47
4.3.	VERGLEICH DER PATIENTENGRUPPE 1 MIT DER KONTROLLGRUPPE.....	47
4.3.1.	<i>Meanflow (MF)</i> .....	49
4.3.2.	<i>Resistance (R) und Pulsation (P)</i> .....	51
4.4.	VERGLEICH DER PATIENTENGRUPPE 2 MIT PATIENTENGRUPPE 1 UND DER KONTROLLGRUPPE.....	54

4.4.1. Meanflow (MF).....	54
4.4.2. Resistance (R) und Pulsation (P).....	55
<b>5. AUSBLICK.....</b>	<b>56</b>
<b>6. ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>59</b>
<b>7. LITERATUR.....</b>	<b>62</b>
<b>8. LEBENSLAUF .....</b>	<b>69</b>
<b>9. DANKSAGUNG.....</b>	<b>71</b>
<b>ABKÜRZUNGEN .....</b>	<b>72</b>
<b>LEGENDE .....</b>	<b>73</b>

## **ANHANG**

I-VIII Rohdaten  
IX-XX Diagramme

# 1. Einleitung

Die mit 50 % an der Spitze der Todesursachenstatistik liegenden Erkrankungen des Herz- und Kreislaufsystems treten mehr und mehr in den Mittelpunkt der medizinischen Forschung (43).

An dritter Stelle der Erkrankungen des Herz- und Kreislaufsystems stehen hierbei Schlaganfälle unterschiedlicher Ätiologie. Sie stellen die zweithäufigste Ursache für Invalidität dar (43). Circa 30 % dieser Patienten sterben während der ersten 30 Tage nach einem ischämischen Insult. Selbst bei Überleben eines Schlaganfalls sind zumeist Einschränkungen der körperlichen und geistigen Fähigkeiten die Folge. 15 % aller klinisch relevanten Schlaganfälle führen zur dauerhaften Einweisung in eine Pflegeinstitution (14).

40 % aller Schlaganfälle gehen dabei auf Stenosen der extrakraniellen Gefäße zurück. Bei weiteren 20 % finden sich kombinierte Stenosen der intra- und extrakraniellen Arterien (1).

Bei Patienten mit zerebrovaskulären Erkrankungen wurden mit einer Häufigkeit von 41,2 % isolierte extrakranielle Stenosen und 33,3 % kombinierte Stenosen (extra- und intrakraniell) festgestellt (14).

Die genaue Kenntnis der Ursachen eines Schlaganfalls ist für die Therapie unverzichtbar (4). Werden Stenosen und Verschlüsse, ob zufällig oder im Rahmen einer Screeninguntersuchung, rechtzeitig erkannt und in ihrem Ausmaß richtig beurteilt, können diese zumeist erfolgreich konservativ oder chirurgisch angegangen werden, so dass eine Reduktion des Schlaganfallrisikos eintritt, unabhängig davon, ob die Patienten zuvor symptomatisch oder asymptomatisch waren (5). Die Doppler-Ultraschall-Untersuchung stellt eine harmlose, nicht-invasive, stressfreie, wiederholbare, vergleichbare und kostengünstige Untersuchungstechnik dar (13, 40, 38). Einige Gefäßchirurgen operieren nur aufgrund

der Ergebnisse der Ultraschalluntersuchung und verzichten auf die Angiographiekontrolle (34). In neuerer Zeit ist die Ultraschalluntersuchung in 99 % der Verdachtsfälle die wesentlichste Komponente und Routineuntersuchung zur Stenosebeurteilung nach der Angiographie mit 51,5 %.

Die in der Klinik angewendeten, nicht-invasiven Methoden beschränken sich im Wesentlichen auf eine qualitative Beurteilung des Gefäßstatus. Eine quantitative Beurteilung erfolgt zumeist erst ab einem Stenosegrad von 80 % mit Hilfe der Dopplersonographie. Für das Aufspüren von Stenosen der ACI, die mehr als 50 % und weniger als 80 % des Gefäßlumens verschließen, wird eine Wahrscheinlichkeit von 66 % bei Benutzung der Dopplersonographie angegeben. Bei Stenosen, die mehr als 80 % des Gefäßlumens verschließen, beträgt die gleiche Wahrscheinlichkeit 90 % (39). Bisher gibt es zahlreiche Versuche, quantitative Ergebnisse mit Hilfe verschiedener Techniken zu erhalten oder Indizes aus dopplersonographischen Messungen an Strömungsmodellen zu berechnen, die als kostengünstige Screeningmethode an allen Patienten ab einem bestimmten Alter durchgeführt werden könnten. Die meisten dieser Methoden konnten sich jedoch bis heute in der klinischen Anwendung nicht durchsetzen, da ihrer Anwendung zum Teil nur geringer Aussagewert beigemessen wurde oder die Durchführung zeitlich zu aufwendig war. Andere, bereits in der Verwendung befindliche Methoden, kommen als Screeningmethode entweder nicht in Frage, weil sie zu kostenintensiv (z.B. MRT) oder invasiv (z.B. Angiographie) sind oder einen Eingriff mit Nebenwirkungsrisiken darstellen (z.B. Kontrastmittel-MRT) (26). So steigt für Patienten, deren Stenose im Rahmen einer Angiographie als nicht operationsbedürftig eingestuft wurde, durch die Angiographie das Risiko für neurologische Komplikationen (15). Die in dieser Arbeit dargestellte Methode soll auf ihre Aussagekraft hinsichtlich der Nutzbarkeit als Screeninguntersuchung überprüft werden.

In der hier vorliegenden Arbeit wird durch Erweiterung der Möglichkeiten eines CW-Doppler-Ultraschall-Gerätes mit einem weiteren, relativ preisgünstigen Gerät eine Technik zur frühzeitigen Diagnose arterieller Stenosen als Screening-

methode entwickelt. Die CW-Dopplersonographie hat auch heute schon ihren unbestrittenen Platz in der allgemeinärztlichen Praxis (2).

Ziel der Arbeit ist es, ein auf der Continuous-Wave-Doppler- (CWD)-Analyse basierendes Verfahren vorzustellen und seine klinische Anwendbarkeit zu überprüfen. Im Vordergrund steht hier die Möglichkeit, ein bereits bestehendes, minimal belastendes, kostengünstiges und ausreichend standardisiertes Verfahren um eine Methode zu erweitern, welche die Aussagekraft wesentlich erhöht und dennoch den Zeitaufwand einer solchen Untersuchung nur unwesentlich erweitert. Trotz einer hohen Korrelation der Untersuchungsergebnisse verschiedener Untersucher im Rahmen der Ultraschalldiagnostik (9) gibt es nur wenige Parameter, die Ultraschallergebnisse vergleichbar machen. Aufgabe war es daher, die Untersuchung zu einem objektiven Verfahren weiterzuentwickeln.

Pathologische Veränderungen des Durchflusses lassen sich aus den errechneten Werten für den Meanflow (MF), die Resistance (R) und die Pulsation (P) ableiten. Erwartet wird hierbei eine Abnahme des MF und eine Widerstandsbeziehungsweise Pulsationszunahme mit zunehmendem Alter.

Auch soll analysiert werden, ob ein signifikanter Unterschied zwischen gefäßgesunden Patienten einer Kontrollgruppe und Patienten mit Zustand nach Schlaganfall ohne Nachweis einer Stenose der Karotiden besteht. Es wird untersucht, ob bei Patienten, bei denen bereits mittels einer herkömmlichen dopplersonographischen Diagnostik eine Stenose ausgeschlossen wurde, mit diesem Verfahren signifikante messbare Veränderungen gegenüber den Patienten der Kontrollgruppe nachzuweisen sind.

Es soll analysiert werden, ob Patienten mit einer Stenose der Arteria carotis interna (ACI) einer Seite auch in der ACI der Gegenseite Veränderungen der Gefäße aufweisen (35).

## **2. Patienten, Probanden und Methodik**

123 Patienten und Probanden nahmen an dieser Untersuchung teil. Für die Zuordnung der Patienten zu den Patientengruppen war die Frage nach Gefäßkrankungen relevant. Die Kriterien, die zur Aufnahme in die verschiedenen Gruppen führten, werden im Folgenden beschrieben.

### **2.1. Probanden**

Die Kontrollgruppe besteht aus 59 Probanden, bei denen anamnestisch keine Gefäßkrankheiten vorhanden sind. Daher beschränken sich die Untersuchungen über Aussagen zur Altersabhängigkeit ausschließlich auf diese Gruppe und somit nur auf eine gefäßgesunde Patientenklientel.

### **2.2. Patienten**

Das Patientenkollektiv besteht aus 64 Patienten, die mit dem Verdacht auf einen Schlaganfall in der Klinik und Poliklinik für Neurologie der Universität Münster stationär aufgenommen und dopplersonographisch untersucht worden waren und sich für eine weitere Untersuchung im Rahmen dieser Arbeit zur Verfügung stellten. Die Patienten, bei denen sich im Rahmen der Untersuchung der geäußerte Verdacht auf eine Stenose der hirnzuführenden Gefäße bestätigte, wurden daraufhin in der Gruppe 1 zusammengefasst.

Die Patienten mit einseitiger Stenose der ACI auf der linken oder auf der rechten Seite wurden in der Gruppe 2 zusammengefasst.

Im gleichen Zeitraum wurden ebenfalls 12 Patienten mit Stenosen beider ACI gefunden, die in der Gruppe 3 zusammengefasst wurden. Diese Patienten wurden hier jedoch nicht näher betrachtet.

## **2.3. Methodik**

### **2.3.1. Das Continuous-Wave-Doppler-Gerät (CWD)**

Die sonographischen Untersuchungen wurden mit einem direktionalen Zweikanal CWD Typ 762 der Firma Kranzbühler durchgeführt.

Das Gerät arbeitet mit den Frequenzen 4 MHz und 8 MHz, wofür jeweils eine Sonde zur Verfügung steht. Die Wahl der Sendefrequenz erfolgt über einen Frequenzschalter an der Gerätefront. Bei der 4 MHz-Sonde beträgt die maximale Eindringtiefe ca. 7,5 cm, die maximale Empfindlichkeit wird vom Hersteller im Bereich von 2,0 – 4,5 cm angegeben. Die maximale Eindringtiefe der 8 MHz-Sonde liegt ca. bei 3,5 cm, die maximale Empfindlichkeit laut Hersteller bei 1,0 – 2,5 cm. Die Leistung des Ultraschalls beträgt 0,65 MW/mm<sup>2</sup> (elektrisch).

Mit 4 MHz werden beschallt:

Arteria carotis communis (ACC)

Arteria carotis interna (ACI)

Arteria carotis externa (ACE)

Arteria vertebralis im Bereich der Atlasschlinge

Mit 8 MHz wird beschallt:

Arteria supratrochlearis

Die Dopplersignale können mittels eines Oszilloskops, einer Leuchtdiodenanzeige, eines Audiosignals und eines Schreibers registriert werden. Das eingebaute Oszilloskop ermöglicht die kontinuierliche Beurteilung der Struktur der Dopplersignale anhand einer Analogpulscurve. Es handelt sich um ein Speicheroszilloskop, dessen Inhalt auf den Schreiber übertragen werden kann. Die Speicherfunktion wurde im Rahmen dieser Arbeit jedoch nicht benutzt, da der externe Rechner als Speicher benutzt wurde.

Um den optimalen Beschallungswinkel und das beste Messergebnis für jede Arterie zu erhalten, bestand weiterhin die Möglichkeit, die Amplitudenachse des Eingangssignals zu variieren und die Lage der Null-Linie anzupassen. Eine zweiteilige LED-Kette dient der übersichtlichen Anzeige von Strömungsrichtung und -geschwindigkeit. Das Gerät ist durch einen integrierten analog arbeitenden "Outphaser" in der Lage, Vor- und Rückflussanteile gleichzeitig anzuzeigen. Dieses ermöglicht zusätzlich eine gute Differenzierung von Arterien und Venen und dadurch eine reinere Flussregistrierung.

Das ausgegebene Audiosignal ist ebenfalls zweikanalig. Vor- und Rückflussgeschwindigkeit werden hier über je einen 2 Watt-Lautsprecher wiedergegeben. Die Lautstärke ist stufenlos regelbar. Zur Registrierung wurden an den jeweiligen Gefäßen die stärksten zu erreichenden Dopplersignale aufgesucht. Die Beurteilung erfolgte hierbei hauptsächlich anhand des Klangvolumens.

Der vorhandene Zweikanalschreiber, der die registrierten Impulse in vier verschiedenen Papiervorschubgeschwindigkeiten auf Millimeterpapier aufzeichnen konnte, wurde nicht genutzt, da die Auswertung mit Hilfe eines Computer erfolgte.

Die Polung des Gerätes konnte mit Hilfe eines Polaritätsumschalters jederzeit der vorherrschenden Flussrichtung angepasst werden. Somit erfolgte die Registrierung der Ergebnisse, zum Beispiel auch bei orthograder Flussrichtung der Arteria supratrochlearis, die auf die Sonde zu verläuft, stets mit positiven Vorzeichen.

### **2.3.2. Der Rechner und das Programm**

Für die Ausarbeitung dieses neuen, rechnergestützten Auswerteverfahrens zur Analyse von Dopplersignalen wurde vorhandene Hard- und Software eingesetzt.

Im Rechner wurden die analogen Signale des Ultraschallgerätes über eine A/D-Wandlerkarte DT 2812 der Firma Data Translate in digitale Signale überführt. Die Wandlerauflösung betrug 8 Bit Digital I/O-Ports. Die Signale wurden auf den Punkten 0 – 4096 abgebildet, wobei die Bildpunkte 0 – 2048 der Spannung - 5V und die Bildpunkte 2048 - 4096 der Spannung + 5V entsprachen. Die Abtastrate betrug 60 kHz. Der Computer war in der Lage, die Maxima und Minima der Pulskurve zu erkennen. Die Werte wurden in einer dBase-Datenbank gespeichert.

## **2.4. Die Untersuchung**

Die Untersuchungen wurden in der Klinik und Poliklinik für Neurologie in der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster durchgeführt. Vorab wurden die Patienten über die bevorstehende Untersuchung informiert und rechtlich aufgeklärt, dass die Teilnahme freiwillig war und jederzeit ohne Angabe von Gründen beendet werden konnte.

Der Untersuchungsraum war mit einer Patientenliege mit leicht erhöhtem Kopfteil ausgestattet. Die durch eine Klimaanlage geregelte Raumtemperatur betrug durchschnittlich 25° C. Die Patienten wurden gebeten, den Oberkörper frei zu machen und sich in Rückenlage auf die Liege zu legen. Die Einheit aus Rechner, Bildschirm, Tastatur und Drucker sowie dem CWD-Gerät befand sich auf einem auf Rollen gelagerten Tisch, den sich der Untersucher zur Bedienung durch seine rechte Hand platzieren konnte. Dann wurden das Untersuchungsgerät und der Computer gestartet und anschließend das Programm „Automatische CW-Doppler-Analyse; Version 1.05“ geladen.

Es folgte eine Erhebung der persönlichen Daten eines jeden Patienten. Die Dauer der Vorbereitungen ergab für jeden Patienten eine ca. 10-minütige körperliche Ruhephase im Liegen. Nach dieser Zeit wurde bei jedem Patienten der Blutdruck nach Riva-Rocci gemessen. Die Messung erfolgte am linken Oberarm. Eine Kontrollmessung am rechten Oberarm wurde nur bei starken Differenzen der gemessenen Werte zu den Angaben des Patienten oder zur Kran-

kenakte durchgeführt. Anschließend begann die dopplersonographische Befunderhebung.

Nach Start der CWD-Analyse erschien auf dem Bildschirm ein Abbild der Analogpulscurve des CWD. Zur Beurteilung der Blutströmung musste jedoch noch auf das Originalbild des CW-Dopplers zurückgegriffen werden, da die Computergraphik keine ausreichende qualitative Analyse zuließ. Sie eignete sich lediglich zum Abzählen der zur Registrierung erforderlichen Pulsausschläge. Nach Erreichen eines möglichst deutlichen und störungsfreien Signals einer jeden gemessenen Arterie wurden durch Tastendruck jeweils 20 Pulsschläge generiert. Die ersten zwei Ausschläge wurden für die Berechnung nicht verwertet. Bei der Untersuchung wurde die Sonde möglichst gleichmäßig gehalten, um die geringsten Bewegungsartefakte innerhalb der Pulskurvenausschläge einer Messreihe zu erzielen. Im Rechner wurde jedem gemessenen Pulsintervall und den dazugehörigen Messdaten die entsprechende Arterie, an der die Daten erhoben wurden, zugeordnet. Bei mehreren Messungen pro Arterie wurde für die Identifizierung nur die herangezogen, welche die höchsten Ausschläge verzeichnete. Somit wurde für jede gemessene Arterie nur ein Messdatensatz verwertet. Die restlichen Daten wurden verworfen.

Da die Untersuchung mit einem bidirektionellen Doppler-Sonographen durchgeführt wurde, welcher in der Lage ist, Strömungen hinsichtlich ihrer Richtung auf die Sonde zu oder von ihr fort zu unterscheiden, wurde das Gerät jeweils so gepolt, dass ausschließlich positive Werte gemessen wurden. Das heißt, dass alle gemessenen Strömungen auf die Sonde zuführen. Bei den Untersuchungen der Arteriaae supratrochleares war also eine Umpolung erforderlich, da sie physiologischerweise auf die Sonde zufließen. Retrograde Strömungen in den Karotiden, die in jedem Fall pathologisch sind, führten ebenso zu einer Umpolung. Der Strömungsrichtung wurde später während der Identifizierung der Arterien mittels des Computers durch Setzen eines Vorzeichens Rechnung getragen. Retrograde Strömungen erscheinen somit auf dem Auswertungsbogen mit negativem Vorzeichen.

Im Rahmen der Datenanalyse erfolgte nun für jeden Datenblock die Berechnung der Parameter Meanflow, Standardabweichung, Resistance, Pulsation und Seitendifferenz.

Die Untersuchung wurde nach einem standardisierten Schema durchgeführt. Zunächst wurden mittels der 8 MHz-Sonde die Arteriae supratrochleares beider Seiten untersucht. Hierzu wurde der Patient aufgefordert, die Augen zu schließen. Nachfolgend wurden Arteria carotis communis dextra von caudal in Richtung cranial bis zum Sinus caroticus dargestellt. Als nächstes wurden ACE und ACI der gleichen Seite in dieser Reihenfolge soweit wie möglich nach cranial verfolgt. Auf die gleiche Weise wurde im weiteren Verlauf mit den Karotiden der linken Seite verfahren. Zum Ende der Untersuchung wurden noch die Arteriae vertebrales im Bereich der Atlasschlinge zunächst rechts, dann links untersucht.

Bei der Untersuchung der einzelnen Arterien wurde das jeweils stärkste Signal aufgezeichnet. Wichtig war es, ein überlagerungsfreies Signal zu registrieren. Zu diesem Zweck waren mitunter kleinere Modifikationen der Kopf- sowie der Halsposition notwendig. Die Untersuchung wurde in der gleichen Patientenlage wie in der oben beschriebenen Ruhephase durchgeführt. Der Untersuchende befand sich, wie von von Reutern (46) empfohlen, hinter dem Kopfende des Patienten. Die Untersuchung fand an den Halsgefäßen mit aufgestütztem Unterarm, an der A. supratrochlearis nach Erlaubnis des Patienten mit auf der Stirn aufgestütztem Handballen statt. Die Patienten wurden gebeten, für die Untersuchung der Halsgefäße den Kopf leicht dorsal zu flektieren. Für die Untersuchung der Aa. vertebrales war zumeist eine leichte Seitwärtsneigung des Kopfes zur Gegenseite der untersuchten Arterie notwendig. Zur Schallüberleitung wurde ein auf Wasser basierendes Ultraschallgel verwendet.

## 2.5. Parameter

Statistisch ausgewertet werden:

- Diagnose
- Alter
- Blutdruck systolisch
- Blutdruck diastolisch
- Geschlecht

im Verhältnis zu den untersuchten Parametern.

### 2.5.1. Diagnose

Zusammenfassend wiesen die unten genannten Gruppen folgende Diagnosen auf:

<b>Kontrollgruppe</b>	Probanden ohne Verdacht auf eine stenosierende Erkrankung der hirnversorgenden Gefäße
<b>Gruppe 1</b>	Patienten mit Z.n. Schlaganfall ohne Nachweis einer Stenose der hirnversorgenden Gefäße mittels der CW-Dopplersonographie
<b>Gruppe 2</b>	Patienten mit Z.n. Schlaganfall mit Nachweis einer einseitigen Stenose der Arteria carotis interna mittels der CW-Dopplersonographie
<b>Gruppe 3</b>	Patienten mit Z.n. Schlaganfall mit Nachweis einer zweiseitigen Stenose der Arteria carotis interna mittels der CW-Dopplersonographie

### **2.5.2. Alter**

Die Altersabhängigkeit der gemessenen Daten wurde in der Kontrollgruppe untersucht. Die Betrachtung erfolgte hier beispielhaft für die ACC, ACE und ACI, da die Gefäßkaliber in diesen Gefäßen weniger schwanken, als z.B. in der Arteria vertebralis.

### **2.5.3. Blutdruck (RR)**

Der Blutdruck der Patienten der Kontrollgruppe wurde unter standardisierten Bedingungen gemessen. Während der Datenerfassung und der Vorbereitung des PC verbrachte jeder Patient eine ca. 10-minütige Wartezeit im Liegen, um optimale Basiswerte zu erreichen.

Es kann jedoch im Folgenden gezeigt werden, dass die unterschiedlichen Blutdrücke der Probanden keinen systematischen Einfluss auf die Ergebnisse haben.

### **2.5.4. Geschlecht**

Die Geschlechtsverteilung der einzelnen Gruppen war zufällig und ergab sich aus dem Patientenkollektiv.

### **2.5.5. Meanflow (MF)**

Das Flussvolumen, nachfolgend bezeichnet als MF, gibt das Blutvolumen pro Zeiteinheit an, das ein Gefäß passiert. Das bei der CWD auf einen Zylinder begrenzte Messvolumen der Sonde umfasst bei kleinen Arterien das gesamte Lumen. Bei verschiedenen Lumina werden verschiedene Volumina gemessen. Dadurch ergibt sich, dass bei großen Arterien, oder relativ zu einer kleinen Sonde, nur ein Teil des Gesamtlumens gemessen werden kann. Bei Zunahme des Gefäßkalibers steigt die Größe des Messvolumens verhältnismäßig also langsamer. Hieraus ergibt sich eine nicht lineare Veränderung für den MF, so dass der MF als dimensionslos betrachtet wird.

### 2.5.6. Resistance (R)

Die Resistance gibt den errechneten „Index de Resistance“ von Pourcelot an (36, 37). Er beschreibt das Verhältnis von maximaler systolischer zu enddiastolischer Strömungsgeschwindigkeit. Nach Pourcelot liegen die Werte für R der ACC z.B. zwischen 0,55 und 0,75 (siehe oben „verwendete Indizes“). Der maximal erreichbare Wert liegt bei 1. Höhere Werte sind lediglich bei orthograder Flussrichtung in der Systole und anschließender retrograder Flussrichtung in der Diastole im Sinne eines Pendelstroms denkbar.

$$R = \frac{A - D}{A}$$

### 2.5.7. Pulsation (P)

Analoge Berechnungen wurden anschließend auch für den Pulsationsindex durchgeführt. Der Pulsationsindex wurde oben bereits näher beschrieben.

$$P = \frac{A - D}{V \text{ mean}}$$

A = maximale systolische Strömungsgeschwindigkeit

D = enddiastolische Strömungsgeschwindigkeit

V mean = mittlere Strömungsgeschwindigkeit

## 2.6. Statistische Analyse

Es wurde eine Querschnitterhebung in Form einer einmaligen Erhebung von Messdaten von 123 Probanden und Patienten durch die CW-Doppler-Analyse durchgeführt. Die Grundgesamtheit besteht aus drei Kollektiven, einer Proban-

dengruppe und zwei Patientengruppen. Es handelt sich um unverbundene Stichproben.

Die Kontrollgruppe besteht aus zufällig ausgewählten Probanden. Als Einschlusskriterium für diese Gruppe durfte bei den Probanden bisher anamnestisch keine Erkrankung der Gefäße oder des Herzkreislaufsystems bestehen.

Das Einschlusskriterium für das Patientenkollektiv 1 war, dass nach abgelaufenem Schlaganfall eine Stenose der hirnversorgenden Gefäße mit Hilfe der CW-Dopplersonographie ausgeschlossen wurde.

Bei der Kontrollgruppe und der Patientengruppe 1 wurde eine erneute Untersuchung im Rahmen dieser Arbeit durchgeführt.

Das Einschlusskriterium der Patientengruppe 2 bildete der Nachweis von Stenosen der Arteria carotis interna. Sie umfasst sämtliche Patienten, bei denen im Rahmen der CW-Doppleruntersuchung Stenosen einer oder beider Arteriae carotides internae nachgewiesen werden konnten.

Für die Zielgrößen Meanflow, Resistance und Pulsation wurde das Vorliegen einer Normalverteilung bei der Kontrollgruppe überprüft. Dazu wurden für die Patienten der Kontrollgruppe die Messwerte der Arterien beider Seiten zusammengefasst. Dieses war möglich, da zuvor überprüft wurde, ob das Vorliegen seitenabhängiger Unterschiede der Messwerte dieses paarigen Organs statistisch signifikant sind. Im Anschluss wurden die möglichen statistisch relevanten Einflüsse von Alter, Geschlecht, RR, Seitenabhängigkeit beurteilt und ggf. der fehlende Anhalt für einen Einfluss beschrieben.

Im Rahmen der deskriptiven Statistik wurden zur Veranschaulichung lineare Regressionen analysiert. Es wurde weiterhin der Korrelationskoeffizient zum Vergleich von Meanflow, Resistance und Pulsation berechnet. Im Vergleich der

Patientengruppe 1 mit der Kontrollgruppe wurden Meanflow, Resistance und Pulsation verglichen. Beim Vergleich der Patientengruppen und der Kontrollgruppe wurde ausschließlich die Resistance betrachtet, da Pulsation und Resistance aufgrund der Struktur ihrer Formel voneinander abhängen und aus der Betrachtung der Pulsation keine zusätzlichen Informationen zu gewinnen waren. Bei Patienten mit bekannter einseitiger Stenose wurde eine beidseitige Messung durchgeführt. Für die Berechnungen wurden jedoch jeweils nur die gesunden Seiten betrachtet, da bei Auffinden einer einseitigen kompletten Stenose keine Werte vom Untersucher registriert wurden und bei inkompletten Stenosen teilweise nicht verwertbare Daten durch Turbulenzen entstanden. Aus den gleichen Gründen wurden Patienten mit beidseitigen Stenosen nicht aufgenommen.

Bei einer relativ hohen Streuung der Messwerte, wie sie alle erhobenen Daten in dieser Arbeit aufweisen, vermindert sich zusätzlich die Aussagekraft, wenn der Stichprobenumfang gesenkt wird. In der Patientenklientel der Patientengruppe 2 mit einseitig nachgewiesener Stenose ist – aufgrund der geringen Inzidenz von Stenosen in den jüngeren Altersschichten – der jüngste Patient 40 Jahre alt. Daher wurde auch nur im Altersintervall zwischen 40 und 70 Jahren zwischen den Patientengruppe 1 und 2 und der Kontrollgruppe verglichen.

### **3. Ergebnisse**

#### **3.1. Allgemeines**

Die erhobenen Messdaten sind im Anhang in Tabellenform angefügt. Nachfolgend wird im Einzelnen auf die hier betrachteten Anteile und ihre statistische Auswertung eingegangen.

Die durchschnittlichen gemessenen Drücke nach Riva-Rocci der untersuchten Probanden betragen in der jeweiligen Patientengruppe:

(Mittelwert in mm Hg  $\pm$  1 s)

<b>Patientengruppe</b>	<b>systolisch</b>		<b>diastolisch</b>
Kontrollgruppe	121 $\pm$ 11	/	78 $\pm$ 8
Patientengruppe 1	135 $\pm$ 20	/	83 $\pm$ 12
Patientengruppe 2:			
mit Stenose der rechten ACI	144 $\pm$ 36	/	79 $\pm$ 14
mit Stenose der linken ACI	144 $\pm$ 23	/	81 $\pm$ 9

Von 123 untersuchten Probanden/Patienten waren insgesamt 47 (38,5 %) weiblich. Der größte Anteil weiblicher Probanden/Patienten mit 45,2 % findet sich in der Patientengruppe ohne nachgewiesene Stenose der ACI, der geringste Anteil mit 18,8 % in der Patientengruppe mit Stenose der ACI rechts.

Das Alter der untersuchten Probanden/Patienten betrug in der jeweiligen Patientengruppe: (Angabe in Jahre)

<b>Patientengruppe</b>	<b>Spanne</b>		
Kontrollgruppe	17	-	69
Patientengruppe 1	29	-	82
Patientengruppe 2:			
mit Stenose der rechten ACI	50	-	73
mit Stenose der linken ACI	40	-	74

### **3.1.1. Geeignete Arterien**

Es wurden Arteria carotis communis, interna und externa weiter analysiert. Die jeweils niedrigsten und höchsten gemessenen Werte innerhalb einer Patientengruppe sowie die relative Differenz zwischen dem Minimalwert und Maximalwert betragen bei:

	Min	Max	Diff in %
MF der ACC	9,21	38,02	412
MF der ACE	4,53	27,90	615
MF der ACI	8,78	41,32	471

Min :           geringster gemessener Wert  
Max:           höchster gemessener Wert  
Diff in %:       rel Differenz zwischen Min und Max

Bei der Arteria supratrochlearis (AST) liegt die Spanne der Werte für den Meanflow der gesunden Probanden der Kontrollgruppe zwischen 1,08 und 20,24 bei einem arithmetischen Mittelwert von 7,074 (Angaben ohne Vorzeichen, da diese nur Aussage über die Flussrichtung sind).

	Min	Max	Diff in %
MF der AST	1,08	20,24	1874

Dies entspricht einer Differenz von 1874 %. Die Schwankungsbreite der Messwerte der Arteria supratrochlearis liegt also 2,4-mal höher als bei der ACE und sogar 3,6-mal höher als bei der ACC.

Die bei den Probanden der Kontrollgruppe gemessenen Werte für die Resistance der ACC liegen bei einem Mittelwert von 0,61 und einer Standardabweichung von 0,06 innerhalb der Spanne von 0,55 und 0,67, was von Pourcelot als Intervall für eine gesunde Arterie angegeben wird. Bei Gefäßen mit hohem peripheren Widerstand soll die R nach Pourcelot  $> 0,75$  sein. Die Werte der R der ACE liegen mit einem Mittelwert von 0,72 und einer Standardabweichung von 0,11 ebenfalls innerhalb der von Pourcelot beschriebenen Spanne von 0,61 und 0,83. Die Werte der R der ACI liegen bei einem Mittelwert von 0,44 mit einer Standardabweichung von 0,07 im Mittel zwischen 0,37 und 0,51. Somit liegen alle Werte annähernd in den von Pourcelot beschriebenen Intervallen.

### 3.1.2. Altersabhängigkeit

Für die Kontrollgruppe ergab sich eine relativ gleichmäßige Altersverteilung. Es wurden Grenzen gleich großer Intervalle genommen. Die Altersaufteilung liegt

im ersten Intervall bei 15 – 24 Jahren, im zweiten Intervall bei 25 – 34 Jahren, im dritten Intervall bei 35 – 44 Jahren, im vierten Intervall bei 45 – 54 Jahren und im fünften Intervall bei 55 Jahre und älter. Es resultieren im ersten Intervall  $n = 17$ , im zweiten Intervall  $n = 10$ , im dritten Intervall  $n = 10$ , im vierten Intervall  $n = 12$  und im fünften Intervall  $n = 10$  Probanden. Eine derartige Altersaufteilung war nur in der Kontrollgruppe möglich, da der in der Patientengruppe 2 symptomatisch gewordene Patient mit 40 Jahren der jüngste Patient war.

Der jüngste Patient in der Gruppe 1 war 29 Jahre alt, der älteste Patient der Kontrollgruppe 69 Jahre. Beim Vergleich der Patientengruppen und der Kontrollgruppe wurden daher Patienten in dem Altersintervall von 29 – 69 betrachtet.

Der jüngste Patient mit einer einseitigen ACI-Stenose war 40 Jahre alt, so dass Vergleiche zwischen der Patientengruppe 2 und der Kontrollgruppe nur im Altersintervall von 40 – 69 Jahren erfolgen konnten.

Bevor eine statistische Auswertung der ermittelten Werte für alle Ergebnisse durchgeführt werden konnte, wurde anhand der Kontrollgruppe beispielhaft zum Ausschluss systematischer Abweichungen eine Verteilungsanalyse durchgeführt. Im Diagramm 1 zeigt sich für den durchschnittlichen MF der ACC eine gut ersichtliche Normalverteilung, über die eine Trendlinie gelegt werden kann, die sich der Gauß'schen Normalverteilungskurve nähert. Der MF der genannten Arterie beträgt in dieser Gruppe mit gleichmäßiger Altersverteilung 22,2 mit einer Standardabweichung von 5,64. Die entsprechenden Ergebnisse für die ACI betragen  $18,1 \pm 6,81$  sowie für die ACE  $14,0 \pm 4,91$ . Für diese Parameter ergab sich eine Normalverteilung.

### **3.1.3. Blutdruck**

Das Diagramm 2 legt dar, dass kein Anstieg des Blutdrucks mit dem Alter in dieser Kontrollgruppe vorhanden ist.

### 3.1.4. Geschlecht und arterielles Kaliber

Der Vergleich der Ergebnisse zwischen Männern und Frauen ergab, dass keine Unterschiede hinsichtlich der Meanflow-Werte bestanden. Im Rahmen eines Zwei-Stichproben-t-Tests für unverbundene Stichproben ergab die Annahme der Nullhypothese  $H_0$ , dass zwischen beiden zugrunde liegenden Grundgesamtheiten kein Unterschied besteht.

(  $H_0$ :  $n_1$  (MF der Männer) =  $n_2$  (MF der Frauen)).

Die Nullhypothese kann mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $\alpha = 0,05$  nicht verworfen werden

S	5,63
t	1,23
$t(0,95;118)$	1,66

S = empirische Standardabweichung

t = errechnete Prüfgröße

$t(1-\alpha; f)$  = Quantil  $(1-\alpha; f)$  der t-Verteilung

Hierbei ist es gleichgültig, ob es sich um eine große Arterie wie die ACC (Diagramm 7) handelt oder um die vergleichsweise kleinste Arterie, wie die ACE (Diagramm 6), die von ihren absoluten Werten für den MF noch deutlich unter der ACI liegt (vergleiche Diagramm 4).

### 3.1.5. Seitenabhängigkeit

Eine kumulative Darstellung der Verteilung der Durchflussraten der rechten und linken A. carotis communis ergab eine Normalverteilung. Gleiche Resultate konnten für alle weiteren Arterien, unter anderem auch für die Arteria supratrochlearis, nachgewiesen werden.

Linke und rechte ACC verhalten sich hinsichtlich des gemessenen Meanflow gleich. Dieses zeigt das Diagramm 3a. Ein direkter Vergleich der rechten und linken ACC ergibt keinen signifikanten Unterschied. Die Nullhypothese, dass zwischen den beiden Gruppen (links und rechts) kein Unterschied besteht, kann mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $\alpha = 0,05$  nicht verworfen werden.

( $H_0: n_1$  (linke Arterien) =  $n_2$  (rechte Arterien))

S	4,93
t	-0,14

t(0,95;118) 1,66

S = empirische Standardabweichung

t = errechnete Prüfgröße

t(1- $\alpha$ ; f) = Quantil  $(1-\alpha; f)$  der t-Verteilung

Korrelation für die ACC

Es wurden daraufhin nicht stenosierte Gefäße der linken und rechten Seite zusammengefasst und analysiert, da es sich um ein paariges Organ handelt, bei dem statistisch kein Seitenunterschied nachzuweisen ist.

## 3.2. Kontrollgruppe

### 3.2.1. Meanflow

Bei Analyse des Meanflow der ACC ergab sich ein Abfall des MF mit zunehmendem Alter (Steigung -0,17)

-0,45	Pearsonscher Korrelationskoeffizient
t = 5,43 >	(t 118; 0,975) = 1,98

Korrelation für die ACC

Die Auftragung der Regressionsgeraden zeigt ein signifikantes Gefälle für die ACC, da der Korrelationskoeffizient mit -0,45 mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $\alpha = 0,05$  von Null verschieden ist (Diagramm 3). Für die ACI zeigt sich eine Regressionsgerade (Steigung -0,03;  $t = 0,84$ ) (Diagramm 4), die jedoch nicht statistisch signifikant mit dem Alter korreliert. Für die ACE (Diagramm 4) findet sich hingegen eine signifikante Korrelation (Steigung +0,08;  $t = 2,60$ ) des MF mit dem Alter ( $p < 0,05$ ). Betrachtet man bei jedem Probanden der Kontrollgruppe z.B. ausschließlich die ACC der schlechter durchbluteten Seite (Diagramm 5), so zeigt sich auch hier eine Korrelation zum Alter ( $p < 0,05$ ).

### 3.2.2. Resistance (R) und Pulsation (P)

Die ACE weist die höchsten Werte für R (Mittelwert 0,72) und P (Mittelwert 1,17) auf. Die ACI weist die niedrigsten Werte für R (Mittelwert 0,44) und P (Mittelwert 0,57) auf. R (Mittelwert 0,61) und P (Mittelwert 0,89) der ACC liegen somit in jedem Alter zwischen den Werten von ACI und ACE (Diagramm 12 und 13). Eine Beziehung zum Alter der Patienten wird auch bei R und P deutlich.

$$-0,28 \quad \text{Pearsonscher Korrelationskoeffizient}$$

$$t = 3,17 > (t_{118}; 0,975) = 1,98$$

Korrelation für die ACC

Die Auftragung der Regressionsgeraden zeigt ein signifikantes Gefälle für die ACC, da der Korrelationskoeffizient mit -0,28 mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $\alpha = 0,05$  von Null verschieden ist. Während sowohl R als auch P für die Arterien ACC (Steigung -0,00074) im Verlauf von 50 Jahren eine signifikant fallende Tendenz aufweisen, ist eine steigende Tendenz für die ACI zu erkennen (Steigung 0,00137;  $t = 2,84$ ). Für die ACE lässt sich keine signifikante Korrelation nachweisen (Steigung -0,00046).

### 3.3. Ergebnisse der Patientengruppe 1 im Vergleich mit der Kontrollgruppe

Bei der Untersuchung des Patientenkollektivs bestätigte sich der geäußerte Verdacht auf eine Stenose der hirnversorgenden Gefäße bei 31 der 64 Untersuchten nicht, die daraufhin in der Gruppe 1 zusammengefasst wurden. Zwischen den Patienten der Gruppe 1 und der Kontrollgruppe wurden dem Alter des jüngsten und ältesten Patienten entsprechend in diesem Vergleich Probanden zwischen 29 und 69 Jahren betrachtet, da in der Gruppe 1 der jüngste Patient 29 Jahre und der älteste Patient der Kontrollgruppe 69 Jahre alt war.

#### 3.3.1. Meanflow

Die Werte für den MF (Mittelwert 14,34) der ACC der Patienten der Patientengruppe 1 liegen bei gleichem Alter 6,05 unter denen der Patienten der Kontrollgruppe (Mittelwert 20,39).

( $H_0: n_1$  (MF Kontrollgruppe) =  $n_2$  (MF Patientengruppe 1))

Die Nullhypothese **kann** mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $\alpha = 0,05$  verworfen werden.

S	5,59
t	8,11
t(0,95;178)	1,64

S = empirische Standardabweichung

t = errechnete Prüfgröße

t(1- $\alpha$ ; f) = Quantil  $(1-\alpha; f)$  der t-Verteilung

(Diagramm 8). Etwas deutlicher wird dieser Unterschied, wenn man ausschließlich die schwächer durchblutete Seite der ACC zur Messung heranzieht (Mittelwert Kontrollgruppe / Patientengruppe 1: 11,95 / 18,60). Hier beträgt die

Differenz 6,65 (Diagramm 9). Die gemessenen Werte für den MF der Gruppe 1 liegen im Mittel 29,67 % unter denen gleichaltriger Patienten der Kontrollgruppe bei Betrachtung sämtlicher ACC. Betrachtet man auch hier wieder nur die jeweils schwächer durchblutete Arterie eines jeden Probanden, so liegen die Werte in der Patientengruppe 1 sogar im Mittel 35,78 % unter denen gleichaltriger Patienten der Kontrollgruppe. Auch bei der Patientengruppe 1 fällt die gleiche fallende Tendenz des MF mit zunehmendem Alter auf wie bei der Kontrollgruppe. Dieses bestätigt die annähernd gleiche Steigung der Regressionsgeraden (Patientengruppe 1 -0,097, Kontrollgruppe -0,103). Die Streuung der Messwerte um die Trendlinie für den MF ist weder für die Patientengruppe 1 noch für die Kontrollgruppe im Vergleich statistisch signifikant unterschiedlich (Standardabweichungen: Patientengruppe 1: 5,12; Kontrollgruppe: 5,30). Unter einem MF von 10 für die ACC befindet sich nur ein Patient der Kontrollgruppe gegenüber 8 Patienten der Patientengruppe 1. Würde man das lineare Mittel des MF der Patientengruppe 1 in jedem Patientenalter als untere Toleranzgrenze für den MF einer ACC einer gesunden Patienten Klientel zum Ausschluss einer Stenose annehmen, so würden einem Patienten der Kontrollgruppe 12 Patienten der Patientengruppe 1 mit einem Verdacht auf eine hämodynamisch wirksame, zuvor nicht gesehene Stenose gegenüberstehen.

Bei einem Vergleich des MF der ACI der jeweils schwächer durchbluteten Seite zeigt sich eine gleichgerichtete Differenz wie bei der ACC bei Betrachtung sämtlicher ACI von 6,85 zwischen der Patientengruppe 1 (Mittelwert 12,67) und der Kontrollgruppe (Mittelwert 19,52) (Diagramm 10)

$(H_0: n_1 \text{ (MF Kontrollgruppe)} = n_2 \text{ (MF Patientengruppe 1)})$

Die Nullhypothese kann mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $\alpha = 0,05$  verworfen werden.

S	7,19
t	3,81

$t(0,95;178)$  1,64

S = empirische Standardabweichung

t = errechnete Prüfgröße

$t(1-\alpha; f)$  = Quantil  $(1-\alpha; f)$  der t-Verteilung

Die fallende Tendenz des MF in Abhängigkeit vom Alter (Steigung -0,062) bestätigt sich bei der ACI auch bei der Patientengruppe 1. Unter dem linearen Mittel des MF der Patientengruppe 1 finden sich hier zwei Probanden aus der Kontrollgruppe gegenüber neun Patienten. Die gemessenen Werte für den MF der Patienten liegen hier im Mittel 35,09 % unter den Werten der Kontrollgruppe.

Bei der Betrachtung des MF der ACE sind die Patienten der Patientengruppe 1 (Mittelwert 10,31) und der Kontrollgruppe (Mittelwert 11,30) mit einer Differenz von 0,99 statistisch nicht zu unterscheiden.

$(H_0: n_1 \text{ (MF Kontrollgruppe)} = n_2 \text{ (MF Patientengruppe 1)})$

S	4,99
t	-0,31

$t(0,95;178)$  1,64

S = empirische Standardabweichung

t = errechnete Prüfgröße

$t(1-\alpha; f)$  = Quantil  $(1-\alpha; f)$  der t-Verteilung

Die Nullhypothese, dass zwischen den beiden Gruppen (ACE der Kontrollgruppe und ACE der Patientengruppe 1) kein Unterschied besteht, kann mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $\alpha = 0,05$  nicht verworfen werden. Im Mittel liegen die gemessenen Werte für die Patienten der Patientengruppe 1 nur 8,76 % unter denen der Kontrollgruppe (Diagramm 11).

Vergleicht man die Streuung der Messwerte der Patientengruppe 1 und der Kontrollgruppe bezüglich des MF, so ist diese für alle betrachteten Arterien ähnlich groß. Hier die einfachen Standardabweichungen (STD):

Arterie	Parameter	Gruppe	STD	Gruppe	STD
ACC	MF:	Patienten 1	4,44	Kontrolle	4,49
ACI	MF:	Patienten 1	4,76	Kontrolle	4,37
ACE	MF:	Patienten 1	4,85	Kontrolle	4,47

### 3.3.2. Resistance (R) und Pulsation (P)

Beim Vergleich der Patientengruppe 1 und der Kontrollgruppe hinsichtlich der Höhe der R der ACC in Abhängigkeit vom Alter liegen die Werte der Patientengruppe 1 für R im Mittel 18,75 % und für P im Mittel 30,48 % über den Werten der Kontrollgruppe (Diagramm 17).

( $H_0: n_1$  (MF Kontrollgruppe) =  $n_2$  (MF Patientengruppe 1))

Die Nullhypothese kann mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $\alpha = 0,05$  verworfen werden.

S	0,08
t	-7,82
t(0,95;178)	1,64

S = empirische Standardabweichung

t = errechnete Prüfgröße

t(1- $\alpha$ ; f) = Quantil  $(1-\alpha; f)$  der t-Verteilung

Korrelation für die ACC

Noch deutlicher wird der Unterschied bei Betrachtung der jeweils geringer durchbluteten Seite der Probanden/Patienten. Verglichen mit Probanden der

Kontrollgruppe mit gleichem Alter, liegt R der ACC der Patientengruppe 1 im Mittel 24,19 %, P der ACC 37,64 % höher (Diagramm 18). Der größte Abstand besteht auch hier bei der R der ACI mit 38,06 % und P der ACI mit 50,16 % im Vergleich der Patientengruppe 1 mit der Kontrollgruppe (Diagramm 19). Ebenfalls lässt sich im Mittel der geringste Abstand von R und P zwischen der Patientengruppe 1 und der Kontrollgruppe bei der ACE erkennen. Der mittlere Abstand von R beträgt 13,82 %, der mittlere Abstand von P beträgt 26,26 % (Diagramm 20). Betrachtet man die mittleren Abstände der R-Entwicklungen bei beiden Gruppen, findet sich der größte Abstand mit 38,06 % bei der ACI, gefolgt von der ACC mit 24,19 % und der ACE mit 13,82 %.

Die Streuungen für R der Patientengruppe divergieren jedoch insbesondere für ACC und ACI erheblich von der Kontrollgruppe:

<b>Arterie</b>	<b>Parameter</b>	<b>Gruppe</b>	<b>STD</b>	<b>Gruppe</b>	<b>STD</b>
ACC	R	Patienten 1	0,0953	Kontrolle	0,0720
ACI	R	Patienten 1	0,1594	Kontrolle	0,0810
ACE	R	Patienten 1	0,1010	Kontrolle	0,1016

R der ACE gefolgt von der ACC weist die geringsten Unterschiede zwischen beiden Gruppen in der Streuung der Messwerte auf. Die größten Differenzen in der Streuung weist die ACI auf (Diagramm 19). Eine geringfügig stärkere Streuung findet sich bei der Patientengruppe 1 für die R der ACC (Diagramm 18). Eine deutlich höhere Streuung mit der annähernd doppelten Standardabweichung, insbesondere im Bereich der oberen Ausreißer, findet sich für die ACI der Patientengruppe 1 gegenüber der Kontrollgruppe (Diagramm 19).

Während der Mittelwert von R der ACI für die Kontrollgruppe 0,45 und für die Patientengruppe 1 0,58 beträgt, finden sich ausschließlich 8 Patienten mit R-Werten für die ACI größer 0,7. Auch für die ACC weisen 5 Patienten R-Werte von mehr als 0,8 mit extremen Ausreißern um 0,99 auf. Die Ausreißer der ACC und der ACI kommen dabei nicht bei demselben Patienten vor. Bei einem Pati-

enten ist R für die ACC mit 0,99 extrem hoch, R für die ACI der gleichen Seite beträgt jedoch nur bei 0,47 und für die ACE 0,74.

Relativ hohen R-Werten zwischen 0,8 und 0,99 für die ACI und die ACC stehen für die gleichen Gefäße deutlich niedrigere Meanflow-Werte gegenüber. Der Mittelwert des Meanflow liegt für alle ACC der Patientengruppe 1, deren R-Werte oberhalb 0,8 liegen, bei 9,17. Der Mittelwert des MF liegt für alle ACI der Patientengruppe 1, deren R-Werte oberhalb 0,8 liegen, bei 6,34. Bei Betrachtung aller Patienten im Alter zwischen 29 und 69 der Patientengruppe 1 liegt er bei 14,34 für die ACC und bei 12,67 für die ACI. Bei Betrachtung aller Patienten der Kontrollgruppe im gleichen Altersintervall liegt er bei 20,39 für die ACC und bei 19,52 für die ACI. Für die ACC bedeutet dieses, dass sich der gemessene Meanflow bei einem  $R > 0,8$  gegenüber der gesunden Klientel der Kontrollgruppe mehr als halbiert. Für die ACI beträgt der gemessene Meanflow bei einem  $R > 0,8$  weniger als ein Drittel (32,48 %) des Wertes der gesunden Kontrollgruppe.

### **3.4. Ergebnisse der Patientengruppe 2 im Vergleich mit Patientengruppe 1 und der Kontrollgruppe**

Bei der Untersuchung des Patientenkollektivs wiesen 17 von 64 Patienten eine Stenose der ACI links auf, 16 Patienten eine ACI-Stenose rechts. Die Patienten mit einseitiger Stenose der ACI auf der linken oder auf der rechten Seite wurden in der Gruppe 2 zusammengefasst.

Für die Patienten der Gruppen mit bekannter Stenose links oder rechts (Patientengruppe 2) konnte nur die Seite mit der jeweils stärker durchblutete Arterie betrachtet werden, da sich auf der Gegenseite die Stenose befindet.

Da der jüngste Patient mit einseitiger Stenose 40 Jahre alt war, werden in der Gruppe 1 und der Kontrollgruppe ebenfalls nur Probanden ab 40 Jahre verglichen.

### 3.4.1. Meanflow

Bei kontralateraler Stenose zeigen sich deutlich reduzierte Werte für den MF der ACC bei den Patienten mit einseitiger Stenose in der Patientengruppe 2 (Mittelwert 15,30) im Verhältnis zur gesunden Kontrollgruppe (Mittelwert 20,39). Zu den bei der Patientengruppe 1 gemessenen Werten (Mittelwert 14,19) findet sich ein geringerer Unterschied (Diagramm 21).

Im Alter von 40 bis 70 Jahren liegt der MF der ACC bei Patienten der Kontrollgruppe im Mittel 33,27 % über dem MF der ACC bei Patienten der Patientengruppe 2, bei denen kontralateral eine stenosierte ACI vorliegt und somit in relativer Nähe der Trendlinie der Patientengruppe ohne nachgewiesene Stenose. Für ACI betragen die Mittelwerte:

<b>Gruppe</b>	<b>mittlerer MF der ACC</b>
Kontrollgruppe	22,08
Patientengruppe 1	15,30
Patientengruppe 2	18,36

Die Werte der Patienten der Patientengruppe 2 mit nachgewiesener Stenose liegen also zwischen den Werten der Kontrollgruppe und der Patientengruppe 1 ohne nachgewiesene Stenose (Diagramm 22). Der MF der ACE (Diagramm 23) weist in diesem Vergleich ebenfalls die geringsten Unterschiede der Mittelwerte auf:

<b>Gruppe</b>	<b>mittlerer MF der ACE</b>
Kontrollgruppe	11,30
Patientengruppe 1	10,31
Patientengruppe 2	10,98

### 3.4.2. Resistance (R) und Pulsation (P)

Wie bei der Auswertung des MF wird ein ebenso großer Unterschied gegenüber der Kontrollgruppe bei der Untersuchung der R der untersuchten Arterien der Patientengruppe 2 mit nachgewiesener Stenose deutlich. Im Vergleich zur Kontrollgruppe sind hier die R- Werte ebenfalls signifikant erhöht. Im Mittel liegen die Werte für R der ACC der Patientengruppe 2 mit einseitiger Stenose bei 0,715 und somit 19,6 % über den Werten der Kontrollgruppe (Diagramm 24). Noch deutlichere Unterschiede der R findet man für die ACI der Seite, die gegenüber einer Stenose liegt, in der Patientengruppe 2. Hier beträgt der Unterschied gegenüber der Kontrollgruppe im Mittel 34,4 %.

$$(H_0: n_1 (R \text{ Kontrollgruppe}) = n_2 (MF \text{ Patientengruppe 2}))$$

Die Nullhypothese kann mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $\alpha = 0,05$  verworfen werden.

$$\begin{array}{ll} S & 5,59 \\ t & 8,63 \end{array}$$

$$t(0,95;180) \ 1,64$$

S = empirische Standardabweichung

t = errechnete Prüfgröße

$t(1-\alpha; f)$  = Quantil  $(1-\alpha; f)$  der t-Verteilung

Korrelation für die ACC

Auch hier ist die Nähe zur Trendlinie der R der Patientengruppe 1 ohne nachgewiesene Stenose für beide Arterien augenscheinlich und statistisch nicht zu unterscheiden (Diagramm 25). Der relative Abstand der R zwischen den ACE der Kontrollgruppe zu der Patientengruppe 2 mit nachgewiesener Stenose ist mit 19,5 % am niedrigsten (Diagramm 26).

Im Vergleich mit Diagramm 20 fällt auf, dass in dem betrachteten Altersbereich zwischen 40 und 70 die Patienten der Patientengruppe 1 ohne nachgewiesene Stenose im Vergleich zur Kontrollgruppe ebenfalls eine ähnlich erhöhte R aufweisen, wenn man die Werte für R erst ab dem Alter von 40 betrachtet. Für einen derart kurzen Zeitraum zwischen 40 und 70 Jahren ist die Streuung jedoch zu groß, um signifikante Aussagen treffen zu können.

## **4. Diskussion**

### **4.1. Allgemein**

Viele Veröffentlichungen beschäftigen sich mit der Frage, ob die Entdeckung von über 90 %igen Stenosen genauso sicher mit der CWD wie mit der Angiographie möglich ist. Es besteht jedoch Übereinstimmung, dass die Grenze der Sensitivität der CWD bei ca. 50 %igen Stenosen liegt und Aussagen über geringergradige Stenosen nur begrenzt möglich sind. In einer Studie der Universität von Mailand konnte 1994 bei 16.379 Patienten nachgewiesen werden, dass die reine CWD bereits in der Lage ist, Stenosen unter 50 % mit einer falsch-negativen Quote von nur 8 % zu entdecken (27). Unumstritten ist, dass die Sonographie das kostengünstigste Verfahren ist. Die Hauptbestrebungen in den letzten Jahren gingen dahin, ein Alternativverfahren zur kostspieligen Angiographie oder zur Magnetresonanztomographie zu etablieren, die derzeit immer noch das sicherste Nachweisverfahren für Stenosen der Karotiden darstellt. Als Alternativverfahren aus dem Bereich der Sonographie werden hier jedoch ausschließlich bildgebende Verfahren verglichen, die sich ebenfalls in

einem Kostenrahmen bewegen, der für eine Screeninguntersuchung einer Risikopopulation für das Auftreten einer Karotis-Stenose zu hoch liegt (41).

Ein Screeningverfahren ist nach Lee et al. aus Kosten-/Nutzen-Sicht derzeit nur unter unakzeptablen Bedingungen möglich. Dazu zählt ein Messinstrument mit perfekten, standardisierten Messbedingungen oder die Identifizierung einer Patienten Klientel mit  $\geq 40\%$  Prävalenz einer Stenose (23). Faktoren, die hierbei ein Screening kosteneffektiver machen könnten, sind:

- (a) Identifikation einer Hochrisikopopulation
- (b) Verbesserte Technologie
- (c) Niedrigere Diagnose-, Operations- und Angiographiekosten (23)

Der Benefiz für die Patienten muss dabei in Relation zu den Gesamtkosten gesehen werden. Hierzu gehören natürlich auch die Folgeuntersuchungen wie beispielsweise eine Kontrollangiographie oder eine anschließende Operation inklusive der Pflegekosten, die bei Komplikationen im Rahmen einer OP resultieren.

- (a) Identifikation einer Hochrisikopopulation

Versuche der Identifikation einer Hochrisikogruppe wurden mit der Forderung nach dem gleichzeitigen Vorhandensein von 6 aus 8 Risikofaktoren unternommen (3):

- Männliches Geschlecht
- Raucheranamnese
- Hypertonus
- Stauungsherz
- Diabetes
- Claudicatio intermittens
- Hyperlipidämie

- Herzinfarkt-Anamnese

Zusätzliche Faktoren können hier nur noch geringgradig selektiver wirken, da die wesentlichen Risikofaktoren bereits enthalten sind (22).

#### (b) Verbesserte Technologie

Eine Verbesserung der Technologie ist bei dem derzeitigen Stand der Technik ebenfalls sehr kostenintensiv. Eine Ersparnis würde durch die entstehenden Kosten sogleich aufgehoben. Die Tendenz ging dabei in den vergangenen Jahren ohnehin dahin, noch aufwendigere, kostspieligere Verfahren zu entwickeln, um noch genauere Befunde zu erhalten, anstatt althergebrachte, kostengünstige Technologie besser auszunutzen.

Eine einheitliche Norm der Geräte würde eine deutlich bessere Vergleichbarkeit der Ergebnisse ergeben. Zahlreiche Studien, die zu dem Ergebnis kommen, dass gewisse Messunterschiede alleine aufgrund unterschiedlicher materieller Ausstattung zu Stande kommen, stützen diese These (48). Darüber hinaus wird einer Vereinheitlichung der Messtechnik und einer Standardisierung der Lage der Messsonde auf der Arterie oder des Winkels zur Arterie sowie einer einheitlichen Analyse der erhobenen Ergebnisse ein noch wesentlich höherer Stellenwert eingeräumt (24, 30).

Für die Magnetresonanztangiographie existiert kein international gültiger Standard, jedoch existieren in hochauflösenden bildgebenden Verfahren weniger untersucherabhängige Unterschiede (24). Als Forderung ergibt sich somit, sonographische Untersuchungsergebnisse nur vom Untersucher beurteilen zu lassen und nicht von Dritten (34, 31).

### (c) Niedrigere Diagnose-, Operations- und Angiographiekosten (23)

Im Vergleich mit bildgebenden Verfahren steht mit der CWD-Sonographie bereits das mit Abstand preisgünstigste Gerät zur Diagnostik von Stenosen der Karotiden zur Verfügung. In Kombination mit einem herkömmlichen PC, der in neueren Praxen ohnehin vorhanden ist, ist das vorgestellte Verfahren für jede Allgemeinarztpraxis kostengünstig. Eine zukünftige mögliche Senkung der Operations- oder der Angiographiekosten erscheint unwahrscheinlich.

#### **4.1.1. Geeignete Arterien:**

Nicht jede untersuchte Arterie eignete sich für dieses Untersuchungsverfahren. Die beschriebene Differenz bei der A. supratrochlearis von 1874 % ergibt sich aus mehreren Faktoren:

- Es handelt sich um sehr kleine Arterien, für die die Empfindlichkeit der Sonde nicht groß genug ist.
- Durch ihre Lage ist die Beurteilung stark von interindividuellen anatomischen Besonderheiten oder Kaliberschwankungen abhängig.
- Es bestehen starke intraindividuelle Kaliberschwankungen rechts gegenüber links.
- Die hohe untersuchungsbedingte Messungenauigkeit resultiert aus der schweren Auffindbarkeit und den daraus folgenden erhöhten Abweichungen innerhalb der 20 registrierten Pulsschläge.

Die meisten bisherigen Untersuchungen beziehen sich auf die ACI, wenige auf die ACC und fast keine auf die ACE (50). Der anfängliche Versuch, Aussagen über Veränderungen der Gefäße aufgrund der hier durchgeführten Untersuchungen auch an kleinlumigen Gefäßen zu treffen, scheiterte an der erheblichen Streuung der Messwerte. Statistisch verwertbare, geringere Streuungen konnten nur an ausreichend großen Gefäßen wie ACC, ACI und ACE gefunden

werden. Die Bewertung der A. supratrochlearis im klinischen Alltagsbetrieb beschränkt sich aus den gleichen Gründen ausschließlich auf die Beurteilung der Flussrichtung.

Die A. vertebralis ist ebenfalls eine relativ kleine Arterie, die sehr starken intra- und interindividuellen Kaliberschwankungen unterworfen ist. Sie dient daher im Wesentlichen zur Auffindung eines Umgehungskreislaufes bei Stenose der ACI.

Aus diesem Grund sind bestimmte, im Folgenden getroffene Aussagen, insbesondere anhand der Messergebnisse der großen Arterien wie der ACC, ACI und ACE überprüft und beschrieben worden. Eingeschränkt verwertbar waren hingegen die Messergebnisse der Aa. supratrochleares sowie Aa. vertebrales.

Die Dopplersonographie ist aufgrund der eingeschränkten Größe ihres Messvolumens nicht in der Lage, bei entsprechender Größe eines Gefäßes dieses in seiner vollen Weite zu erfassen. Es können also keine absoluten Zahlen für die Durchflussmenge errechnet werden. Verschiedene Studien wiesen nach, dass Abweichungen von bis zu 60 % des gemessenen MF vom tatsächlichen Fluss auftreten (8, 19, 20). Bei Messungen an etwa gleich großen Gefäßen, wie z.B. der ACC bei verschiedenen Patienten unterschiedlichen Alters, können jedoch Aussagen über relative Veränderungen getroffen werden. Da sich bei der Berechnung von R und P die Größeneinheiten sowie die systematischen Fehler durch unvollständige Messvolumina bei der Berechnung gegeneinander kürzen lassen, ergeben sich dimensionslose Indizes, die den durch Pourcelot erwarteten Werten für R von ACC, ACI und ACE nahezu entsprechen. Durch die entdeckte Altersabhängigkeit kann nun jeder Altersgruppe ein Normbereich für R von ACC, ACI und ACE zugeordnet werden.

#### **4.1.2. Diagnose**

Die Stenose der A. carotis interna links oder rechts stellt im hier beschriebenen Patientenkollektiv die einzige Diagnose dar, die Einfluss auf die Messergebnis-

se hat. Die CWD-Analyse stellt für diesen Bereich eine praktikable, kostengünstige Methode zur Diagnostik einer Stenose dar.

Für Probanden der gesunden Kontrollgruppe musste eine Stenose von vornherein ausgeschlossen werden. Aus ethischen Gründen verbot sich jedoch der sichere Ausschluss mit Hilfe einer Angiographie, so dass das Fehlen von Symptomen und eine negative CWD-Untersuchung als Ausschlusskriterium genügen mussten. In der Patientengruppe 1 ohne nachgewiesene Stenose wurde diese Verdachtsdiagnose ebenfalls bei einer herkömmlichen CWD-Untersuchung bestätigt, alle Patienten waren jedoch zuvor symptomatisch gewesen. Jeder Patient dieser Patientengruppe wurde erneut untersucht. Die Ergebnisse der klinischen CWD-Analyse wurden hier zur Beurteilung nicht herangezogen.

In der Patientengruppe 2 mit nachgewiesener Stenose bestätigte sich die Diagnose einer Stenose jeweils einer Seite bei allen Patienten unabhängig von der Verdachtsdiagnose Schlaganfall in der klinischen Untersuchung. Aufgrund der geringen Patientenzahl mit bestätigter Diagnose einer einseitigen Stenose musste bei den Patienten der Patientengruppe 2 auf bestehende Messwerte zurückgegriffen werden. Ein Einfluss auf die zu messenden Parameter sollte so weit wie möglich ausschließlich durch den Grad der vorhandenen Stenose ausgeübt werden. Daher wurden nur Patienten betrachtet, die die oben genannte Diagnose als einzige hämodynamisch wirksame Erkrankung aufwiesen. Einflüsse anderer Erkrankungen auf MF, R und P können daher in dieser Arbeit weitestgehend ausgeschlossen werden.

#### **4.1.3. Abhängigkeit vom Untersucher**

Felber untersuchte 1985, wie genau die Dopplersonographie von technischen Assistenten durchgeführt werden kann (10). Er kam zu dem erstaunlichen Ergebnis, dass die Untersuchungsergebnisse in 100 Fällen nicht signifikant schlechter waren, als wenn sie von Ärzten vorgenommen wurden. Es handelt sich also um eine leicht erlernbare und nach kurzer Übung bereits mit ausrei-

chender Zuverlässigkeit durchführbare Untersuchung. Große Unterschiede zwischen an dieser Arbeit beteiligten geübten Untersuchern und Doktoranden mit geringerer Erfahrung sind also unwahrscheinlich (Diagramm 8, 9, 10).

Die nahe liegende Vermutung, dass die bisher gezeigten Ergebnisse aufgrund der Erhebung durch verschiedene Untersucher die beschriebenen Unterschiede aufweisen, lässt annehmen, dass gleichartige systematische Unterschiede auch bei der ACE zu finden sind. Stenosen der ACE sind im Vergleich zur ACI extrem selten. Die Messwerte für die verschiedenen Patientengruppen liegen daher erwartungsgemäß sehr dicht beieinander, da an der ACE zwar altersbedingte Veränderungen, aber kaum pathologische Veränderungen im Sinne einer Stenose auftreten (Diagramm 11). Da sich die ACE in allen Gruppen bei vergleichender Betrachtung des MF und R nicht statistisch signifikant unterscheiden, kann eine Abhängigkeit der Ergebnisse vom Untersucher ausgeschlossen werden (Diagramm 23). Folglich werden die Werte für ACI und ACC bedingt durch den Untersucher auch keine größere Messungenauigkeit aufweisen, so dass Unterschiede gleicher Arterien der Patientengruppe 1 ohne nachgewiesene Stenose und der Kontrollgruppe eindeutig auf stenosierende Veränderungen im Gefäßverlauf zurückgeführt werden können.

Die verwendeten Indizes stellen Ratios und keine Absolutwerte dar. Zwiebel stellte fest, dass bei Verwendung von Ratios der Einfluss von Ausrüstung und verschiedener Technik teilweise kompensiert wird (49).

#### **4.1.4. Normalverteilung**

Wie 1993 von Steinmeier beschrieben, wurde bei der folgenden Berechnung zunächst geprüft, ob gleiche Arterien verschiedener Seiten bei gesunden Patienten des gleichen Alters signifikant intraindividuell der gleichen Streuung unterliegen wie interindividuell zwischen zwei vergleichbaren Patienten (intraindividueller Vergleich) (44).

Die Berechnung wurde für den MF der verschiedenen Arterien angestellt, da somit auf die Verteilung der mit Hilfe der MF errechneten Werte wie R und P rückgeschlossen werden kann.

Im Rahmen dieser Arbeit konnte gezeigt werden, dass die Durchflussraten der hirnzuführenden Gefäße ACC, ACI und ACE einer Normalverteilung unterliegen (Diagramm 1).

#### **4.1.5. Beeinflussende Faktoren**

Bereits 1994 stellten Macchi und Catini von der Universität Florenz fest, dass es keinen signifikanten Unterschied bei der CWD-Messung an 80 gesunden Männern hinsichtlich

- des Alter
- des Blutdruckes
- des arteriellen Kalibers
- der Seite (rechts oder links)

gab (28).

##### **4.1.5.1. Alter**

Der Einfluss des Alters auf die Strömungsqualitäten sind von Colon, Mol und Müller quantitativ und qualitativ beschrieben worden (7, 32, 33). Um eine Aussage über die Abhängigkeit der gemessenen Werte vom Alter der Patienten treffen zu können, musste zuvor der Einfluss störender Faktoren ausgeschlossen werden. Dies wurde durch Standardisierung der Untersuchungsbedingungen erreicht.

Mit dem Alter der Patienten steigt die Wahrscheinlichkeit für Strömungshindernisse in den Arterien. Bestimmte Änderungen der Strömungsverhältnisse sind jedoch auch physiologisch. Die Abnahme der Gefäßelastizität im Alter zeigt sich

durch die veränderte Konfiguration der Pulskurven (47). Dies ist die Folge der zunehmenden Arteriosklerose im Alter, die den peripheren Widerstand ansteigen lässt. Die Identifizierung der Gefäße bei älteren Patienten ist aus diesem Grund zusätzlich erschwert. Durch die gezielte gleichmäßige Altersverteilung der gesunden Kontrollgruppe sind durch diese Studie nicht nur Aussagen einer kranken im Vergleich zu einer gesunden Kontrollgruppe möglich, sondern auch Aussagen über die altersabhängige Entwicklung der Arterien innerhalb der einzelnen Gruppen.

In die Berechnung des MF und der Indizes R und P geht das Alter als Einflussgröße nicht mit ein. Eine Altersabhängigkeit der errechneten Werte kann daher ebenfalls sekundär überprüft werden. Der jüngste Patient der Patientengruppe 1 ohne nachgewiesene Stenose, der mit einem Verdacht auf Schlaganfall untersucht wurde, war 29 Jahre alt. Das Alter des ältesten Patienten der Kontrollgruppe, der bisher keine Symptome aufwies und anamnestisch frei von Gefäßerkrankungen war, betrug 69 Jahre. Aus diesem Grund ist ein direkter Datenvergleich zwischen arteriengesunden und -kranken Probanden nur in den gleichen Altersgruppen zwischen 29 und 69 Jahren möglich.

#### **4.1.5.2. Abhängigkeit vom Blutdruck**

Bis auf die Unabhängigkeit des Blutdrucks von der jeweils betrachteten Seite sowie vom arteriellen Kaliber, können die o.g. Ergebnisse von Macchi und Cati ni (28) so nicht bestätigt werden. Ein Einfluss des Blutdruckes zum Zeitpunkt der Messung auf die Höhe des MF z.B. konnte durch die Analyse als Einflussgröße nicht komplett ausgeschlossen werden. Es ergab sich mit steigendem Alter der Patienten zwar weder eine steigende noch fallende Tendenz des Blutdrucks, dennoch wird vermutet, dass ein wesentlicher Anteil der Streuung der einzelnen Messergebnisse innerhalb einer Altersgruppe auf interne Blutdruckunterschiede zurückzuführen ist.

Ein Einfluss unterschiedlicher gemessener Blutdruckwerte auf die resultierenden Werte für MF, R und P eines Patienten konnte im Rahmen dieser Arbeit

nicht beurteilt werden, weil nicht mehrere Messungen am gleichen Patienten in verschiedenen Belastungssituationen durchgeführt wurden. Um jedoch Aussagen über altersabhängige Veränderungen in den Gefäßen zu treffen, war es erforderlich, den Blutdruck als systematische Fehlerquelle auszuschließen. Dieses konnte, wie in Diagramm 2 gezeigt, erreicht werden. Eine zunächst erwartete Erhöhung des mittleren RR mit zunehmendem Alter konnte hier nicht gefunden werden. Ein Einfluss des RR macht sich also in unserer Bewertung bei relativ geringer Streuung nur in Form eines zufälligen Fehlers bemerkbar, der sich wiederum in Form einer Erhöhung der Streuung für MF, R und P äußern kann. Wie bereits erwähnt, lagen die im Mittel in den Patientengruppen gemessenen Blutdrücke bis zu 16 % über den Werten, die innerhalb der Kontrollgruppe gemessen wurden. Sollte es hierdurch zu einer systematischen Veränderung der gemessenen Werte für MF und R gekommen sein, so wäre zu vermuten, dass dieses für alle betrachteten Gefäße zutrifft. Im Rahmen dieser Arbeit konnte jedoch gezeigt werden, dass sich die Patienten in der Patientengruppe 1 ohne nachgewiesene Stenose und die Kontrollgruppe bei der Betrachtung der ACE sowohl für die R als auch für den MF nicht signifikant unterscheiden (Diagramm 11, 17).

Das Diagramm 2 zeigt, dass keine systematische Zunahme des Blutdrucks der Probanden mit zunehmendem Alter in dieser Untersuchung besteht. Dennoch kann natürlich der Blutdruck individuell zu einem veränderten Messergebnis führen. Der Blutdruck ist zwar in diesem kleinen Kollektiv nicht vom Alter abhängig, die Messwerte können gleichwohl aber vom Blutdruck abhängen. Die Messergebnisse für den systolischen Blutdruck der gesunden Patientenklientel schwankten dabei zwischen 160 mm Hg und 90 mm Hg. Der Einfluss der Herzfrequenz, der z.B. durch Lee et al. beobachtet werden konnte, wurde in dieser Arbeit ebenfalls nicht analysiert (24).

#### **4.1.5.3. Geschlechtsverteilung**

Die Grundgesamtheiten der Patientengruppe 1 ohne nachgewiesene Stenose und der Kontrollgruppe sind groß genug, um für einzelne Parameter wie den

Meanflow Aussagen über eine Abhängigkeit vom Geschlecht statistisch zu belegen.

Wie die Diagrammen 6 und 7 zeigen, konnte für die Kontrollgruppe nachgewiesen werden, dass sich der MF der ACC und ACE bei Männern und Frauen nicht signifikant unterscheidet. Geht man davon aus, dass Frauen im Durchschnitt aber leichter und weniger muskulös sind als Männer und somit im Mittel auch kleinlumigere Gefäße besitzen, so wäre eigentlich ein deutlich geringerer MF bei den weiblichen Probanden zu erwarten. Da aber auch hier wiederum der gemessene MF nur ein Maß für die Verhältnisse im „Messvolumen“ darstellt und man davon ausgeht, dass dieses Messvolumen sowohl bei Männern als auch bei Frauen aufgrund seiner geringen Größe im Wesentlichen den Teil der zentralen Strömungen erfasst, ist hier kein Unterschied zu erkennen. Ein Einfluss der verzögerten Randströmungen in einem Gefäß hat offensichtlich bei dieser Art der Messung nur geringe Auswirkungen auf das Ergebnis. In der Beurteilung der Messwerte wird daher nicht zwischen Männern und Frauen unterschieden. Aus den genannten Ergebnissen lassen sich jedoch keine Wahrscheinlichkeiten für das Auftreten von Stenosen in Abhängigkeit vom Geschlecht ableiten.

#### **4.1.5.4. Arteriellles Kaliber**

Schwankungen der Messwerte aufgrund von Kaliberschwankungen können für diese Messmethode durch den zwischengeschlechtlichen Vergleich ausgeschlossen werden. Es konnte festgestellt werden, dass es statistisch weder in der ACC (Diagramm 6) noch in der kleinsten hier betrachteten Arterie, der ACE (Diagramm 7), einen Unterschied zwischen dem MF von Männern und Frauen in Abhängigkeit vom Alter gab. Es kann – auch ohne das Vorliegen von Messwerten hierfür – davon ausgegangen werden, dass der Mittelwert der Gewichte der Frauen unter dem Mittelwert der Gewichte der Männer liegt. Da man weiterhin davon ausgehen kann, dass die arteriellen Kaliber eines Patienten mit seinem Körpergewicht korrelieren, lässt sich hieraus schließen, dass der MF unabhängig vom Kaliber der betrachteten Gefäße ist. Das Messvolumen passt

wie bei der CWD nicht vollständig in die Querschnittsfläche des Gefäßes, da es oben und unten jeweils hinausragt und der MF bei unserer Meßmethode unabhängig vom Gefäßkaliber ist. Daraus folgt, dass das Messvolumen der CWD-Sonde also klein genug ist, um nicht die gesamte Querschnittsfläche der ACE, selbst der kleinsten hier beurteilten Arterie, vollständig in sich aufzunehmen.

#### **4.1.5.5. Seitenabhängigkeit**

Selbstverständlich gibt es starke intraindividuelle Kaliberschwankungen bei allen hirnversorgenden Arterien. Da diese jedoch bezogen auf die Seite und das Ausmaß genauso zufällig verteilt sind, als wenn nur eine Seite betrachtet würde, kann man im Folgenden rechte und linke Arterien zusammenfassen. Ein Vergleich des MF der jeweiligen Seite mit geringerem Kaliber der A. carotis communis der gesunden Kontrollgruppe ergab statistisch keine Differenz.

## **4.2. Die Kontrollgruppe**

### **4.2.1. Meanflow**

Das optimalste Signal der CWD-Untersuchung bekommt der Untersucher am besten in der Mitte der jeweiligen Arterie, wo höhere Geschwindigkeiten bestehen (47). Weiterhin wird immer nur ein Ausschnitt des untersuchten Gefäßes beschallt. Der gemessene MF ist ebenfalls Berechnungsgrundlage für die Resistance und die Pulsation. Daher ist eine absolute Betrachtung der Messergebnisse nicht möglich. Im Folgenden werden deswegen der Meanflow, Resistance und Pulsation als dimensionslos betrachtet.

Die häufigsten Stenosen im Bereich der Karotiden finden sich – wie oben erwähnt – im Bereich des Sinus caroticus. Da die hier verwendeten Messungen jedoch vor oder hinter dem Sinus caroticus durchgeführt wurden, um Störungen der Messung durch turbulente Strömungen zu vermeiden, besitzen Stenosen an dieser Stelle einen Einfluss auf die Höhe des MF im Bereich der ACI und der ACC. In den Diagrammen 3,4 und 5 wird dargestellt, dass ein Rückgang des

Meanflow der ACC und ACI mit zunehmendem Alter auch in der Kontrollgruppe der gesunden Probanden erfolgt. Gleichzeitig kommt es zu einem geringen Anstieg des Meanflow der ACE. Die gefundene Reduzierung des Meanflow in Abhängigkeit vom Alter kann nach Beseitigung aller berücksichtigungsfähigen Einflussgrößen als Zeichen von strukturellen Veränderungen der Gefäße oder ihrer Zustromgebiete gewertet werden. Dieses Ergebnis steht im Gegensatz zu anderen Studien, wie die von Lee et al. 1999 veröffentlichten, die bei Betrachtung des MF keine signifikanten Unterschiede zwischen einer Patientengruppe im Alter > 60 Jahren und einer anderen im Alter < 60 Jahren feststellen konnte (24). In jüngeren Veröffentlichungen, wie der von Spencer et al. aus dem Jahr 2002, besteht Einigkeit über eine umgekehrte Korrelation von Alter und maximaler systolischer Strömungsgeschwindigkeit (42). Eine Veränderung des MF konnte insbesondere bei der ACC der gesunden Kontrollgruppe entgegen der o.g. Beobachtungen von Macchi u. Catini (28) in Abhängigkeit vom Lebensalter der Patienten festgestellt werden (Diagramm 3, 5, 6). Aber auch im Bereich der ACI finden sich gleichartige Veränderungen mit zunehmendem Alter (Diagramm 4). Die Gründe für diese Verminderung können nur im hirnzuführenden Aufzweigungsschenkel der ACC, also im Bereich des Sinus caroticus, der ACI oder auch der intrakraniellen Gefäße liegen, da die MF-Entwicklung der ACI hier im Gegensatz zur ACE mit dem Alter eine identische Tendenz zeigt wie die ACC.

Das Stromgebiet der ACE versorgt Gewebe mit hohem peripheren Widerstand, so dass das Widerstandsniveau insgesamt höher liegt als bei der ACI (Diagramm 14). Die zunehmende Erschlaffung der Muskulatur mit steigendem Alter führt jedoch zur Widerstandsabnahme und daher eher zu einer Zunahme des MF (Diagramm 4). Das Stromgebiet der ACI versorgt Gewebe mit relativ niedrigem peripheren Widerstand, der jedoch mit zunehmendem Alter und arteriosklerotischen Veränderungen größer wird. Die A. supratrochlearis weist zunächst eine Flussrichtung von intrakranial nach extrakranial auf. Bei vorhandener Stenose, z.B. der ACI der gleichen Seite, findet eine Stromumkehr statt. So ist zu erklären, dass es bei einer altersbedingten Sklerosierung der intra-

rebralen Gefäße ebenfalls zu einer geringfügigen Mehrdurchblutung der ACE kommt bei gleichzeitiger Verminderung der ACI-Durchblutung.

Eine gewisse Kaliberdifferenz der rechten zur linken Seite ist physiologisch und würde, bei ausschließlicher Betrachtung der schlechter durchbluteten Seite der jeweiligen Gefäße, einen niedrigeren Mittelwert der Messwerte für den MF erwarten lassen. Das erklärt jedoch nicht ein stärkeres Gefälle der Regressionsgeraden. Dieses stärkere Gefälle ist bei der ACC und ACI verstärkt zu erkennen. Sollten Probanden der Kontrollgruppe wider Erwarten doch eine vermehrte Sklerosierung der Arterien aufweisen, so ist wahrscheinlich zunächst nur eine Seite betroffen. In unserer Untersuchung standen 32 Patienten mit einseitiger Stenose 12 Patienten mit beidseitiger Stenose im gleichen Beobachtungszeitraum gegenüber. Die Wahrscheinlichkeit, dass auch symptomlose Probanden bereits eine pathologische Veränderung mindestens einer Seite der ACC oder der ACI aufweisen, steigt mit dem Alter, wie hier gezeigt werden kann. In diesem Fall wird die Differenz zwischen der Messung des MF von linker gegenüber rechter Seite mit zunehmendem Alter größer.

Hieraus ergeben sich folgende Schlussfolgerungen:

- Der MF von ACC und ACI sinkt mit zunehmendem Alter der Probanden physiologischer Weise ab.
- Der MF der ACE steigt mit zunehmendem Alter der Probanden physiologischer Weise geringfügig an.
- Die Wahrscheinlichkeit, dass auch bisher symptomlose Probanden bereits eine pathologische Veränderung mindestens einer Seite der ACC oder der ACI haben, steigt mit dem Alter.

#### **4.2.2. Resistance (R) und Pulsation (P)**

Die ACC als vorgeschaltete Arterie, die sich in ACE und ACI aufspaltet, müsste für den MF in jedem Alter einen Wert annehmen, der oberhalb der Einzelwerte

für die ACI und ACE liegt, da das transportierte Blutvolumen der Summe der Folgearterien entspricht. Ho et al. verglichen 2000 Messergebnisse für den Meanflow, ermittelt durch Spektral-Doppler-Analyse und Farb-Doppler-Untersuchung hinsichtlich der Frage, ob die addierten Werte für ACI und ACE dem Wert für die ACC entsprechen (16). Das Ergebnis der Farb-Doppler-Untersuchung mit der geringeren Abweichung von 10,6 % stand der Spektral-Doppler-Analyse mit 27,9 % gegenüber (16). Jüngere Untersuchungen, die sich mit dem Vergleich hochleistungsfähiger Ultraschallsysteme in der Messung des Meanflow beschäftigen, kommen ebenfalls auf deutliche Ergebnisunterschiede der Methoden (17). Hier zeigt sich selbst bei modernen Geräten ein Nachteil bei der Benutzung des MF in der vergleichenden Bewertung durch starke Abweichungen.

Lin et al. konnten nachweisen, dass starke Unterschiede im Sinne einer Resistance- und Pulsationssteigerung die Folge sind, wenn man die Randströmungen mitbetrachtet, da R und P hier am höchsten sind (25). Dieser erhöhte Randwiderstand konnte für ACE, ACI und ACC nachgewiesen werden. Durch die Benutzung eines Messvolumens von begrenzter Breite, welches durch den Untersucher in die Region mit dem stärksten MF, also dem Zentrum des Gefäßes, gebracht wird, werden verzögerte und turbulente Randströmungen stärker aus der Messung ausgeklammert als bei breiteren Messvolumina. Die CWD-Sonde erfasst nur einen Teil des Volumens der ACC, ACI oder ACE. Die Randströmungen werden nicht erfasst. Je nach Querschnittsfläche einer Arterie geht ein mehr oder weniger großer Teil des Gesamtvolumens nicht in das Messvolumen mit ein. Dadurch kommt es durchaus vor, dass der MF einer ACI über dem MF der vorgeschalteten ACC liegt (siehe Anhang). Es ist daher für die vergleichende Bewertung verschiedener Arterien sinnvoll, eine dimensionslose Zahl heranzuziehen, die durch die Struktur ihrer Formel lediglich Verhältnismäßigkeiten ausdrückt und keine Absolutwerte liefert. Eine solche dimensionslose Zahl ist mit der Resistance gegeben. Sie nimmt erwartungsgemäß Werte für die ACC an, die zwischen den Werten der Folgegefäße liegen (Diagramm 12).

Die Lokalisation einer Stenose, die für eine Reduzierung des MF verantwortlich ist, wird insbesondere in den vergleichenden Darstellungen von R deutlich. Nach Hass et al. kommen 77,9 % aller Stenosen der extrakraniellen Gefäße im Sinus caroticus und 17,1 % in der ACI gegenüber 8 % in der ACC vor (14). Ein Ansteigen von R der ACC mit dem Alter kann daher am wahrscheinlichsten mit einer stenosierenden Veränderung der Folgegefäße ab dem Sinus caroticus erklärt werden, da Stenosen der ACC selten sind und die ACE als Folgegefäß eher – wie oben beschrieben – eine Abnahme der R mit zunehmendem Alter verursacht.

Im Rahmen der Kompressionsmanöver zur Identifizierung extrakranieller Gefäße wurde nachgewiesen, dass bei peripherer Gefäßkompression oder bei peripherer Muskelkontraktion (z.B. der A. brachialis bei Faustschluss) eine Verminderung des MF resultiert (47, 18). Durch Erhöhung des Widerstandes der von der ACE mit Blut versorgten Muskulatur muss es also auch zu einer Minderdurchblutung der ACE kommen, da der Effekt der gleiche ist. Umgekehrt kann der Anstieg des MF der ACE auch durch die Erschlaffung der peripheren Gesichtsmuskulatur und die damit verbundene R-Erniedrigung erklärt werden. Da das Zuflussgebiet der ACI keine Muskeln beinhaltet, kann die nachgewiesene Widerstandszunahme ihre Ursache nur in der fortschreitenden Stenose der ACI oder ihrer intrakraniellen Folgegefäße haben.

Bei einer pathologischen, hämodynamisch wirksamen Einengung und daraus resultierender Widerstandserhöhung im Bereich des Sinus caroticus, erhöht sich folglich auch der Gesamtwiderstand der ACC. Dieser wird dann in Form einer R-Steigerung der ACC deutlich. Die R einer Arterie ist das Produkt sämtlicher Widerstände ihrer Folgegefäße. R-Anstiege weisen daher in erster Linie auf Widerstandsveränderungen im Arterienverlauf hinter dem Messvolumen hin. Es muss davon ausgegangen werden, dass auch bereits in der gesunden Kontrollgruppe mit zunehmendem Alter stenosierende Veränderungen der Hirngefäße auftreten, da sich eine eindeutige Zunahme von R der ACI mit zunehmendem Alter auch in der Kontrollgruppe zeigt (Diagramm 12, 14).

Das Blutvolumen, welches durch eine normalweite ACC fließt, würde in einer doppelt so weiten Arterie nur annähernd halb so schnell fließen. Da das Messvolumen sich nicht der Größe des Gefäßes anpassen lässt, wird die Sonde einen Rückgang des MF um die Hälfte registrieren, obwohl die Blutmenge, die pro Zeiteinheit das Gefäß passiert, die gleiche ist. Gleichzeitig würde sich jedoch eine Reduzierung von R zeigen, da die Amplitude zwischen A und A' kleiner wird. Eine Abnahme des MF kann nur bei gleichzeitiger R-Zunahme ohne Berücksichtigung eines Tonsignals als Hinweis auf eine Stenose im weiteren Gefäßverlauf gewertet werden.

Es gibt zahlreiche Versuche, mit Hilfe der transkraniellen Dopplersonographie, die nur von wenigen Spezialisten erfolgreich durchgeführt werden kann, Aussagen über die extrakraniellen Gefäße zu treffen. Hier wurde eine Möglichkeit gefunden, über die Messung an einer auch für den ungeübten Untersucher leicht zu erreichenden Arterie, der ACI, Aussagen über extrakranielle und intrakranielle Widerstandsverhältnisse zu treffen. Weiterhin ist es möglich, durch Messung an der ACC Aussagen über die ACI und den Sinus caroticus zu treffen. Eine genauere intrakranielle Lokalisation ist hierbei jedoch nicht möglich. Ein deutliche Erhöhung von R in der ACC in Verbindung mit einem normwertigen R in der ACI kann aber als Hinweis auf eine Stenose im Sinus caroticus gewertet werden. Die stark durch subjektives Empfinden geprägte Analyse des CWD-Tonsignals wird hier durch ein technisches, untersucherunabhängiges Auswerteverfahren ersetzt.

Hieraus ergeben sich folgende Schlussfolgerungen:

- Durch die R werden ACC, ACI und ACE vergleichbar, da das Verhältnis zueinander die tatsächlichen Verhältnismäßigkeiten widerspiegelt (21).
- Ein R-Abfall der ACE mit zunehmendem Alter lässt sich durch das Absinken des Tonus der Gesichtsmuskulatur mit zunehmendem Alter erklären.
- Die R der ACI und ACC steigt mit zunehmendem Alter der Probanden aus physiologischen Gründen geringfügig an.

- Aufgrund der Aussagekraft von R für nachgeschaltete Gefäße ist auch eine Aussage über intrakranielle Gefäße aufgrund der Messung an der ACI möglich.
- Eine Beurteilung des Gefäßquerschnitts ist aufgrund des MF alleine nicht möglich.
- In Kombination des MF mit der R gelingt es, die Selektivität und Sensitivität der CWD zu erhöhen.

Dass die ACE in der Lage ist, einen Teil der Aufgaben der ACI mit zu übernehmen, ist bereits seit Entdeckung eines retrograden Blutflusses in der A. supratrochlearis bei höhergradigen Stenosen der ACI bekannt. Aufgrund der Kollateralfunktion der ACE macht sich dieses durch gleichsinnige R Veränderungen in der ACC bemerkbar. Die Abnahme des Muskeltonus der Gesichtsmuskulatur führt bei der ACE zunächst zu einer Verminderung von R. Mit zunehmendem Alter jedoch zeigen sich auch hier die Auswirkungen einer zunehmenden Elastizitätsreduzierung durch Sklerosierung der ACE-Äste. Daher beginnt die R zwischen 40 und 45 Jahren wieder zuzunehmen. Dieses führt dazu, dass die R von ACE und ACC eine Abwärts-/Aufwärtsbewegung mit zunehmendem Alter vollführt, während der resultierende MF der ACE nahezu zeitlebens konstant bleibt (Diagramm 12 u. 14).

Die R der ACC innerhalb der Kontrollgruppe folgt in ihrer Entwicklung mit zunehmendem Alter nahezu parallel der Entwicklung der R der ACE. Dieses lässt den Schluss zu, dass Veränderungen der R der ACI nur geringen Einfluss auf die R der ACC haben. Da der Gesamtwiderstand der ACE im Wesentlichen für das hohe Widerstandsniveau der ACC verantwortlich ist, machen sich die Veränderungen in der ACE deutlicher bemerkbar als der geringe Anstieg in der ACI (Diagramm 12, 14).

Hieraus ergeben sich folgende Schlussfolgerungen:

- Widerstandsveränderungen der ACE haben stärkeren Einfluss auf R der ACC als Widerstandsveränderungen der ACI.
- Zunehmende Sklerosierung der ACI führt zur Widerstandsabnahme der ACE.
- Zunehmende Sklerosierung der ACE führt zur Widerstandszunahme der ACE und hebt somit diese Widerstandsabnahme wieder auf.

#### **4.2.3. Pulsation**

Es ergeben sich bei keinem der untersuchten Fälle zusätzliche Informationen durch die Betrachtung von P gegenüber R, so dass nachfolgend nur noch R betrachtet wird (Diagramm 15).

#### **4.3. Vergleich der Patientengruppe 1 mit der Kontrollgruppe**

Die Tatsache, dass die ACC bei den Patienten der Patientengruppe 1 ohne nachgewiesene Stenose einen im Mittel niedrigeren MF aufweist, sagt zunächst nur etwas über das vergleichsweise niedrigere Blutvolumen im begrenzten Messvolumen pro Zeiteinheit aus, nicht aber über das absolut niedrigere Durchflussvolumen, da ein Großteil des Gefäßquerschnittes vom Messvolumen nicht erfasst wird. Da aber Stenosen der ACC im Vergleich zu Stenosen des Sinus caroticus und der ACI seltener auftreten, kann davon ausgegangen werden, dass der durchschnittliche Querschnitt der ACC der Patienten nicht unter dem der in der Kontrollgruppe beurteilten gleichartigen Arterien liegt. Eine Differenz aufgrund der Datenerhebung durch unterschiedliche Untersucher kommt ebenfalls nicht in Frage, da die Daten beider Gruppen durch denselben Untersucher erhoben wurden.

Marshall (29) und von Reutern (45) kamen zu den Ergebnissen, dass bei 40 - 60 %igen Stenosen nur im Bereich der Stenosen systolische und diastoli-

sche Flussbeschleunigungen bestehen. Es konnte in dieser Arbeit aber gezeigt werden, dass sich offensichtlich unter den Patienten ohne nachgewiesene Stenose Personen mit hämodynamisch wirksamen Stenosen befinden, die sich bei einer Standard-CWD-Untersuchung weder akustisch noch optisch bemerkbar machten. Dieses ergibt sich sowohl aus den Vergleichen von MF der ACC, als auch aus Vergleichen von R der ACC zwischen Patienten ohne nachgewiesene Stenose und der Kontrollgruppe, also aus Untersuchungen, die nicht direkt über der Stenose durchgeführt wurden (Diagramme 9, 10, 15, 16). Entgegen der Annahme von Marshall (29) und von von Reutern (45) sind durch Veränderungen des Meanflow und der Resistance Rückschlüsse auf nachfolgende Gefäßstenosen möglich.

Eine Stenose der hirnversorgenden Gefäße wird bei den Probanden der Kontrollgruppe nicht angenommen. Es werden daher aufgrund dieser Ergebnisse die Werte der Kontrollgruppe als Referenzwerte von Patienten mit ausschließlich altersentsprechenden, physiologischen Veränderungen zugrunde gelegt, da sich eine Bestätigung durch z.B. die Angiographie bei gesunden Probanden verbietet.

Sind die Referenzwerte maßgeblich, zeigt sich, dass sich Hinweise auf Stenosen in der Patientengruppe 1 finden. Die vergleichende Betrachtung des MF der ACC und ACI der Patientengruppe 1 mit der Kontrollgruppe zeigt eine Einschränkung der Durchblutung bei den Patienten. Die Streuung der Werte ist dabei nicht signifikant höher als bei Patienten in der Kontrollgruppe.

Bei den Patienten der Patientengruppe 1 ist ebenfalls eine höhere R der ACI und ACC zu sehen. Die Streuung der Messergebnisse der R ist in der Patientengruppe 1 ebenfalls erhöht. Es befinden sich hierin Patienten, deren stenotische Veränderungen sich hämodynamisch so wenig wirksam zeigten, dass eine herkömmliche CWD-Untersuchung ohne pathologischen Befund die Folge war. Die Ursache für den apoplektischen Insult wurde an anderer Stelle gesucht. Bei Betrachtung der Resistance der Patienten gibt es jedoch Hinweise auf stenoti-

sche Veränderung, die für die Symptome der Patienten verantwortlich gewesen sein können.

#### **4.3.1. Meanflow (MF)**

Ausgehend davon, dass sich in der Patientengruppe 1 nur gefäßgesunde Patienten befinden, also nur Patienten, bei denen sonographisch keine Stenose nachweisbar war, so dürften sich eigentlich die Patientengruppe 1 und die Kontrollgruppe im gleichen Altersintervall nicht unterscheiden.

Die ACE, die die Arterie darstellt, bei der die wenigsten Stenosen der hier betrachteten Arterien zu erwarten sind, bietet erwartungsgemäß die geringsten Unterschiede zwischen beiden Gruppen (Diagramm 11).

Wenn man annimmt, dass sich in der Patientengruppe 1 Patienten befinden, bei denen fälschlicherweise eine Stenose der ACI ausgeschlossen wurde, so müsste der MF dieser Patienten im Vergleich zur Kontrollgruppe in der ACI mit zunehmendem Alter mehr abfallen, als dieses für die ACE der Fall wäre. Dieses lässt sich anhand der Diagramme 10 und 11 nachweisen. Tatsächlich hat der MF der ACE in beiden Gruppen einen annähernd gleichen, teilweise überlagernden Verlauf. Der Mittelwert für den MF der ACE in der Kontrollgruppe liegt bei 11,3, in der Patientengruppe 1 bei 10,31.

Der oben beschriebene Anstieg des MF in der ACE innerhalb der Kontrollgruppe ist bei der Patientengruppe 1 allerdings nicht zu erkennen. Es wird daher für die ACE der Patienten eine geringfügig stärkere Neigung zu Stenosen im Vergleich zur Kontrollgruppe angenommen (Diagramm 11). Diese intraindividuelle Prädisposition zur Bildung von Stenosen wird auch durch das relativ häufige Auftreten von beidseitigen Stenosen der ACI deutlich.

Der deutliche Abstand zwischen den Kurven der ACI und ACC der Patientengruppe 1 sowie der Kontrollgruppe weist auf stärkere stenosierende Veränderungen der Patienten gegenüber den Probanden hin (Diagramm 9, 10). Würden

sich einzelne Patienten in der Patientengruppe 1 befinden, die eine bisher nicht entdeckte hämodynamisch wirksame Stenose der ACI aufwiesen, so müsste dieses durch Ausreißer für den MF in Richtung eines Wertes von 0 gehen. Die Werte der Patienten zeichnen sich zwar für ACC und ACI durch eine relativ starke Streuung aus, diese ist aber nicht stärker als in der Kontrollgruppe. Die beiden niedrigsten Werte für den MF der ACC innerhalb der Patientengruppe 1 finden sich bei einem dimensionslosen Wert von 4,16 bei einem 62-jährigen und 5,84 bei einem 60-jährigen Patienten, für die ACI von 3,13 bei einem 52-jährigen und 4,58 bei einem 50-jährigen Patienten. Die niedrigsten Werte für die ACC und die ACI innerhalb der Kontrollgruppe lagen mit 9,21 und 8,78 zwei- bis dreimal so hoch (Diagramm 9, 10). Obwohl diese Werte jeweils nur einem Viertel des durchschnittlichen MF der ACC oder ACI der Kontrollgruppe entsprechen, gab ihre akustische Auswertung keinen Anlass zu der Vermutung, dass hier eine Stenose vorliegen könnte. Das akustische und optische Signal ist also in der Lage, bei fehlender Unterstützung durch die CWD-Analyse eine gute Durchblutung vorzutäuschen.

Auffällig bei der Betrachtung der Ausreißer ist ebenfalls, dass bei den o.g. 60- und 62-jährigen Patienten mit sehr niedrigen Werten für den MF der ACC der MF der zugehörigen ACI als Folgegefäße sogar über dem linearen Mittel sämtlicher anderer ACI der Kontrollgruppe liegen. Sie geben somit keinen Hinweis auf eine Stenose. Gleiches konnte bei den o.g. 50- und 52-jährigen Patienten für die ACI in Bezug auf die zugehörigen ACC gezeigt werden, deren entsprechende Werte ebenfalls in der Nähe des linearen Mittels angesiedelt waren.

Daraus ergeben sich folgende Schlussfolgerungen:

- Eine Reduktion des Meanflow der ACC induziert nicht gleiche Reduktionen der ACI.
- Ein stark erniedrigter Meanflow ist durch das akustische Signal nicht hinreichend beurteilbar und führt daher nicht zwangsläufig zur Identifizierung einer Stenose.

- Eine deutliche Reduzierung des Meanflow ist mit zunehmendem Alter bei der ACC physiologisch.
- Die niedrigeren Werte für die ACC der Patientengruppe gegenüber der Kontrollgruppe sind als Hinweis auf das Vorliegen von stenosierte Gefäßen im Bereich der Patientenklientel zu werten.

Offensichtlich befinden sich also Patienten in der Patientengruppe 1 mit hämodynamisch wirksamen Stenosen, die sich jedoch bei einer Standard-CWD-Untersuchung weder akustisch noch optisch bemerkbar machten, da ihr Ausprägungsgrad zu gering war.

#### **4.3.2. Resistance (R) und Pulsation (P)**

Wie oben bereits erwähnt, werden R und P durch den Widerstand der nachgeschalteten Organe beeinflusst. Guo und Pan konnten 1993 den Abfall der P und somit auch der R in der ACI nachweisen, die durch Widerstandsveränderungen aufgrund intrakranieller, arteriovenöser Malformationen verursacht wurden (11).

Die ACE mit dem größten peripheren Widerstand durch die nachgeschaltete Gesichtsmuskulatur hat folglich auch die höchsten Werte für R und P. Die ACI mit dem geringsten peripheren Widerstand durch das zu versorgende Gehirn hat dementsprechend die geringsten Werte für R und P. R und P der ACC ergibt sich aus der Summe der Widerstände und Pulsationen und liegen erwartungsgemäß zwischen den Werten der ACI und ACE (Diagramm 12 und 13).

Der Vergleich der R zwischen Patientengruppe 1 und Kontrollgruppe ergibt auch hier erwartungsgemäß bei der ACI den größten Abstand (Diagramm 16). Ebenfalls erwartungsgemäß findet sich der geringste Abstand der R beider Gruppen bei der ACE (Diagramm 17).

Die Sensitivität korreliert mit dem Ausmaß der Stenose. Erst ab einem bestimmten Grad der Stenose wird eine Erhöhung des R signifikant. Bei einem durch-

schnittlichen R der ACI der jeweils geringer durchbluteten Seite der Kontrollgruppe von 0,44 zeigt sich ein durchschnittlicher MF von 19,52. Für alle Patienten mit R-Werten der ACI  $> 0,8$  ist der Mittelwert der gemessenen MF nur 7,21. Für alle Patienten mit R-Werten 0,7 – 0,8 für die ACI ist der Mittelwert der gemessenen MF mit 13,59 schon annähernd doppelt so hoch. Trotz des niedrigen Wertes für den MF wurden diese Patienten jedoch als gefäßgesund betrachtet.

Hieraus ergeben sich folgende Schlussfolgerungen:

- Bei R-Werten der ACI von 0,7 bis 0,8 resultiert eine Reduktion des Meanflow von 30 % gegenüber dem Mittelwert der Kontrollgruppe, bei R-Werten  $> 0,8$  beträgt diese Reduzierung 64 %.
- Ein Vergleich der ACE mit der ACC und der ACI mit Hilfe der R ist unabhängig vom Gefäßkaliber möglich.

Bei Betrachtung der linearen Regression zur vergleichenden Beurteilung der Steigungen beider Gruppen ist der Stichprobenumfang auf die 29 – 69-Jährigen eingeschränkt. Die stärkste Steigung zeigt die ACI. Dieses kann als Zeichen altersabhängiger sklerosierender Veränderungen der Patientengruppe als auch der Kontrollgruppe gewertet werden (Diagramm 16). Den höchsten Wert für R weist die ACI auf, gefolgt von der ACC und der ACE (Diagramm 17).

Die Streuung des MF der ACE im Vergleich mit ACC und ACI ist sowohl in der Kontrollgruppe als auch in der Patientengruppe am höchsten, da MF und R stark abhängig von der Masse und der Konstitution der interindividuell stark variierenden Gesichtsmuskulatur des einzelnen Patienten sind.

Nach Busse et al. kann allein aufgrund natürlich vorkommender Gefäßasymmetrien und methodisch bedingter Ungenauigkeiten wie z.B. Anlagedruck der Sonde oder Ungenauigkeit des Winkels der Sonde zur Gefäßachse erst dann eine tatsächliche Seitendifferenz angenommen werden, wenn diese mehr als 20 % beträgt (6). Dieser starke Einfluss methodischer Ungenauigkeiten wird

von zahlreichen Autoren bestätigt (24, 31). Dieses muss dann aber sowohl interindividuell als auch intraindividuell gelten. Da diese Streuung sowohl für beide Patientengruppen gilt, heben sie sich im Vergleich der beiden Gruppen gegenseitig auf. Folglich streut der MF bei keiner der beiden Gruppen im Vergleich signifikant mehr um die Trendlinie. Bei R sowie P findet sich aber eine deutlich stärkere Streuung der Messergebnisse der Patienten. Aufgrund der Struktur der Formel für die R sind nur Werte  $\leq 1$  möglich. Wie in Diagramm 12 zu sehen ist, wurde ein bei einem Patienten aufgetretener Wert für die R von 1,07 vom Autor für die folgenden Diagramme eliminiert, da er sich nur durch retrograde Strömung in der Diastole, also einen Pendelstrom, erklären lässt. Somit ist das Ergebnis stark relativ.

Sowohl für die ACI als auch für die ACC werden bei den Patienten in insgesamt drei Fällen Werte von 0,99 erreicht. Um einen derart hohen Messwert für R zu erreichen, muss die Pulskurve für diesen Fall einen hohen MF aufweisen, der im Anschluss auf nahezu 0 abfällt. Dieses Phänomen des harten Pulses muss jedoch sowohl in der optischen als auch der akustischen Auswertung des Pulskurvencharakters nicht als auffällig gewertet worden sein. Ein derartiger Ausreißer beim MF muss ebenfalls sofort als stenoseverdächtig gewertet und durch weitere Untersuchungen abgeklärt werden.

Ein Wert von 1,07 ist ein Alarmsignal, da bereits retrograde Strömungen vorhanden sein müssen, die eindeutig auf eine Gefäßveränderung hinweisen. R ist folglich ein empfindlicherer Parameter, als es die herkömmlichen optischen und akustischen Auswerteverfahren sind, da es Widerstandsverhältnisse gibt, die sich bei der herkömmlichen Weise der Auswertung nicht deutlich genug darstellen.

Auf der Suche nach falsch-negativen Ergebnissen für das Vorliegen einer Gefäßerkrankung muss man auch von einem gewissen, hier nicht weiter überprüfbaren Anteil an richtig-negativen Ergebnissen ausgehen. Das Nebeneinander dieser Ergebnisse ist durch die wesentlich stärkere Streuung sämtlicher Mess-

werte um die Trendlinie von R der Patientengruppe gegenüber der Kontrollgruppe anzunehmen. Während man beim MF noch willkürlich eine Untergrenze ziehen müsste, um auffällige Patienten herauszufiltern, sind die bei Beurteilung von R verdächtigen Werte augenfällig.

Hieraus ergeben sich folgende Schlussfolgerungen:

- R ist ein sensitiver Parameter zur Entdeckung von Stenosen, die mit der herkömmlichen Ultraschallsonographie als noch nicht hämodynamisch relevant beurteilt werden können.
- Der Blutdruck steigt zwar nicht systematisch mit dem Alter an, dennoch wird ein Einfluss auf das intraindividuelle Ergebnis nicht ausgeschlossen.

#### **4.4. Vergleich der Patientengruppe 2 mit Patientengruppe 1 und der Kontrollgruppe**

Das relativ häufige Auftreten von beidseitigen Stenosen der ACI zeigt, dass es eine relative, intraindividuelle Prädisposition zur Bildung von Stenosen geben muss. Auf der Suche nach Patienten, bei denen eine einseitige Stenose der ACI dopplersonographisch nachgewiesen wurde, fanden sich im gleichen Untersuchungszeitraum 17 Patienten mit rechtsseitiger, 18 Patienten mit linksseitiger und 13 Patienten mit beidseitiger Stenose der ACI.

##### **4.4.1. Meanflow (MF)**

Mit zunehmendem Alter nähern sich alle Geraden den Werten der Patientengruppe ohne nachgewiesene Stenose an. Hieraus kann geschlossen werden, dass die Kompensationsfähigkeit der Karotiden der Gegenseite, bei einer Stenose auf einer Seite offensichtlich im Alter von 40 Jahren noch gut ausgeprägt ist. Mit zunehmendem Alter lässt sie jedoch nach, so dass sich der MF im Alter von 77 nahezu mit dem der Patientengruppe ohne nachgewiesene Stenose deckt (Diagramm 18, 19, 20).

Die Vermutung, dass die kontralaterale ACI bei bestehender Stenose der Gegenseite ebenfalls vermehrt zur Stenose neigt, kann hier aufgrund der relativen Nähe zu den Werten der Patienten ohne nachgewiesene Stenose angenommen werden. Ebenfalls dafür spricht, dass die Patienten mit beidseitiger Stenose der ACI im Mittel im gleichen Lebensalter (58 Jahre) symptomatisch wurden wie auch die Patienten der Gruppe mit einseitiger Stenose. Es ist daher von einer zeitgleichen Entstehung der Stenosen beiderseits auszugehen, bei der eine Seite nur in der Ausprägung deutlich dominiert.

#### **4.4.2. Resistance (R) und Pulsation (P)**

Weiterhin findet sich insbesondere eine deutliche Erhöhung der Werte für die R der ACI der Patienten mit nachgewiesener Stenose, die darauf schließen lässt, dass die zur Veränderung der Hämodynamik führenden Störungen ebenfalls intrakraniell zu suchen sind. Analog zur Betrachtung von R der Patienten ohne nachgewiesene Stenose finden sich bei den Patienten mit einseitiger Stenose ebenfalls je ein Wert für R der ACC und ACI oberhalb von 0,9, der in gleicher Weise, wie oben beschrieben, gedeutet werden kann.

Man kann davon ausgehen, dass sich in der Patientengruppe ohne nachgewiesene Stenose Patienten befinden, die in den betrachteten Gefäßen mäßig- bis höhergradige Stenosen aufweisen, die bisher jedoch unentdeckt blieben. Geht man weiterhin davon aus, dass ebenfalls die Patienten mit einseitiger Stenose, wenn sie eine Prädisposition zur Stenosenbildung besitzen, eine größere Wahrscheinlichkeit für eine kontralaterale Stenose haben als die Probanden der Kontrollgruppe, so ist erklärbar, dass sich die Trendlinien des MF und der R der Patienten mit einseitiger Stenose in den im Alter jenseits von 58 Jahren in unmittelbarer Nähe der Trendlinien der Patienten ohne nachgewiesene Stenose befinden (Diagramm 18 – 23). Abweichungen hiervon gibt es nur bei dem MF der ACE (Diagramm 20) und der R der ACE (Diagramm 23). Das beweist wiederum, dass es sich nicht um einen systematischen Fehler handelt, da hier die geringsten Unterschiede zu erwarten waren.

Hieraus ergibt sich folgende Schlussfolgerung:

- Bei Stenose der ACI besteht auch ein erhöhtes Risiko zur Ausbildung einer Stenose auf der Gegenseite.

## 5. Ausblick

Die CWD-Untersuchung blieb bisher Patienten vorbehalten, die bereits an einem Schlaganfall erkrankten. Der Versuch, die CWD-Untersuchung als Screeningmethode zur Früherkennung zu empfehlen, wurde daher bisher nur in wenigen Veröffentlichungen unternommen (27). Mit dem vorliegenden Messverfahren ist eine kostengünstige Methode gefunden worden, die nach kurzem Erlernen von jedem niedergelassenen Allgemeinmediziner im Rahmen der Vorsorge durchgeführt werden könnte. So lässt sich eine Beeinträchtigung der Hirndurchblutung bereits im Frühstadium erkennen. Auf diese Weise kann die CWD-Untersuchung helfen, lange Nachbehandlungen und enorme Folgekosten nach stattgehabtem Schlaganfall zu vermindern. Zur Festlegung altersabhängiger Referenzwerte bedarf es jedoch eines größeren Stichprobenumfangs gesunder Probanden. In Anlehnung an die vorherrschende Meinung sollte eine Angiographie zur Beurteilung einer bereits nachgewiesenen Stenose hinsichtlich ihrer Operabilität vorbehalten bleiben. Als Screeningmethode ist sie wegen ihres invasiven Charakters abzulehnen. Als deutliches Handicap erwies sich zum Zeitpunkt dieser Arbeit die Dauer der Datenverarbeitung im Anschluss an die Untersuchung. Mit modernen Rechnersystemen wären eine Darstellung des MF und der R im Sekundenbereich möglich, so dass z.B. die optimale Positionierung zur Registrierung der Sonde unter direktem Feedback erfolgen könnte. Durch eine Beschränkung auf die wesentlichen Bauteile des Rechnersystems wäre, bei einer Anwendung in der klinischen Praxis, ein zusätzlicher Einbau in einen in Taschengröße dimensionierten CWD als Ergänzung denkbar.

Eine zur Berechnung der R und P erforderliche Messung darf nur möglichst wenig durch Turbulenzen gestört werden, um aussagekräftig zu sein. Daher

eignet sich die hier vorgestellte Messmethode nicht zur Beurteilung der Verhältnisse im Bereich einer Stenose. Die Ultraschalldiagnostik ermöglicht eine frühe Diagnose von Stenosen. Durch Haferkamp (12) wurden noch Zweifel an der diagnostischen Verwertbarkeit des R geäußert, die von Hoffmann (18) bestätigt wurden. Hoffmann beschreibt jedoch auch, dass der Mittelwert der R bei Patienten mit < 50 %iger Stenose nach angiographischer Kontrolle genau im für gesunde als normal zu bezeichnenden Bereich liegt und nur für Stenosen > 80 % die R aussagekräftig ist. Für diesen Fall bietet die Betrachtung von R natürlich keine Vorteile, da Stenosen > 80 % auch ohne Betrachtung von R ausreichend sicher mit der CWD zu beurteilen sind. Lin et al. (25) konnten 1997 nachweisen, dass ein wesentlicher Einfluss auf gemessene Werte für R und P durch die Lage der Messsonde entsteht. P und R steigen danach an, je weiter distal gemessen wird. Hier könnte die Spezifität sicher durch Standardisierung der Messstelle verbessert werden (25).

Insbesondere bei kombinierter Betrachtung der R von Pourcelot mit dem MF sowie der optischen und akustischen Auswertung des Dopplersignals kann die Sensitivität einer konventionellen CWD nach unseren Erfahrungen mit der computergestützten CWD-Analyse deutlich gesteigert werden. Leider liegen uns hierzu keine angiographischen Kontrolluntersuchungen vor. Die Selektivität kann durch weiterführende Untersuchungen, die z.B. die Korrelation zwischen R-Anstiegen der ACI und MF der intrakraniellen Gefäße betreffen, noch deutlich gesteigert werden. Aufgrund dieser Arbeit sind nur Aussagen über die Lage einer Stenose oberhalb oder unterhalb des Messvolumens im Verlauf der gemessenen Arterie möglich. Aussagen über die genaue Lokalisation sind nur nach Kontrolle durch z.B. die Angiographie möglich, da sich die CWD-Analyse im turbulenten Bereich der Stenose zur Messung nicht eignet.

Bisher nicht berücksichtigt in dieser Arbeit wurde die Betrachtung von starken Seitendifferenzen des Meanflow, die ebenfalls ein Indiz für das Vorliegen einer Stenose sein können. Bei Hoffmann treten Seitendifferenzen an den ACC von mehr als 40 % überwiegend bei gleichzeitigem Auftreten von ACI-Stenosen auf

(18). Ein Verfahren, um diese Unterschiede bei einer einfach durchzuführenden Untersuchung anschaulich für den Untersucher zu machen, wurde mit dieser Arbeit vorgestellt.

So muss z.B. eine hohe R-Steigerung der ACI mit einer nur mäßigen Steigerung der R der ACC gefunden werden, um dem Untersucher eine intrakranielle Stenose als wahrscheinlich anzuzeigen. Ein derartiger Fall wurde bei unserer Patientenklientel einmalig beobachtet. Eine Stenose des Sinus caroticus würde eine mäßige R-Steigerung der ACC zur Folge haben, da als Kollaterale die ACE noch entlastend wirken kann. Da die ACE aber die Arterie mit den höchsten Werten für R ist, wirkt sie am ehesten über eine Steigerung des MF entlastend für die ACI. In Kombination mit dem Abfall des MF in der ACI gegenüber der Kontrollgruppe könnte dem Untersucher ein Hinweis auf eine Stenose des Sinus caroticus gegeben werden. Ein derartiges Auswerteprogramm liegt zurzeit jedoch noch nicht vor. Aussagen zur wahrscheinlichen Lokalisation einer Stenose sind aufgrund der hier gezeigten Auswertung möglich, Beurteilungskriterien müssen jedoch noch weiter exploriert werden.

## 6. Zusammenfassung

Eine der häufigsten Ursachen des Schlaganfalls sind zerebrale Durchblutungsstörungen als Folge einer Stenose der Arteria carotis communis und ihrer Aufzweigungsäste. Bei frühzeitiger Erkennung stenosierender Veränderungen dieser Gefäße ist durch frühzeitige Therapie die Verhinderung eines Schlaganfalls möglich.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, durch Ergänzung der CWD-Ultraschall-Untersuchung mit einem computergestützten Auswerteverfahren stenotische Veränderungen bereits frühzeitig zu diagnostizieren. Es konnte festgestellt werden, dass sich nur ausreichend große Arterien wie die Arteria carotis communis, interna und externa für eine quantitative Auswertung eignen, da für sehr kleine Arterien die Empfindlichkeit der CWD-Sonde nicht groß genug ist. Weiterhin ist bei den übrigen hirnzuführenden Gefäßen durch ihre Lage die Beurteilung stark von interindividuellen anatomischen Besonderheiten oder Kaliberschwankungen abhängig sowie von starken intraindividuelle Kaliberschwankungen von rechts gegenüber links. Ein weiteres Ausschlusskriterium weiterer Arterien war die hohe untersuchungsbedingte Messungenauigkeit aufgrund der schweren Auffindbarkeit und der daraus resultierenden erhöhten Standardabweichung innerhalb der 20 jeweils registrierten Pulsschläge. Der Blutdruck der hier betrachteten Patienten stieg zwar nicht systematisch mit dem Alter an, dennoch ist ein Einfluss auf das intraindividuelle Ergebnis nicht auszuschließen. Diese Vermutung wurde hier nicht näher untersucht.

Bei der Auswertung wurden insbesondere der Meanflow, die Resistance und die Pulsation berücksichtigt. Hierbei konnte nachgewiesen werden, dass der Meanflow von ACC und ACI mit zunehmendem Alter der Probanden physiologischerweise absinkt. Ebenfalls konnte nachgewiesen werden, dass der Meanflow der ACE mit zunehmendem Alter der Probanden physiologischerweise geringfügig ansteigt. Die gemessenen Werte für die Resistance der gesunden Kontrollgruppe entsprechen nahezu den von Pourcelot angegebenen Wer-

ten für nicht stenosierte Gefäße. Während der Meanflow nur Informationen für den Anteil des Gefäßquerschnitts wiedergibt, in dem sich das Messvolumen befindet, besteht durch den dimensionslosen Index der Resistance die Möglichkeit ACC, ACI und ACE miteinander zu vergleichen, da das Verhältnis zueinander die tatsächlichen Widerstandsverhältnismäßigkeiten widerspiegelt.

Es konnte gezeigt werden, dass R der ACI und ACC mit zunehmendem Alter der Probanden in physiologischer Weise geringfügig ansteigen. Widerstandsveränderungen in einer der drei betrachteten Arterien haben aufgrund der Verbindung zueinander über die Arteria trochlearis und den Sinus caroticus immer auch Auswirkungen auf die übrigen zwei Arterien der gleichen und der Gegenseite. So konnte gezeigt werden, dass eine zunehmende Sklerosierung der ACI durch die Strömungsumkehr in der A. supratrochlearis zur Widerstandsabnahme der ACE führt. Eine zunehmende Sklerosierung der ACE führt in fortgeschrittenen Alter zur Widerstandszunahme der ACE. Dabei haben Widerstandsveränderungen der ACE stärkeren Einfluss auf R der ACC als Widerstandsveränderungen der ACI. Aufgrund der Aussagekraft von R für nachgeschaltete Gefäße ist ebenfalls eine Aussage über intrakranielle Gefäße aufgrund der Messung an der ACI möglich.

Im zweiten Teil der Arbeit wurden die Ergebnisse der gesunden Kontrollgruppe mit den Werten von Patienten verglichen, die bereits einen Schlaganfall hatten. Bei diesen Patienten wurde mit Hilfe der CWD jedoch eine hämodynamisch wirksame Stenose ausgeschlossen. Die niedrigeren Werte für den Meanflow sowie deutlich höheren Werte für die Resistance für die ACC der Patienten ohne nachgewiesene Stenose gegenüber der Kontrollgruppe sind als eindeutiger Hinweis auf das Vorliegen von stenosierten Gefäßen im Bereich der Patientengruppe zu werten. Durch die computergestützte Auswertung wurde die Sensitivität der CWD entscheidend erhöht. Es konnte gezeigt werden, dass ein stark erniedrigter Meanflow durch das akustische Signal nicht immer hinreichend beurteilbar ist und daher nicht zwangsläufig zur Identifizierung einer vorhandenen Stenose führt.

Der Anstieg der Resistance korreliert mit Veränderungen des Meanflow. Hier war ebenfalls eine quantitative Aussage über die Korrelation möglich. Bei R-Werten der ACI von 0,7 bis 0,8 resultiert eine Reduktion des Meanflow von 30 %, bei R-Werten > 0,8 beträgt diese Reduzierung bereits 64 %.

Bei einem Vergleich der Patienten ohne nachgewiesene Stenose und der Kontrollgruppe mit Probanden, bei denen bereits auf der einen Seite eine Stenose der Arteria carotis interna nachgewiesen werden konnte, wurde gezeigt, dass bei Vorliegen einer Stenose der ACI der einen Seite auch ein erhöhtes Risiko zur Ausbildung einer Stenose der Gegenseite besteht.

Durch Kombination des Meanflow und der Resistance mit der herkömmlichen Art der Auswertung des akustischen Signals gelingt es, die Selektivität und Sensitivität der CWD deutlich zu erhöhen.

Aussagen zur Lokalisation einer Stenose sind aufgrund der hier gezeigten Auswertung möglich. Die Beurteilungskriterien hierzu müssen jedoch noch weiter exploriert werden.

## 7. Literatur

1. Anliker M, Casty M, Friedli P, Kubli R, Keller H (1977) Noninvasive measurement of blood flow. In: Hwang NHC, Norman NA (Hrsg) Cardiovascular Flow Dynamics and Measurement. University Park Press, Baltimore, S 43-88
2. Arning C (2001) Hat die CW-Dopplersonographie heute noch einen Wert für die Hirngefäßdiagnostik? Nervenarzt 72: 625-628
3. Barnett HJM, Barnes RW, Robertson JT (1992) The uncertainties surrounding carotid endarterectomy. JAMA 268: 3120-3121
4. Bernsmeier A, Bruhn HD (1981) Intermittierende zerebrale Ischämien - transitorisch-ischämische Attaken. In: Bernsmeier A, Brun HD (Hrsg). Schattauer, Stuttgart 1. Aufl. S 20-33
5. Bluth EI (2003) Screening test for carotid disease. Semin Ultrasound CT MR 24: 55-61
6. Busse R, Sperling W, Körner H, Bauer R, Pasch Th, von der Emde J (1974) Die Verwertbarkeit der Ultraschall-Doppler-Strömungsmessung für die Erfassung von Karotisstenosen. Z Kardiol 63: 755-767
7. Colon EJ, de Weerd JPC, Notermans SLH, Vingerhoets HM (1979) Reliability of Doppler sonography in extracranial cerebro-vascular stenosis. Clin Neurol Neurosurg 81: 108-113
8. Daigle RJ, Stavros AT, Lee RM (1990) Overestimation of velocity frequency values by multielement linear array Dopplers. J Vase Technol 14: 206-213

9. Denzel C, Fellner F, Wutke R, Bazler K, Müller KM, Lang W (2003) Ultrasonographic analysis of arteriosclerotic plaques in the internal carotid artery. *Eur J Ultrasound* 16: 161-167
10. Felber S, Aichner F, Homma H (1985) Wertigkeit der von technischen Assistenten ausgeführten Doppler- u. Duplexsonographischen Untersuchungen des extrakraniellen Karotissystems. *Ultraschall Med* 6: 282-285
11. Guo HH, Pan YH, Zhou LF, Shi YQ (1993) Research on haemodynamics of cerebral arteriovenous malformation by Doppler ultrasound. *Chin Med J* 106: 351-356
12. Haferkamp G (1975) Untersuchungen zur Aussagekraft der directionellen Doppler-Ultraschall-Sonographie in der Diagnostik zerebraler Durchblutungsstörungen. Habilitationsschrift Fachbereich Medizin der Universität Mainz: S 24, S 71
13. Harder D (1981) Biologische Wirkungen des Ultraschalls. NTG-Symposium, Erlangen (6-2-1981)
14. Hass WK, Fields WS, North RR, Kricheff JJ, Chase NE, Bauer RB(1968) Joint study of extracranial arterial occlusion. II. Arteriography, techniques, sites, complications, *JAMA* 2003: 961-968
15. Heisermann JE, Dean BL, Hodak JA, Flom RA, Bird CR, Drayer BP, Fram EK (1994) Neurologic complications of cerebral angiography. *AJNR* 15: 1401-1407
16. Ho S, Metreweli C (2000) Preferred technique for blood flow volume measurement in cerebrovascular disease. *Stroke* 31: 1342
17. Ho SS, Chan YL, Yeung DK, Metreweli C (2002) Blood flow volume quantification of cerebral ischemia: comparison of three non-invasive imaging

techniques of carotid and vertebral arteries. AJR Am J Roentgenol 178: 551-556

18. Hoffmann AE (1985) Ultraschall-Doppler-Sonographie in der Diagnostik arterieller Strömungshindernisse der Becken-Bein-Strombahn, ein Vergleich zur Arteriographie. Diss. Universität ORT: 43
19. Hoskins PR (1996) Accuracy of maximum velocity estimates made using Doppler ultrasound systems. Br J Radiol 69: 172-177
20. Howard G, Jones AM, Chambless L, Baker WH, Multicenter Validation of Doppler Ultrasound versus Angiogram (1991) A multicenter validation study of Doppler ultrasound versus angiography. Stroke 166-173
21. Keller H (1982) Doppler-Sonographie der hirnversorgenden Arterien. In: Kriesmann A, Bollinger A, Keller H (Hrsg) Praxis der Doppler-Sonographie. Thieme, Stuttgart, 1. Aufl. S 116 ff
22. Lamont D, Parker L, White M, Unwin N, Bennett SMA, Cohen M, Richardson D, Dickinson HO, Adamson A, Alberti KGMM, Craft AW (2000) Risk of cardiovascular disease measured by carotid intima – media thickness at the age 49 – 51: lifecourse study: BMJ 320: 273-278
23. Lee TT, Solomon NA, Heidenreich PA, Oehlert J, Garber AM (1997) Cost-effectiveness of screening for carotid stenosis in asymptomatic persons. Ann Intern Med 126: 337-346
24. Lee VS, Hertzberg BS, Kliewer MA, Carroll BA (1999) Assessment of stenosis: Implications of variability of Doppler measurements in normal-appearing carotid arteries. Radiology 212: 493-498
25. Lin GS, Spratt RS (1997) Haemodynamic imaging with pulsatility-index and resistive-index color Doppler US. Radiology 204: 870-873

26. Long A, Lepoutre A, Corbillon E, Branchereau A, Kretz JG (2002) Modalities of preoperative imaging of the internal carotid artery used in France. *Ann Vasc Surg* 16: 261-265
27. Longhi F, Ghilardi G, Bortolani (1994) The value of CW-Doppler and Doppler-color-echocardiography in the mass screening for atherosclerotic carotid lesions. *Minerva Cardioangiol* 42: 107-112
28. Macchi C, Catini C (1994) Internal carotid artery: relationship among arterial caliber, haematokrit and cerebral vascular resistance, investigation in eighty healthy men by echodoppler. *Arch Ital Anat Embriol* 99: 103-108
29. Marshall M (1984) Untersuchung der hirnersorgenden Arterien. In: Marshall (eds) *Praktische Doppler-Sonographie*. Springer, Berlin S 34-70
30. Meyer JI, Khalil RM, Obuchowski NA, Baus LK (1997) Common carotid artery: Variability of Doppler US velocity measurements. *Radiology* 204: 339-341
31. Mikkonen RHM, Kreula JM, Virkkunen PJ (1997) Peak systolic velocity, resistance index and pulsatility index. Variations in measuring a pre-recorded videotape. *Acta Radiol* 38: 598-602
32. Mol JMF, Rijcken WJ (1974) Doppler-haematotachographic Investigation in cerebral circulation disturbances. In: Renemann (eds.). *Cardiovascular Applications of Ultrasound*. American Elsevier Publ. Comp., New York S 104-111
33. Müller HR, Radue EW, Buser M (1987) Cranial bloodflow measurement by means of Doppler ultrasound. In: Spencer MP (ed.): *Ultrasonic diagnosis of cerebrovascular disease*. Nijhoff, Dordrecht S 87-102

34. Orgles CS, Chakraverty S, Gopichandran D (1999) Carotid stenosis in the real world - can Doppler ultrasound replace angiography in a district general hospital setting? Clin Radiol 54: 655-658
35. Podhaisky H (2002) Zerebrovaskuläre Insuffizienz — Teil 1. Wie sie das Schlaganfallrisiko minimieren können. MMW Fortschr Med 144: 40-43
36. Pourcelot L (1974) Applicatione clinique de l'examen Doppler transcutane. Les Colloques de l'Institut National de la Santé et de la Recherche medicale. Inserm 34: 213-240
37. Pourcelot L (1976) Diagnostic ultrasound for cerebral vascular disease. In: Donald L., Levi S (eds.) Present and future of diagnostic ultrasound. Kooyker, Rotterdam, Netherlands S 141-147
38. Rademacher A, Hoffmann U (2001) Duplexsonographie zur Diagnostik von Karotisstenosen. So lassen sich Schlaganfallkandidaten aufspüren. MMW Fortschr Med 143: 32-34
39. Rotstein AH, Gibson RN, King PM (2002) Direct B – mode NASCET – style stenosis measurement and doppler ultrasound as parameters for assessment of internal carotid artery stenosis, Australasian radiology 46: 52-56
40. Rott HH (1981) Zur Frage der Schädigungsmöglichkeit durch diagnostischen Ultraschall. NTG-Symposium, Erlangen (6-2-1981)
41. Seitz J, Strotzer M, Wild T, Nitz WR, Völk M, Lenhart M, Feuerbach S (2001) Quantification of blood flow in the carotid arteries: comparison of doppler ultrasound and three different phase – contrast magnetic resonance imaging sequences. Invest Radiol 36: 642-647

42. Spencer ER, Sheafor DH, Hertzberg BS, Bowie JD, Nelson RC, Carroll BA, Kliewer MA (2001) Nonstenotic internal carotid arteries: effects of age and blood pressure at the time of scanning on doppler US velocity measurements. *Radiology* 220: 174-178
43. Statistisches Bundesamt/Wiesbaden (Hrsg.) (1984) Statistisches Jahrbuch 1983 Stuttgart/Mainz, Kohlhammer
44. Steinmeier R, Laumer R, Bondar I, Priem R, Fahlbusch R (1993) Cerebral haemodynamics in subarachnoidal haemorrhage evaluated by transcranial Doppler sonography. Part 2. Pulsatility indices: normal reference values and characteristics in subarachnoidal haemorrhage. *Neurosurgery* 33: 10-18
45. von Reutern GM (1982) Dopplersonographie der hirnersorgenden Arterien mit besonderer Berücksichtigung der direkten Kriterien. In: Kriesmann A, Bollinger A, Keller H (Hrsg) *Praxis der Dopplersonographie*. Thieme, Stuttgart S 183-210
46. von Reutern GM (1987) Free hand Doppler techniques for examination of the extracranial arteries with continuous-wave Doppler. In: Spencer MP (Hrsg) *Ultrasonic Diagnosis of Cerebrovascular Disease*. Martinus Nijhoff, Dordrecht S 157-177
47. von Reutern GM, Büdingen HJ (1989) Ultraschallverfahren, Ultraschallgeräte, Spektrumanalyse der Dopplersignale. In: Von Reutern GM, Büdingen HG (Hrsg) *Ultraschalldiagnostik der hirnersorgenden Arterien*, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New-York S 6-31
48. Wolstenhulme S, Evans JA, Weston MJ (1997) The agreement between colour Doppler systems in measuring internal carotid artery peak systolic velocities. *Br J Radiol* 70: 1043-1052

49. Zwiebel WJ (1987) Spectrum analysis in carotid sonography. *Ultrasound Med Biol* 13: 625-636
  
50. Zwiebel WJ (1997) New Doppler parameters for carotid stenosis. *Semin Ultrasound CT MR* 18: 66-71

## 8. Lebenslauf

<b>Name</b>	Oliver Brinker
<b>Geburtsdatum</b>	13. November 1965
<b>Geburtsort</b>	Rheine
<b>Eltern</b>	Karl-Heinz Brinker - Journalist - Marianne Brinker (geb. Langner) - Kauffrau -
<b>Schulbesuch</b>	
1971 – 1975	Grundschule in Salzbergen
1975 – 1977	Orientierungsstufe in Salzbergen
1977 – 1985	Gymnasium Dionysianum in Rheine
1985	Erlangung der allg. Hochschulreife
<b>Bundeswehr</b>	
01.07.85 – 30.06.87	Reserveoffizieranwärter San Btl 11 Leer Ostfriesland
04.07.88 – 01.06.94	Studium als Sanitätsoffizieranwärter
01.06.94 - 05.11.05	Sanitätsoffizier - Arzt
<b>Studium</b>	
WS 1987/88 - SS 1988	Humanmedizin an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster
WS 1988/89 - WS 1993/94	Humanmedizin als Sanitätsoffizieranwärter an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster
<b>Examina</b>	
Herbst 1989	Ärztliche Vorprüfung
Herbst 1990	Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
Frühjahr 1993	Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
Frühjahr 1994	Dritter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung

### **Ärztliche Tätigkeit**

06/ 1994 – 05/ 1995	Chirurgie/ Bundeswehrkrankenhaus, Kiel
06/ 1995 – 09/ 1996	Orthopädie/ Bundeswehrkrankenhaus Hamburg
10/ 1996 – 06/ 1997	Truppenarzt / PzFlaRakLehrBtl 610, Rendsburg
07/ 1997 – 10/ 1999	Truppenarzt / HFlgRgt 6, Hohenlockstedt
10/ 1999 – 10/ 2002	S3 SanStOffz Arzt / WBK I u. SanKdo, Kiel
10/ 2002 – 10/ 2003	Innere Medizin/ Bundeswehrkrankenhaus Hamburg
10/ 2003 – 06/2004	Orthopädie/ Bundeswehrkrankenhaus Hamburg
06/2004 – 12/2005	Orthopädie/ Bundeswehrkrankenhaus Bad Zwischenahn
12/2004	Facharztanerkennung Allgemeinmedizin
10/2005	Osteopathieabschluss D.O. (DAAO) am Philadelphia College of Osteopathic Medicine
01/2006-04/2006	Naturheilverfahren in AFA Praxis
05/2006	Facharztprüfung für Orthopädie

### **Zusatzbezeichnungen**

Sportmedizin	
Chirotherapie	
Naturheilverfahren	(beantragt)
Akupunktur	(beantragt)

### **Eheschließung**

08.08.1997	mit Bettina Ferdinand
------------	-----------------------

### **Kinder**

09.02.1998	Lina Marie Brinker
02.01.2001	Hanna Greta Brinker

## 9. Danksagung

Für das Zustandekommen dieser Arbeit möchte ich meiner Familie und allen Beteiligten für Ihre Geduld danken.

Insbesondere Herrn Professor Grotemeyer möchte ich für die Überlassung des interessanten Themas Dank aussprechen.

Herrn Professor Husstedt gebührt Dank für seine routinierte und allzeit freundliche Unterstützung. Seine Anregungen und Hinweise während der Arbeit waren überaus wertvoll. Nicht zuletzt meinen Eltern möchte ich Dank widmen, ohne die ich niemals soweit in meiner Karriere gelangt wäre.

## Abkürzungen

A.	Arteria
Aa.	Arteriae
ACC	Arteria carotis communis
ACE	Arteria carotis externa
ACI	Arteria carotis interna
CW	Continous-Wave
CWD	Continous-Wave-Doppler
MF	Meanflow
MRT	Magnetresonanztomographie
P	Pulsation
R	Resistance
RR	Blutdruck
STD	Standardabweichung
Z.n.	Zustand nach

## Legende

W	weiblich
M	männlich
17 A / B	Patienten der Station 17 A/B
AMB	Ambulant vorgestellte Patienten der Poliklinik für Neurologie
UCB	Probanden, vom Verfasser untersucht
*.Alter	Alter der untersuchten Patienten
RRSYS	systolischer Blutdruck
RRDIA	diastolischer Blutdruck
Diagnose	Verdachtsdiagnose vor Untersuchung
STRAVGGMF	Durchschnittlicher Meanflow der A. supratrochlearis rechts
STRSTDMF	Standardabweichung des Meanflow der A. supratrochlearis rechts
STRAVGRE	Durchschnittliche Resistance der A. supratrochlearis rechts
STRAVGIN	Durchschnittliche Pulsation der A. supratrochlearis rechts
STLAVGMF	Durchschnittlicher Meanflow der A. supratrochlearis links
STLSTDMF	Standardabweichung des Meanflow der A. Supratrochlearis links
STLAVGRE	Durchschnittliche Resistance der A. supratrochlearis links
STLAVGIN	Durchschnittliche Pulsation der A. supratrochlearis links
STDIF	Differenz des Meanflow der A. supratrochlearis links und rechts
VARAVGMF	Durchschnittlicher Meanflow der A. vertebralis rechts
VARSTDMF	Standardabweichung des Meanflow der A. vertebralis rechts
VARAVGRE	Durchschnittliche Resistance der A. vertebralis rechts
VARAVGIN	Durchschnittliche Pulsation der A. vertebralis rechts
VALAVGMF	Durchschnittlicher Meanflow der A. vertebralis links
VALSTDMF	Standardabweichung des Meanflow der A. vertebralis links
VALAVGRE	Durchschnittliche Resistance der A. vertebralis links
VALAVGIN	Durchschnittliche Pulsation der A. vertebralis links
VADIF	Differenz des Meanflow der A. vertebralis links und rechts
CCRAVGMF	Durchschnittlicher Meanflow der A. carotis communis rechts
CCRSTDMF	Standardabweichung des Meanflow der A. carotis communis rechts
CCRAVGRE	Durchschnittliche Resistance der A. carotis communis rechts
CCRAVGIN	Durchschnittliche Pulsation der A. carotis communis rechts
CCLAVGMF	Durchschnittlicher Meanflow der A. carotis communis links
CCLSTDMF	Standardabweichung des Meanflow der A. carotis communis links
CCLAVGRE	Durchschnittliche Resistance der A. carotis communis links
CCLAVGIN	Durchschnittliche Pulsation der A. carotis communis links
CCDIF	Differenz des Meanflow der A. carotis communis links und rechts
CERAVGMF	Durchschnittlicher Meanflow der A. Carotis Externa rechts
CERSTDMF	Standardabweichung des Meanflow der A. Carotis Externa rechts
CERAVGRE	Durchschnittliche Resistance der A. carotis externa rechts
CERAVGIN	Durchschnittliche Pulsation der A. carotis externa rechts
CELAVGMF	Durchschnittlicher Meanflow der A. carotis externa links
CELSTDMF	Standardabweichung des Meanflow der A. carotis externa links
CELAVGRE	Durchschnittliche Resistance der A. carotis externa links
CELAVGIN	Durchschnittliche Pulsation der A. carotis externa links

Kontrollgruppe

59

GESCHLECHT	DOALTER	STATION	RRSYS	RRDIA	DIAGNOSE	STRVGMF	STRSTDMF	STRVAVGRE	STRVAVGN	STLAVGMF	STLSTDMF	STLAVGRE
M		40 17B	110	80	WURZELENT	-11,69	0,99	0,54	0,73	-9,70	0,67	0,52
M		26 AMB	110	70	W	-5,05	0,68	0,58	0,82	-2,63	0,80	0,92
M		51 17A	110	70	PARESEN	-9,40	0,56	0,58	0,82	-5,13	0,30	0,64
M		25 AMB	115	70	W	-10,18	1,31	0,55	0,76	-7,07	0,43	0,61
M		41 17A	140	90	ABSENSEN	-10,66	3,06	0,45	0,58	-10,13	2,41	0,55
m		50 amb	130	85	W	-8,22	0,24	0,49	0,64	-5,24	0,39	0,52
w		51 amb	110	75	W	-3,54	0,21	0,82	1,42	-5,45	0,37	0,66
W		29 17A	120	80	ANFALLSLEI	-2,42	0,52	0,69	1,07	-9,48	0,64	0,61
M		50 17B	115	80	ALS	-4,41	0,36	0,57	0,79	-5,98	1,67	0,65
W		49 17A	120	65	HMS	-7,82	0,58	0,62	0,91	-7,46	0,40	0,65
M		38 17A	110	70	MULTIPLESK	-8,75	0,98	0,48	0,64	-7,63	0,18	0,56
W		38 17B	125	80	ENTZUNDUN	-3,42	0,24	0,68	1,04	-8,51	0,30	0,58
M		49 17A	100	60	RUCKENSCH	-8,14	1,91	0,56	0,78	-8,04	0,24	0,45
m		65 17a	120	80	TINITUS	-4,91	0,46	0,83	1,43	-3,35	0,19	0,83
M		21 AMB	120	80	W	-1,08	0,21	0,77	1,25	-2,62	0,23	0,83
w		32 17b	130	80	SCHWINDEL	-2,49	0,76	0,84	1,46	-8,31	0,63	0,58
W		17 AMB	140	85	W	-6,25	0,33	0,58	0,81	-6,39	0,59	0,65
W		23 AMB	120	80	W	-7,37	1,05	0,56	0,78	-1,92	0,62	0,65
m		49 17b	130	90	SEHSTORUN	-5,08	0,41	0,55	0,75	-6,54	0,52	0,59
W		22 AMB	120	80	W	-1,42	0,20	0,86	1,53	-6,44	0,80	0,61
W		23 AMB	120	80	W	-6,48	0,33	0,72	1,13	-3,14	0,28	0,89
w		57 17b	120	80	ZUNGENLAH	-5,34	1,12	0,84	1,47	-3,29	0,37	0,87
M		24 AMB	130	85	W	-10,58	0,33	0,48	0,64	-7,14	0,84	0,57
M		24 AMB	120	80	W	-4,42	0,36	0,54	0,73	-2,21	0,27	0,68
M		20 17A	130	80	ANFALLSLEI	-7,96	0,44	0,25	0,29	-8,83	0,43	0,51
M		43 17A	115	75	KOPFSCHME	-5,06	0,76	0,60	0,86	-3,90	0,22	0,74
m		19 17B	120	80	CEREBRALE	-10,91	0,79	0,48	0,63	-7,41	0,97	0,54
M		51 17b	125	85	GESICHTSSC	-7,77	1,13	0,37	0,46	-5,74	0,48	0,47
W		46 17B	100	75	FAZIALISHEN	-4,89	0,45	0,63	0,93	-7,42	0,51	0,55
M		58 17a	110	70	--	-10,49	0,91	0,49	0,64	-11,61	1,75	0,50
w		67 17a	130	90	IMS	-6,67	1,08	0,54	0,74	-1,59	0,22	0,76
W		34 17B	120	80	NERVENENT	-11,16	0,70	0,62	0,91	-5,69	0,91	0,67
W		67 17A	110	60	BANDSCHEIE	-3,22	0,30	0,85	1,49	-2,29	0,32	0,91
w		66 17a	150	90	FAZIALISPAF	-5,14	0,75	0,77	1,25	-2,17	0,57	0,79
M		36 AMB	120	80	W	-20,24	0,82	0,39	0,48	-8,83	0,54	0,54
M		26 17A	105	60	DREHSCHWI	-8,03	0,47	0,63	0,82	-3,38	0,52	0,73
M		30 17A	120	80	?	-5,61	0,25	0,61	0,89	-12,53	0,36	0,44
W		63 17B	100	70	BEINLAHMUN	-6,15	0,46	0,57	0,81	-3,64	0,38	0,63
W		40 17A	110	60	?	-2,34	0,23	0,84	1,46	-2,00	0,33	0,81
M		18 17A	120	60	EPILEPSIE	-4,08	0,19	0,57	0,80	-2,31	0,44	0,74
w		57 17a	140	80	BEINSCHMER	-3,19	0,32	0,64	0,94	-2,66	0,42	0,76
w		47 17b	120	90	HANDLAHMU	-5,70	0,45	0,46	0,60	-4,89	0,46	0,60
M		39 17A	120	80	ED	-6,06	1,43	0,64	1,05	-2,03	1,09	0,75
M		45 17B	120	80	MOT.SYSTEM	-5,01	0,75	0,57	0,80	-4,71	0,47	0,61
m		58 17b	130	80	--	-4,99	0,48	0,57	0,81	-6,80	0,43	0,57
w		37 17b	115	70	VERD.A.MS	-4,53	0,79	0,60	0,87	-3,40	0,21	0,80
M		23 AMB	120	80	W	-6,58	0,70	0,58	0,83	-2,22	0,31	0,71
W		23 17A	100	65	HEMIPARESE	-8,40	0,55	0,60	0,86	-9,94	0,32	0,57
M		23 17A	120	70	MUDIGKEIT	-8,51	0,44	0,63	0,92	-6,39	0,27	0,48
m		59 17b	140	80	CLAUDICATI	-4,78	0,88	0,63	0,92	-5,87	0,73	0,50
M		23 AMB	130	80	W	-5,30	0,43	0,60	0,85	-6,99	0,32	0,66
W		28 17A	120	80	VASCULITIS	-15,37	1,19	0,41	0,52	-14,99	0,46	0,45
M		29 AMB	130	80	W	-9,31	0,41	0,49	0,65	-12,07	1,04	0,58
M		36 17B	120	80	TEMP.EPILE	-11,40	1,29	0,42	0,53	-11,56	0,99	0,55
M		24 AMB	120	80	W	-9,34	0,45	0,58	0,82	-7,91	1,12	0,60
M		21 AMB	130	90	W	-3,80	0,59	0,50	0,68	-9,66	0,61	0,66
M		17 17B	160	90	AMNESIE	-12,91	0,89	0,49	0,66	-14,57	0,93	0,49
W		26 AMB	120	75	W	-15,38	0,68	0,52	0,71	-8,40	0,79	0,51
W		52 17B	120	80	?	-7,98	0,53	0,60	0,86	-6,05	0,48	0,40

Patientengruppe 1

31

GESCHLECHT	ARTALTER	STATION	RRSYS	RRDIA	DIAGNOSE	STRVGMF	STRSTDMF	STRVAVGRE	STRVAVGN	STLAVGMF	STLSTDMF	STLAVGRE
w		29 UCB	100	60	INSULT	-2,88	0,32	0,84	1,45	-4,32	0,37	0,70
w		30 UCB	145	85	INSULT	5,94	0,65	0,60	0,86	3,98	0,28	0,71
m		34 UCB	120	80	insult	-6,17	0,69	0,51	0,69	-5,25	0,49	0,56
w		35 UCB	110	70	insult	7,01	1,33	0,73	1,16	11,78	2,00	0,53
w		38 UCB	170	100	INSULT LIH	-10,67	1,49	0,57	0,79	-10,18	0,79	0,56
w		42 UCB	120	80	INSULT	-12,07	0,77	0,60	0,86	-10,16	0,75	0,56
m		45 UCB	145	80	APO	-20,32	0,52	0,30	0,35	-22,18	1,04	0,32
m		46 UCB	130	85	INSULT	-5,51	0,91	0,77	1,26	-3,60	0,87	0,84
M		50 UCB	115	75	insult	12,98	1,19	0,45	0,57	16,52	0,68	0,47
m		51 UCB	140	80	apo	9,05	0,98	0,58	0,81	9,75	0,78	0,58
M		52 UCB	125	80	insult	51,54	1,16	0,52	1,31	1,92	0,59	0,79
m		52 UCB	120	80	INSULT	-9,06	0,73	0,48	0,64	-5,75	0,50	0,52
w		53 UCB	120	80	INSULT	-8,84	0,51	0,70	1,08	-8,18	0,30	0,71
m		55 UCB	200	130	INSULT LIH	7,11	0,92	0,63	0,92	5,58	1,23	0,63
m		55 UCB	120	80	INSULT	-5,52	0,92	0,65	0,98	-6,79	0,37	0,55
w		57 UCB	160	100	RE.-HIRN.I	-5,59	0,55	0,78	1,28	-2,64	0,47	0,92
m		57 UCB	155	105	INSULT	5,56	0,38	0,78	1,29	6,91	0,73	0,72
w		60 UCB	135	70	insult	-22,10	0,38	0,65	0,97	-6,01	0,53	0,61
w		60 UCB	130	85	INSULT	-3,23	0,78	0,93	1,77	-5,45	0,91	0,71
m		62 UCB	120	70	INSULT LIH	5,83	0,67	0,70	1,09	0,48	0,09	0,94
w		63 UCB	130	80	INSULT	-3,64	0,62	0,78	1,30	-2,12	0,30	0,92
w		64 UCB	120	70	APO	0,00	0,00	0,00	0,00	-3,90	0,26	0,75
m		65 UCB	130	90	INSULT	-6,70	0,71	0,57	0,79	-4,83	0,35	0,60
w		69 UCB	160	90	INSULT	4,10	0,30	0,93	1,76	7,34	0,67	0,78
m		71 UCB	125	90	insult	-2,03	0,34	0,90	1,63	-1,80	0,72	0,87
M		72 UCB	155	85	APO	-8,30	0,44	0,60	0,86	-9,56	0,61	0,65
m		75 UCB	125	80	INSULT	-5,37	0,47	0,60	0,87	-4,90	0,56	0,72
w		77 UCB	140	80	INSULT	-2,27	0,86	0,82	1,48	-2,78	0,55	0,94
m		77 UCB	145	70	APO	-6,62	0,36	0,69	1,06	-9,13	0,43	0,55
w		78 UCB	150	85	Z.N.INSULT	-6,89	1,75	0,87	1,54	-4,18	0,71	0,94
w		82 UCB	130	85	APO	2,08	0,26	0,96	1,84	5,37	0,57	0,93

Kontrollgruppe

Kontrollgr

STLAVGIN	STDIF	VARAVGMF	VARSTDMF	VARAVGRE	VARAVGIN	VALAVGMF	VALSTDMF	VALAVGRE	VALAVGIN	VADIF	CCRAVGMF	CCRSTDMF	CCRAVGRE
0.71	-18,61	2,30	0,37	0,58	0,82	1,73	0,28	0,73	1,16	-28,29	25,61	1,46	0,65
1,72	52,00	4,85	0,98	0,64	0,95	3,73	0,95	0,77	1,27	-26,11	19,49	0,91	0,66
0,94	-58,77	3,69	0,57	0,71	1,11	2,82	0,33	0,70	1,07	-26,73	18,91	0,55	0,64
0,88	-36,06	7,73	1,34	0,73	1,15	15,02	2,88	0,51	0,69	64,09	20,55	1,50	0,61
0,78	-5,10	4,89	0,41	0,53	0,72	5,30	0,91	0,63	0,93	8,05	27,52	7,14	0,66
0,71	-44,28	4,89	0,35	0,58	0,82	16,15	0,49	0,42	0,54	107,03	23,60	0,48	0,65
0,98	43,30	6,44	0,89	0,75	1,20	3,07	0,56	0,86	1,52	-70,87	25,59	0,55	0,59
0,87	118,66	10,16	0,43	0,59	0,84	4,16	0,50	0,94	1,79	-83,80	16,25	0,26	0,55
0,98	30,22	1,89	1,12	0,75	1,23	5,08	0,44	0,86	1,50	91,54	17,33	1,05	0,58
0,96	-4,71	15,14	0,66	0,48	0,63	3,74	0,29	0,74	1,19	120,76	14,05	0,37	0,60
0,78	-13,68	7,77	0,43	0,92	1,71	10,88	0,58	0,75	1,20	33,35	20,22	0,53	0,63
0,82	85,33	5,61	0,48	0,60	0,86	0,50	0,00	0,39	0,51	167,27	17,31	0,58	0,49
0,58	-1,24	10,33	0,25	0,38	0,47	6,66	0,56	0,59	0,85	-43,20	12,37	0,59	0,71
1,41	-37,77	1,05	0,42	0,62	0,96	8,94	0,75	0,65	0,96	157,96	17,36	0,62	0,75
1,44	83,24	4,07	0,67	0,84	1,46	3,80	0,39	0,94	1,78	-12,26	31,51	1,05	0,73
0,81	107,78	12,94	0,89	0,41	0,52	17,29	2,48	0,42	0,54	28,78	26,86	1,25	0,55
0,97	2,22	22,68	1,05	0,47	0,62	17,54	0,80	0,47	0,62	-25,56	19,03	0,48	0,67
0,97	117,33	5,70	0,83	0,65	0,96	7,10	0,27	0,37	0,45	21,88	25,38	0,87	0,68
0,84	25,13	3,00	1,29	0,68	1,06	3,94	0,48	0,68	1,06	27,09	21,02	0,57	0,58
0,89	127,74	13,93	1,31	0,57	0,79	14,23	0,60	0,40	0,50	2,13	29,65	1,02	0,54
1,60	-69,44	21,81	0,53	0,53	0,72	7,95	0,42	0,42	0,53	-93,15	25,37	1,29	0,63
1,54	-47,51	10,05	0,79	0,67	1,02	8,71	2,00	0,54	0,76	-14,29	15,56	1,14	0,71
0,80	-38,83	10,72	0,60	0,44	0,56	12,72	0,59	0,50	0,68	17,06	28,93	0,70	0,67
1,04	-66,67	0,46	0,05	0,22	0,27	7,85	0,84	0,46	0,60	177,86	24,61	1,50	0,67
0,69	10,36	6,48	0,52	0,62	0,91	9,25	0,61	0,52	0,71	35,22	23,48	0,98	0,64
1,18	-25,89	10,15	1,01	0,64	0,94	4,78	0,42	0,94	1,77	-71,94	23,08	0,91	0,61
0,75	-38,21	7,19	0,47	0,66	0,99	7,52	1,47	0,57	0,80	4,49	27,23	0,61	0,58
0,62	-30,05	3,07	0,33	0,69	1,06	7,73	1,43	0,52	0,71	86,30	15,70	0,32	0,62
0,76	41,10	3,86	0,95	0,70	1,09	7,19	0,84	0,57	0,80	60,27	27,06	0,75	0,51
0,68	10,14	0,62	0,09	0,35	0,45	3,03	1,64	0,87	1,67	132,05	13,71	0,83	0,46
1,23	123,00	2,00	0,28	0,86	1,50	7,56	0,72	0,45	0,58	116,32	13,32	0,64	0,54
1,01	-64,93	3,39	0,41	0,88	1,57	14,04	0,62	0,45	0,58	122,20	24,15	0,56	0,61
1,68	-33,76	8,85	0,62	0,61	0,88	15,01	1,68	0,58	0,83	51,63	11,72	0,44	0,76
1,30	-81,26	12,85	1,08	0,63	0,94	12,59	0,65	0,57	0,80	-2,04	26,80	1,26	0,70
0,74	-78,50	7,48	0,43	0,59	0,84	16,72	1,35	0,44	0,57	76,36	25,07	1,00	0,59
1,15	-81,51	3,17	0,58	0,89	1,60	5,16	0,56	0,74	1,18	47,79	14,30	0,56	0,64
0,57	76,30	3,35	0,40	0,79	1,31	5,80	0,77	0,62	0,91	53,55	24,15	0,52	0,53
0,94	-51,28	26,36	1,02	0,44	0,56	13,95	0,74	0,50	0,67	-61,57	33,69	0,84	0,45
1,37	-15,67	3,32	0,68	0,76	1,23	4,56	0,53	0,75	1,20	31,47	17,89	0,59	0,56
1,19	-55,40	11,21	0,68	0,79	1,32	5,36	0,75	0,67	1,00	-70,61	23,88	0,56	0,83
1,23	-18,12	4,10	0,57	0,85	1,48	7,06	0,80	0,69	1,05	53,05	15,42	0,26	0,65
0,85	-15,30	3,42	0,51	0,70	1,10	10,00	1,46	0,45	0,60	98,06	17,79	0,50	0,56
1,66	-99,63	3,33	1,28	0,52	0,79	2,64	0,34	0,64	0,97	-23,12	14,80	0,86	0,57
0,88	-6,17	15,51	1,11	0,70	1,07	6,09	0,70	0,80	1,33	-87,22	21,48	0,57	0,61
0,80	30,70	3,25	0,29	0,90	1,63	10,93	1,99	0,54	0,76	108,32	25,65	0,41	0,57
1,35	-28,50	2,62	0,66	0,71	1,11	3,29	0,44	0,62	0,90	22,67	21,53	0,97	0,54
1,10	-99,09	5,67	0,93	0,72	1,14	1,87	0,28	0,88	1,56	100,80	22,42	0,89	0,66
0,80	16,79	5,71	0,58	0,74	1,17	8,28	0,60	0,57	0,81	36,74	29,87	0,81	0,60
0,64	-28,46	72,90	0,77	0,59	0,85	3,86	0,96	0,65	0,98	-61,52	34,41	0,43	0,57
0,67	20,47	0,70	0,09	0,54	0,75	0,49	0,05	0,20	0,23	-35,29	23,51	0,99	0,60
0,98	27,50	7,08	0,48	0,67	1,02	11,04	0,30	0,27	0,32	43,71	29,06	0,99	0,65
0,58	-2,50	8,74	0,38	0,59	0,83	17,54	124,00	49,00	0,65	66,97	19,50	0,87	0,63
0,81	25,82	0,45	0,00	0,30	0,37	0,51	0,00	0,45	0,58	12,50	21,93	0,51	0,65
0,76	1,39	7,50	0,42	0,92	1,69	6,29	0,14	0,97	1,87	-17,55	19,39	0,83	0,68
0,89	-16,58	5,61	0,98	0,64	0,95	7,13	0,83	0,57	0,80	23,86	26,47	0,66	0,65
0,99	87,07	7,78	0,95	0,61	0,88	10,53	0,97	0,62	0,89	30,04	27,77	0,88	0,61
0,66	12,08	0,54	0,20	0,66	1,02	3,85	0,38	0,73	1,16	150,80	30,70	0,85	0,69
0,69	-58,70	5,14	0,41	0,69	1,06	6,89	1,06	0,72	1,14	29,09	21,94	1,09	0,58
0,51	-27,51	5,47	0,31	0,62	0,90	4,18	0,41	0,90	1,62	-26,74	15,55	0,42	0,49

Patientengruppe 1

Patienteng

STLAVGIN	STDIF	VARAVGMF	VARSTDMF	VARAVGRE	VARAVGIN	VALAVGMF	VALSTDMF	VALAVGRE	VALAVGIN	VADIF	CCRAVGMF	CCRSTDMF	CCRAVGRE
1,09		0,57	0,11	0,44	0,60	0,37	0,03	0,14	0,17		16,28	0,96	0,65
1,11		0,58	0,14	0,47	0,63	0,00	0,00	0,00	0,00		14,99	2,25	0,80
0,77	-16,11	3,37	1,27	0,75	1,23	3,92	0,73	0,67	1,01	15,09	21,32	0,86	0,73
0,74	50,77	-13,19	1,13	0,92	1,70	23,85	3,68	0,47	0,62	694,93	24,26	2,42	0,57
0,78		19,07	0,53	0,65	0,96	0,39	0,06	0,38	0,55		8,89	3,77	0,79
0,78		0,41	0,07	0,36	0,48	0,00	0,00	0,00	0,00		7,06	0,73	0,78
0,39		3,11	0,27	0,82	1,40	7,42	0,78	0,51	0,70		20,58	0,49	0,52
1,45		0,52	0,03	0,10	0,11	0,63	0,18	0,24	0,32		10,79	0,31	0,66
0,62	24,00	0,88	0,39	0,54	0,82	0,68	0,10	0,59	0,87	-25,64	9,94	1,74	0,89
0,81	7,45	11,11	0,89	0,64	0,95	10,57	0,66	0,62	0,90	-4,98	17,63	0,35	0,65
0,71	185,63										10,05	1,93	0,73
0,70		1,55	1,15	0,65	1,02	0,00	0,00	0,00	0,00		18,23	0,68	0,77
1,11		1,26	0,42	1,06	2,31	2,74	0,76	0,93	1,74		14,22	0,74	0,64
0,94		0,00	0,00	0,00	0,00	4,34	1,50	0,88	1,59		23,15	1,35	0,56
0,76		0,39	0,09	0,30	0,40	14,38	0,98	0,50	0,67		11,37	1,21	0,74
1,71		0,38	0,40	1,31	1,20	-0,08	0,03	0,13	-0,86		15,80	1,15	0,65
1,12		5,22	2,40	0,84	1,45	6,64	0,59	0,74	1,18		14,78	1,88	0,76
0,89	92,46	0,00	0,00	0,00	0,00	6,05	1,64	0,73	1,15	200,00	16,05	0,71	0,63
1,10		12,28	1,50	0,68	1,03	0,73	0,40	1,44	6,52		5,84	1,73	0,86
1,76		7,22	3,03	0,79	4,50	3,25	0,65	0,77	1,27		12,72	1,25	0,57
1,71		5,05	0,42	0,87	1,55	9,51	0,48	0,56	0,78		10,32	1,20	0,62
1,19		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		15,18	0,44	0,76
0,86		0,55	0,09	0,31	0,40	0,45	0,03	0,13	0,14		21,59	1,29	0,72
1,29		0,55	0,02	0,43	0,54	1,20	0,20	0,77	1,26		9,17	0,36	0,70
1,54	-12,01	4,93	2,66	0,84	1,48					200,00	19,33	1,38	0,72
0,98		1,99	1,13	0,81	1,40	0,00	0,00	0,00	0,00		16,51	0,43	0,67
1,13		2,99	0,31	1,03	2,12	5,62	1,11	0,77	1,27		11,15	0,41	0,75
1,76		0,52	0,13	0,50	0,71	0,13	0,20	1,36	13,19		15,11	0,56	0,85
0,77		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		12,36	1,16	0,73
1,76		12,76	0,95	0,81	1,36	6,25	0,47	0,95	1,81		12,79	0,56	0,78
1,74		5,13	0,43	0,79	1,32	1,02	0,27	0,84	1,47		10,73	0,58	0,72

uppe

Kontrollgruppe

CCRAVGIN	CCLAVGMF	CCLSTDMF	CCLAVGRE	CCLAVGIN	CCDF	CERAVGMF	CERSTDMF	CERAVGRE	CERAVGIN	CELAVGMF	CELSTDMF	CELAVGRE	CELAVGIN
0.96	23.09	1.23	0.63	0.93	-10.35	8.80	0.86	0.78	1.29	16.12	0.76	0.68	1.04
1.00	21.56	4.96	0.58	0.87	10.09	10.06	1.34	0.83	1.43	12.04	3.46	0.90	1.65
0.94	23.30	4.29	0.59	0.85	20.80	15.42	0.42	0.59	0.83	20.54	1.24	0.66	1.00
0.88	22.38	1.48	0.57	0.80	8.53	12.45	1.43	0.73	1.16	15.70	2.91	0.70	1.11
1.35	25.82	0.64	0.59	0.84	-6.37	7.38	0.60	0.52	0.71	14.78	0.66	0.58	0.81
0.97	16.32	0.98	0.69	1.05	-36.47	20.34	0.77	0.61	0.87	15.45	0.20	0.68	1.03
0.85	20.30	0.85	0.64	0.94	-23.06	7.72	0.68	0.90	1.65	7.50	0.95	0.92	1.70
0.75	16.71	1.43	0.66	0.98	-2.79	12.67	0.71	0.72	1.12	6.63	1.10	0.84	1.47
0.82	18.98	0.88	0.55	0.76	9.09	9.41	1.27	0.79	1.31	14.13	0.81	0.64	0.94
0.86	13.67	0.54	0.66	0.99	-2.74	14.95	0.70	0.77	1.26	14.57	0.87	0.78	1.28
0.93	16.42	0.93	0.69	1.06	-20.74	14.68	0.30	0.58	0.82	9.12	0.80	0.72	1.12
0.65	9.21	0.41	0.66	0.98	-61.09	20.90	0.81	0.60	0.86	26.93	1.43	0.53	0.73
1.10	18.01	1.76	0.44	0.57	37.13	24.52	0.49	0.56	0.78	22.88	1.35	0.64	0.94
1.20	16.60	0.41	0.72	1.12	-4.48	13.60	0.51	0.70	1.08	10.11	0.63	0.80	1.34
1.14	28.12	1.76	0.70	1.07	-11.37	21.11	0.83	0.74	1.18	10.76	1.36	0.78	1.29
0.76	28.27	1.48	0.61	0.89	5.12	11.96	0.51	0.66	0.98	15.19	1.21	0.63	0.91
1.01	19.96	0.95	0.66	0.98	4.77	10.17	0.53	0.68	1.02	9.54	0.70	0.76	1.24
1.03	22.92	2.69	0.64	0.95	-10.19	11.62	1.40	0.79	1.31	12.79	0.56	0.71	1.11
0.82	21.54	1.01	0.53	0.73	2.44	14.01	0.81	0.68	1.02	8.13	0.36	0.88	1.56
0.75	31.13	1.00	0.62	0.92	-6.62	7.09	0.73	0.90	1.65	4.53	0.36	0.91	1.68
0.93	33.24	1.54	0.65	0.97	26.86	17.57	0.58	0.63	0.92	19.41	0.63	0.75	1.20
1.10	20.81	2.06	0.61	0.87	28.87	12.81	1.84	0.84	1.44	8.90	0.96	0.89	1.60
1.01	30.27	1.25	0.70	1.08	4.53	19.17	1.09	0.68	1.04	19.95	0.74	0.65	0.97
1.00	26.90	0.69	0.65	0.96	8.89	6.93	1.35	0.72	1.12	8.43	0.83	0.75	1.20
0.94	28.21	1.68	0.67	1.01	18.30	17.29	2.73	0.67	1.02	15.42	0.81	0.61	0.87
0.87	30.55	0.82	0.58	0.81	27.86	25.59	0.58	0.55	0.75	24.49	1.74	0.62	0.90
0.82	26.43	0.95	0.59	0.84	-2.98	13.79	0.68	0.87	1.55	18.98	0.83	0.66	0.98
0.89	16.29	0.52	0.58	0.82	3.69	15.99	0.86	0.73	1.16	8.57	2.46	0.99	2.05
0.69	22.36	0.71	0.51	0.69	-19.02	21.58	0.76	0.57	0.81	20.45	0.61	0.57	0.79
0.60	13.70	0.52	0.55	0.75	-0.07	13.83	0.95	0.69	1.06	11.62	0.70	0.69	1.07
0.74	17.06	0.73	0.51	0.69	24.62	15.27	0.62	0.61	0.87	16.90	0.53	0.63	0.93
0.87	22.00	0.79	0.68	1.02	-9.32	8.38	2.67	0.88	2.64	7.70	0.64	0.94	1.77
1.22	15.80	1.18	0.64	0.95	29.65	14.83	1.10	0.83	1.42	11.56	0.65	0.86	1.51
1.08	25.86	0.62	0.66	0.99	-3.57	27.90	1.24	0.76	1.22	19.81	1.40	0.80	1.32
0.85	19.95	0.90	0.58	0.82	-22.75	11.88	1.49	0.65	0.96	12.22	1.59	0.56	0.78
0.95	15.04	1.17	0.66	0.98	5.04	9.73	0.57	0.75	1.21	7.38	1.77	0.79	1.31
0.72	38.02	0.81	0.53	0.71	44.62	15.50	0.95	0.69	1.06	13.25	0.73	0.77	1.25
0.59	26.31	0.43	0.44	0.56	-24.60	22.62	1.97	0.65	0.96	22.88	1.41	0.66	1.00
0.78	20.04	0.81	0.55	0.75	11.34	11.16	0.72	1.12	1.12	12.06	0.96	0.74	1.18
1.43	24.16	2.56	0.90	1.65	1.17	13.66	0.60	0.82	1.39	17.80	0.94	0.76	1.22
0.97	16.57	0.51	0.58	0.82	7.19	12.98	1.24	0.83	1.43	17.76	1.57	0.73	1.16
0.79	14.80	0.71	0.56	0.77	-18.35	10.59	0.71	0.71	1.12	9.38	0.94	0.81	1.37
0.80	18.13	1.10	0.57	0.80	20.22	4.58	1.44	1.07	2.35	7.79	0.74	0.68	1.04
0.89	21.73	0.74	0.57	0.80	1.16	13.32	0.79	0.63	0.92	14.72	0.90	0.58	0.81
0.80	22.25	0.91	0.57	0.80	-14.20	14.40	2.44	0.74	1.18	15.49	0.62	0.71	1.09
0.73	28.40	0.55	0.53	0.72	27.52	12.78	0.84	0.67	1.02	10.48	0.93	0.69	1.06
0.78	20.08	0.73	0.64	0.93	-11.01	7.34	1.01	0.84	1.47	7.59	1.11	0.83	1.41
0.87	29.11	0.96	0.58	0.82	-2.58	13.58	1.45	0.64	0.95	12.90	0.71	0.71	1.10
0.80	35.24	0.63	0.60	0.86	2.38	17.38	1.36	0.70	1.07	17.47	2.25	0.68	1.04
0.86	18.81	1.54	0.58	0.82	-22.21	17.43	0.67	0.65	0.96	17.62	0.69	0.64	0.93
0.96	28.59	0.53	0.68	1.02	-1.63	13.23	0.47	0.78	1.28	19.29	0.92	0.74	1.18
0.91	23.66	1.10	0.57	0.79	19.28	8.82	0.51	0.47	0.61	14.89	0.64	0.60	0.86
0.97	22.04	1.14	0.60	0.86	0.50	10.70	1.14	0.67	1.01	20.28	0.68	0.54	0.75
1.02	15.82	0.76	0.66	0.99	-20.28	13.48	0.66	0.71	1.11	9.26	0.56	0.69	1.07
0.96	24.16	1.13	0.69	1.05	-9.13	9.88	0.86	0.87	1.56	7.76	0.70	0.89	1.61
0.87	21.76	1.13	0.64	0.95	-24.27	9.44	1.84	0.71	1.11	13.73	0.37	0.71	1.10
1.05	25.32	0.74	0.70	1.08	-19.21	12.67	0.76	0.86	1.52	14.49	1.76	0.81	1.37
0.81	20.44	1.08	0.52	0.71	-7.08	12.34	0.51	0.72	1.14	12.13	1.07	0.62	0.91
0.66	20.24	1.07	0.44	0.56	26.21	15.77	0.36	0.57	0.80	14.48	0.32	0.61	0.88

gruppe 1

Patientengruppe 1

CCRAVGIN	CCLAVGMF	CCLSTDMF	CCLAVGRE	CCLAVGIN	CCDF	CERAVGMF	CERSTDMF	CERAVGRE	CERAVGIN	CELAVGMF	CELSTDMF	CELAVGRE	CELAVGIN
0.96	9.91	1.69	0.77	1.25		5.86	0.83	0.80	1.35	17.24	0.82	0.68	1.04
1.36	15.13	0.71	0.62	0.89		11.75	0.54	0.69	1.05	13.17	1.74	0.80	1.35
1.15	22.84	1.32	0.60	0.86	6.88	11.03	1.46	0.71	1.10	10.62	1.69	0.71	1.10
0.79	32.26	2.10	0.62	0.89	28.31	17.31	3.68	0.86	1.51	12.63	4.60	0.89	1.59
1.54	17.10	1.50	0.60	0.85		5.36	0.71	0.82	1.40	28.01	2.88	0.48	0.62
1.32	10.77	0.77	0.99	1.97		8.57	0.58	0.75	1.19	11.60	0.43	0.74	1.17
0.69	21.43	0.69	0.55	0.75		25.92	0.93	0.55	0.75	22.76	0.87	0.55	0.77
0.98	16.44	0.68	0.61	0.88		5.79	0.58	0.93	1.73	7.78	1.09	0.86	1.53
1.61	26.11	1.09	0.63	0.91	89.71	14.31	0.96	0.75	1.21	21.73	1.60	0.64	0.96
0.97	16.43	1.14	0.68	1.03	-7.05	17.39	1.06	0.68	1.03	11.09	1.06	0.74	1.17
1.20	22.17	5.09	0.73	1.16	75.23	22.73	5.84	0.77	1.29	5.56	1.44	0.84	1.45
1.25	9.72	1.47	0.77	1.25		19.02	1.03	0.71	1.09	9.09	3.27	0.89	1.60
0.93	12.08	1.22	0.68	1.04		9.55	0.68	0.77	1.27	8.84	0.34	0.81	1.35
0.78	15.19	1.73	0.73	1.19		6.21	3.69	0.79	1.33	8.92	0.85	0.79	1.30
1.16	8.75	0.65	0.73	1.15		5.43	0.66	0.91	1.67	5.65	0.40	0.89	1.61
0.96	10.44	0.73	0.64	0.95		12.84	2.07	0.77	1.27	8.94	1.59	0.89	1.62
1.22	19.89	1.07	0.72	1.13		11.60	0.95	0.80	1.35	12.07	0.97	0.88	1.56
0.92	15.07	0.86	0.72	1.12	-6.30	9.35	1.30	0.86	1.53	7.71	0.51	0.90	1.64
1.55	9.29	0.91	0.90	1.66		5.31	1.02	1.02	2.11	6.79	0.42	0.98	1.92
0.80	4.16	0.44	0.91	1.68		9.57	0.57	0.79	1.30	10.26	12.55	0.24	-0.10
0.90	12.51	0.59	0.70	1.08		5.51	0.48	0.97	1.90	8.02	1.03	0.91	1.68
1.23	13.91	0.84	0.74	1.18		10.13	0.61	1.01	2.04	14.05	0.25	0.94	1.78
1.13	17.04	0.51	0.56	0.78		13.81	0.70	0.81	1.37	11.58	0.34	0.81	1.35
1.09	7.48	2.15	0.79	1.43		16.71	0.75	0.86	1.51	12.60	0.91	0.96	1.85
1.12	26.08	2.33	0.78	1.27	29.73	14.04	0.72	0.72	1.12	8.07	4.37	0.92	1.73
1.01	14.90	4.42	0.86	1.90		12.49	0.57	0.71	1.11	17.17	0.49	0.70	1.07
1.20	9.85	0.56	0.80	1.35		15.22	0.97	0.84	1.46	8.91	1.14	0.87	1.55
1.47	13.54	0.58	0.82	1.40		7.93	4.18	0.78	1.52	10.07	5.30	0.79	1.54
1.16	17.37	0.52	0.76	1.22		5.74	0.83	0.95	1.82	12.04	3.82	1.05	2.25
1.28	14.37	0.52	0.67	1.02		13.93	1.17	0.89	1.62	9.48	2.90	0.99	1.96
1.13	14.65	1.11	0.68	1.04		10							

CEDIFF	CIRAVGMF	CIRSTDMF	CIRAVGRE	CIRAVGIN	CILAVGMF	CILSTDMF	CILAVGRE	CILAVGIN	CIDIF
58,75	18,79	0,41	0,56	0,77	19,88	0,83	0,53	0,71	5,64
17,92	18,11	1,25	0,54	0,74	19,33	0,64	0,48	0,63	6,52
28,48	19,91	0,80	0,44	0,57	25,60	1,66	0,35	0,43	25,01
23,09	22,47	0,65	0,53	0,71	23,01	1,31	0,52	0,70	2,37
66,79	16,41	0,37	0,32	0,39	26,61	0,77	0,36	0,44	47,42
-27,33	24,87	1,29	0,49	0,66	19,28	1,77	0,46	0,61	-25,32
-2,89	20,60	2,37	0,49	0,65	23,84	1,27	0,45	0,57	14,58
-62,59	26,05	0,73	0,45	0,59	18,90	0,70	0,46	0,60	-31,81
40,10	18,41	1,47	0,47	0,62	16,68	0,61	0,39	0,46	-9,86
-2,57	20,16	0,59	0,47	0,61	20,26	1,76	0,59	0,85	0,49
-46,72	13,39	3,18	0,58	0,82	8,78	2,52	0,68	1,05	-41,59
25,21	17,49	0,67	0,35	0,42	24,87	0,97	0,39	0,48	34,84
-6,92	19,85	1,84	0,45	0,59	25,92	0,80	0,52	0,71	26,52
-29,44	15,17	0,55	0,48	0,64	17,85	0,72	0,49	0,66	16,23
-64,95	26,33	1,21	0,56	0,79	27,94	1,00	0,42	0,53	5,93
23,79	26,53	0,99	0,32	0,38	27,73	1,10	0,35	0,43	4,42
-6,39	22,39	0,68	0,34	0,42	21,52	0,54	0,39	0,49	-3,96
9,59	21,57	1,64	0,37	0,46	25,54	0,88	0,38	0,46	16,85
-53,12	20,56	1,19	0,50	0,67	23,98	1,17	0,45	0,58	15,36
-44,06	33,26	1,26	0,33	0,39	29,30	1,11	0,30	0,36	-12,66
9,95	41,32	1,39	0,41	0,52	40,91	0,70	0,44	0,56	-1,00
-36,02	24,22	0,71	0,48	0,64	13,70	0,67	0,51	0,69	-55,49
3,99	25,21	0,79	0,40	0,50	28,00	0,68	0,43	0,55	10,49
19,53	9,72	0,56	0,39	0,49	13,86	0,57	0,30	0,35	35,11
-11,43	21,93	0,64	0,40	0,50	17,01	0,64	0,45	0,59	-25,27
-4,39	23,31	1,02	0,45	0,58	29,82	1,23	0,51	0,69	24,51
31,68	27,54	1,05	0,40	0,50	27,65	0,65	0,48	0,62	0,40
-60,42	24,01	0,51	0,37	0,45	18,08	0,68	0,41	0,51	-28,18
-5,38	27,91	1,52	0,41	0,52	34,08	1,35	0,33	0,40	19,91
-17,37	15,40	0,85	0,46	0,61	17,96	1,43	0,38	0,47	15,35
10,13	16,98	2,23	0,43	0,56	15,91	0,75	0,46	0,60	-6,51
-8,46	26,26	1,70	0,43	0,55	20,35	0,54	0,46	0,60	-25,36
-24,78	19,75	1,32	0,58	0,81	23,72	2,03	0,47	0,62	18,27
-33,91	17,40	1,60	0,61	0,88	28,71	1,44	0,59	0,83	49,06
2,82	29,28	1,06	0,39	0,48	23,89	0,30	0,40	0,50	-20,27
-27,47	21,13	2,02	0,49	0,64	20,50	0,84	0,41	0,51	-3,03
-15,65	21,65	1,05	0,43	0,55	26,36	1,11	0,43	0,55	19,62
1,14	29,76	0,77	0,47	0,62	39,59	0,73	0,43	0,54	28,35
7,75	21,59	0,80	0,43	0,54	20,73	0,75	0,39	0,48	-4,06
26,32	19,85	1,74	0,47	0,62	23,00	0,68	0,46	0,59	14,70
31,10	18,36	0,93	0,42	0,53	26,81	1,18	0,49	0,64	37,41
-12,12	16,47	0,74	0,44	0,57	22,24	0,85	0,39	0,49	29,81
51,90	19,70	0,59	0,37	0,46	14,72	0,40	0,33	0,39	-28,94
9,99	9,67	1,24	0,66	0,98	19,41	0,57	0,40	0,50	66,99
7,29	23,87	0,60	0,42	0,53	27,27	0,80	0,39	0,49	13,30
-19,78	25,53	0,98	0,37	0,45	21,67	1,43	0,38	0,47	-16,36
3,35	16,73	0,63	0,37	0,45	18,63	0,75	0,38	0,46	10,75
-5,14	23,83	0,62	0,34	0,41	28,30	0,85	0,38	0,47	17,15
2,05	28,17	1,69	0,41	0,52	25,95	1,00	0,39	0,48	-8,20
1,08	30,99	1,27	0,45	0,59	22,08	0,89	0,48	0,63	-33,58
37,27	33,14	1,41	0,47	0,61	27,58	1,23	0,48	0,63	-18,31
51,20	12,96	0,82	0,55	0,75	15,32	2,60	0,47	0,63	16,69
61,85	25,38	0,46	0,35	0,43	22,92	1,08	0,35	0,42	-10,19
-37,12	25,21	0,78	0,47	0,62	22,86	0,54	0,42	0,54	-9,78
-24,04	17,50	1,03	0,46	0,60	18,11	0,82	0,44	0,56	3,43
37,03	18,20	1,82	0,47	0,61	17,10	0,69	0,35	0,43	-6,23
14,00	19,26	1,25	0,44	0,56	13,20	0,89	0,44	0,57	33,00
-1,72	24,64	1,01	0,52	0,71	24,48	1,05	0,43	0,54	-0,65
-8,53	31,05	0,52	0,38	0,47	22,63	1,00	0,43	0,55	-31,37

CEDIFF	CIRAVGMF	CIRSTDMF	CIRAVGRE	CIRAVGIN	CILAVGMF	CILSTDMF	CILAVGRE	CILAVGIN	CIDIF
14,44	2,39	0,54	0,67	21,94	1,24	0,38	0,48	0,00	
0,00	15,62	1,34	0,50	0,68	23,40	1,77	0,34	0,40	0,00
-3,79	21,87	0,67	0,53	0,72	17,46	0,62	0,34	0,41	-22,43
-31,26	48,19	4,60	0,45	0,60	45,90	4,57	0,46	0,60	-4,87
0,00	14,81	1,49	0,63	0,92	7,99	1,44	0,80	1,35	0,00
0,00	14,34	0,82	0,52	0,71	22,47	0,90	0,47	0,61	0,00
0,00	30,41	1,35	0,40	0,50	20,16	0,57	0,34	0,42	0,00
	15,81	0,65	0,51	0,69	16,79	0,79	0,52	0,71	
41,18	13,25	3,15	0,66	1,01	4,58	1,67	0,99	2,65	-97,25
-44,24	20,04	1,47	0,46	0,59	23,43	1,14	0,48	0,63	15,60
121,39	3,13	7,36	0,99	1,00	7,43	4,29	0,65	0,98	81,44
0,00	7,50	3,24	0,82	1,46	13,49	0,47	0,59	0,84	0,00
0,00	10,92	0,91	0,49	0,66	15,35	0,61	0,51	0,69	0,00
	14,97	1,01	0,37	0,47	8,49	6,00	0,82	1,39	
	8,66	0,89	0,67	1,01	14,50	1,20	0,55	0,75	0,00
0,00	18,44	0,75	0,53	0,72	9,31	2,54	0,70	1,10	0,00
0,00	21,60	2,11	0,61	0,88	20,54	1,73	0,54	0,74	0,00
-19,23	15,22	3,52	0,62	0,91	24,84	0,43	0,57	0,81	48,03
0,00	13,11	1,71	0,70	1,11	20,45	2,95	0,56	0,77	0,00
	15,87	1,14	0,47	0,62	14,04	0,73	0,49	0,64	0,00
0,00	13,50	1,00	0,58	0,83	11,90	0,78	0,64	0,95	0,00
0,00	13,98	4,87	0,79	1,38	13,54	0,97	0,61	0,87	0,00
0,00	9,43	1,47	0,65	0,98	24,61	2,83	0,52	0,70	0,00
	20,06	1,79	0,55	0,77	15,14	1,07	0,68	1,03	
-54,00	40,43	4,61	0,53	0,72	49,45	3,12	0,47	0,62	20,07
0,00	21,15	0,45	0,60	0,85	9,31	0,62	0,87	1,53	0,00
0,00	17,56	0,54	0,51	0,69	11,86	1,07	0,70	1,09	0,00
0,00	19,98	1,23	0,70	1,07	13,68	3,31	0,64	0,99	0,00
0,00	13,27	0,81	0,70	1,08	9,44	1,61	0,84	1,48	0,00
	22,68	2,24	0,66	0,99	23,48	1,44	0,64	0,94	
0,00	21,75	3,64	0,65	0,97	19,48	1,13	0,56	0,79	0,00

**Patientengruppe 2** Stenose der ACI Rechts

16

GESCHLECHT	ALTER	STATION	RRSYS	RRDIA	DIAGNOSE	STRAVGMF	STRSTDMF	STRAVGRE	STRAVGIN	STLAVGMF	STLSTDMF	STLAVGRE	STLAVGIN
m	71	UCB	140	70	APO	-7,35	0,58	0,67	1,01	-3,41	0,50	0,75	1,20
m	59	UCB	110	60	insult	14,21	0,53	0,70	1,08	3,31	0,62	0,89	1,61
m	62	UCB	190	80	Hirnstammsult	-1,95	0,31	0,86	1,53	-6,63	0,44	0,81	1,36
m	57	UCB	95	60	Insult	-7,76	0,97	0,64	0,95	-2,57	0,60	0,80	1,34
m	54	UCB	135	70	Insult	-2,58	0,27	0,96	1,85	23,41	3,41	0,59	0,83
m	68	UCB	160	90	INSULT	-6,09	0,32	0,67	1,02	-8,15	0,83	0,69	1,05
m	67	UCB	120	70	INSULT	-9,78	0,53	0,63	0,93	-8,27	0,78	0,66	0,98
w	57	UCB	115	80	APO	-7,44	0,22	0,57	0,79	-6,15	0,26	0,64	0,95
m	50	UCB	140	80	INSULT	-12,82	0,77	0,57	0,79	-7,27	0,77	0,62	0,90
m	55	UCB	130	80	INSULT	-5,95	0,50	0,67	1,01	-6,77	1,25	0,57	0,83
m	66	UCB	155	90	APO	-0,28	0,13	0,82	-3,54	-10,41	0,54	0,64	0,94
m	56	UCB	140	80	Insult	-12,70	1,62	0,52	0,70	-5,77	0,65	0,65	0,97
w	67	UCB	240	110	INSULT	-0,45	0,00	0,09	0,10	-5,64	0,56	0,50	0,66
w	73	UCB	120	60	Insult	-6,70	1,12	0,78	1,29	-4,22	0,56	0,78	1,30
m	57	UCB	175	100	Insult	-7,39	0,64	0,39	0,49	-2,72	0,19	0,63	0,93
m	50	UCB	140	80	INSULT	-12,82	0,77	0,57	0,79	-7,27	0,77	0,62	0,90

**Patientengruppe 2** Stenose der ACI links

17

GESCHLECHT	ALTER	STATION	RRSYS	RRDIA	DIAGNOSE	STRAVGMF	STRSTDMF	STRAVGRE	STRAVGIN	STLAVGMF	STLSTDMF	STLAVGRE	STLAVGIN
m	70	UCB	155	80	INSULT	-7,27	0,60	0,69	1,05	-11,41	1,17	0,61	0,88
m	49	UCB	195	95	APO	-3,43	0,17	0,85	1,48	-5,04	0,40	0,78	1,27
w	63	UCB	160	80	INSULT	-4,42	0,37	0,91	1,77	-5,12	0,63	0,60	0,86
m	73	UCB	160	90	INSULT	-4,85	1,47	0,63	0,97	-4,44	1,63	0,70	1,15
w	63	UCB	150	90	INSULT	-8,54	0,41	0,54	0,74	-8,23	0,54	0,59	0,84
w	43	UCB	120	90	INSULT	-5,50	0,53	0,62	0,91	-5,97	0,30	0,69	1,06
m	74	UCB	155	70	INSULT	2,26	0,19	-19,96	-1,73	2,19	0,28	-23,18	-1,71
w	63	UCB	140	80	APO	5,87	0,34	0,76	1,24	2,25	0,67	0,84	1,45
m	50	UCB	150	80	INSULT	-15,11	1,25	0,64	0,94	-13,47	1,30	0,67	1,00
w	40	UCB	90	60	insult	-1,93	0,48	0,81	1,36	-3,52	0,30	0,79	1,32
m	63	UCB	140	90	Insult	-9,63	1,14	0,52	0,71	-2,25	0,21	0,81	1,35
m	52	UCB	160	90	Insult	8,45	0,56	0,50	0,66	11,61	0,60	0,41	0,51
m	47	UCB	110	70	Insult	-8,16	0,51	0,41	0,52	-6,03	0,47	0,48	0,64
m	53	UCB	150	70	Insult	-11,48	0,30	0,48	0,64	-7,78	0,92	0,39	0,48
m	65	UCB	130	90	ACI-Stenose li	-10,90	0,50	0,59	0,85	-13,24	1,35	0,63	0,92
w	45	UCB	135	80	Insult	-4,03	0,33	0,54	0,75	7,97	0,65	0,44	0,58
m	63	UCB	140	75	Insult	-6,32	0,39	0,69	1,07	-0,58	0,11	0,71	1,10

**Patientengruppe 3** Stenose der ACI beidseits

12

GESCHLECHT	ALTER	STATION	RRSYS	RRDIA	DIAGNOSE	STRAVGMF	STRSTDMF	STRAVGRE	STRAVGIN	STLAVGMF	STLSTDMF	STLAVGRE	STLAVGIN
m	76	UCB	190	900	INSULT	-21,42	0,42	0,73	1,15	-7,15	0,37	0,79	1,30
w	66	UCB	190	85	INSULT LIH	-5,80	0,44	0,83	1,41	-4,36	0,36	0,53	0,72
w	62	UCB	150	90	INSULT	-4,25	0,10	0,94	1,77	-0,73	0,15	0,44	0,59
w	61	UCB	150	90	APO	0,00	0,00	0,00	0,00	4,94	0,50	0,98	1,93
w	53	UCB	160	105	INSULT	-3,48	1,77	0,69	1,19	-1,45	1,07	0,94	2,03
m	55	UCB	165	105	INSULT	-7,72	0,84	0,54	0,75	-19,99	0,58	0,49	0,65
m	63	UCB	130	80	RE.-HIRN.	6,77	1,18	0,70	1,08	7,88	2,08	0,61	0,89
w	57	UCB	115	80	APO	-7,44	0,22	0,57	0,79	-6,15	0,26	0,64	0,95
w	53	UCB	130	70	TIA	0,00	0,00	0,00	0,00	-2,55	0,23	0,87	1,54
m	53	UCB	155	90	Insult	21,35	0,97	0,36	0,44	16,07	0,63	0,39	0,49
m	52	UCB	120	70	Insult	-5,06	0,16	0,48	0,63	-14,05	0,54	0,55	0,76
m	50	UCB	140	90	Insult	-3,93	0,55	0,47	0,62	-1,72	3,63	0,93	0,00

**Patientengruppe 2**

Stenose der ACI Rechts

STDIF	VARAVGMF	VARSTDMF	VARAVGRE	VARAVGIN	VALAVGMF	VALSTDMF	VALAVGRE	VALAVGIN	VADIF	CCRAGMF	CCRSTDMF	CCRAGRE
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		23,76	0,49	0,43
124,43	0,00	0,00	0,00	0,00	12,02	1,12	0,78	1,29	200,00	32,83	3,30	0,68
109,09	0,22	0,02	0,21	0,24	0,41	0,09	0,71	1,13	60,32	0,00	0,00	0,00
100,48	2,47	0,73	0,88	1,58	0,43	0,03	0,11	0,13	140,69	11,14	0,22	0,57
160,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22,31	1,28	0,73
	0,00	0,00	0,00	0,00	1,14	0,93	0,60	0,92		18,89	0,89	0,70
	0,55	0,18	0,27	0,37	0,49	0,07	0,28	0,36		12,82	0,57	0,78
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,45	1,15	0,54	0,74	0,00	10,80	0,52	0,61
	0,65	0,21	0,39	0,53	0,45	0,01	0,08	0,08		18,63	0,50	0,58
	0,39	0,08	0,61	1,05	0,68	0,14	0,44	0,59		11,69	0,60	0,58
	4,57	0,46	0,90	1,63	1,74	0,62	0,86	1,53		5,46	0,27	0,96
-75,04	4,56	1,39	0,68	1,05	1,14	0,12	0,68	1,03	120,00	10,73	0,46	0,77
	0,33	0,16	0,64	-1,94	0,46	0,01	0,08	0,08		0,00	0,00	0,00
-45,42	0,53	0,07	0,24	0,29	0,51	0,02	0,09	0,10	-3,85	11,12	1,20	0,74
-92,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,17	1,57	0,70
	0,65	0,21	0,39	0,53	0,45	0,01	0,08	0,08		18,63	0,50	0,58

**Patientengruppe 2**

Stenose der ACI links

STDIF	VARAVGMF	VARSTDMF	VARAVGRE	VARAVGIN	VALAVGMF	VALSTDMF	VALAVGRE	VALAVGIN	VADIF	CCRAGMF	CCRSTDMF	CCRAGRE
	0,65	0,25	0,61	0,93	0,00	0,00	0,00	0,00		11,94	1,30	0,66
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		16,40	0,82	0,75
	4,56	1,50	0,91	1,68	21,60	1,23	0,63	0,92		9,96	1,53	0,79
	2,58	2,71	1,59	10,65	7,65	2,89	0,93	2,64		10,81	4,60	0,85
	0,45	0,02	0,08	0,09	0,46	0,11	0,43	0,65		14,95	5,15	0,76
	0,35	0,00	0,07	0,08	-2,43	0,74	3,51	-1,93		11,13	0,54	0,64
	0,53	0,23	0,33	0,49	0,35	0,04	0,25	0,32		8,66	3,61	0,82
	1,09	0,39	0,76	1,24	0,00	0,00	0,00	0,00		11,62	0,48	0,79
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		16,99	1,62	0,70
58,35	0,46	0,14	0,41	0,92	0,70	0,26	0,36	0,54	41,38	10,28	1,10	0,63
124,24	0,48	0,02	0,08	0,09	0,48	0,02	0,09	0,10	0,00	22,26	1,20	0,58
31,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,48	3,70	0,73
-30,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,21	0,50	0,65
-38,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	0,01	0,05	0,06	200,00	15,05	0,30	0,58
19,39	2,69	0,16	0,89	1,60	4,20	0,79	0,79	1,32	43,83	8,30	0,64	0,69
200,00	0,45	0,02	0,09	0,10	3,37	2,10	0,66	1,01	152,88	16,47	0,46	0,73
166,38	0,17	0,10	0,84	-11,36	0,35	0,08	0,32	0,42	69,23	10,08	0,46	0,94

**Patientengruppe 3**

Stenose der ACI beidseits

STDIF	VARAVGMF	VARSTDMF	VARAVGRE	VARAVGIN	VALAVGMF	VALSTDMF	VALAVGRE	VALAVGIN	VADIF	CCRAGMF	CCRSTDMF	CCRAGRE
0,00	11,08	3,96	0,91	-283,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,53	0,53	0,73
0,00	7,60	1,30	0,93	1,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,54	0,83	0,74
0,00	0,53	0,04	0,19	0,24	0,69	0,21	0,34	0,45	0,00	6,94	1,59	0,78
0,00	7,40	1,10	0,70	1,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,45	1,50	0,83
0,00	0,78	0,42	0,54	0,87	0,27	0,27	1,03	1,38	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,34	0,12	0,52	0,73	0,46	0,12	0,69	1,08	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	3,96	0,32	0,90	1,62	5,19	0,44	0,73	1,15	0,00	22,50	0,58	0,62
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,45	1,15	0,54	0,74	0,00	10,80	0,52	0,61
200,00	17,55	1,41	0,48	0,64	0,52	0,94	0,72	-0,28	188,49	8,30	0,52	0,87
-28,22	2,60	0,66	0,79	1,31	2,53	1,48	0,70	1,14	-2,73	9,77	0,87	0,94
94,09	0,47	0,03	0,15	0,17	0,67	0,28	0,32	0,41	35,09	28,54	0,77	0,53
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,43	0,52	0,29

**Patientengruppe 2**

Stenose der ACI Rechts

CCRAVGIN	CCLAVGMF	CCLSTDMF	CCLAVGRE	CCLAVGIN	CCDIF	CERAVGMF	CERSTDMF	CERAVGRE	CERAVGIN	GELAVGMF	GELSTDMF	GELAVGRE
0,56	22,39	0,76	0,57	0,79		10,53	3,45	0,87	1,58	8,30	1,36	0,96
1,04	31,64	10,19	0,74	1,28	-3,69	24,95	3,11	0,82	1,39	28,53	3,30	0,58
0,00	18,72	2,23	0,89	1,60	200,00	7,84	1,24	0,89	1,61	8,80	1,17	0,93
0,79	13,71	0,44	0,61	0,87	20,68	12,15	0,75	0,85	1,48	7,82	0,86	0,88
1,16	26,61	1,42	0,60	0,85	48,54	25,62	2,77	0,64	0,94	24,12	5,29	0,71
1,08	11,62	1,72	0,79	1,31		6,04	0,21	0,96	1,86	11,51	0,53	0,74
1,27	9,62	0,59	0,84	1,45		18,72	0,81	0,80	1,35	8,60	0,47	0,91
0,88	15,52	3,57	0,61	0,91	0,00	12,69	0,96	0,76	1,24	10,59	2,13	0,77
0,81	17,25	1,26	0,72	1,13		11,87	0,39	0,77	1,25	12,89	0,37	0,83
0,82	10,32	0,73	0,62	0,90		6,60	0,90	0,70	1,09	0,71	1,46	1,71
1,85	15,00	0,69	0,81	1,37		0,00	0,00	0,00	0,00	16,47	0,95	0,60
1,24	18,68	1,33	0,61	0,89	54,06	0,00	0,00	0,00	0,00	18,55	0,91	0,63
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		19,36	1,18	0,89	1,61	3,28	1,52	0,89
1,18	13,71	2,17	0,77	1,28	20,86	16,50	2,39	0,81	1,36	24,23	1,00	0,76
1,09	16,02	2,77	0,61	0,89	44,67	3,97	0,83	0,89	1,62	16,25	3,88	0,78
0,81	17,25	1,26	0,72	1,13		11,87	0,39	0,77	1,25	12,89	0,37	0,83

**Patientengruppe 2**

Stenose der ACI links

CCRAVGIN	CCLAVGMF	CCLSTDMF	CCLAVGRE	CCLAVGIN	CCDIF	CERAVGMF	CERSTDMF	CERAVGRE	CERAVGIN	GELAVGMF	GELSTDMF	GELAVGRE
0,99	8,44	2,98	0,86	1,95		9,93	3,63	0,92	1,70	0,00	0,00	0,00
1,19	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	27,99	2,18	0,51
1,30	14,79	2,12	0,79	1,33		6,98	1,61	0,96	1,85	8,18	2,81	0,91
1,61	10,04	5,05	0,78	1,37		6,08	2,85	0,98	2,31	7,45	3,39	0,90
1,37	20,94	1,59	0,61	0,88		0,00	0,00	0,00	0,00	16,49	1,31	0,68
0,95	14,22	0,64	0,69	1,05		11,35	0,62	0,83	1,43	0,00	0,00	0,00
1,42	11,30	1,90	0,60	0,95		12,08	4,48	0,74	1,22	0,00	0,00	0,00
1,32	15,29	0,83	0,74	1,19		0,00	0,00	0,00	0,00	7,12	2,96	0,93
1,07	14,52	2,67	0,72	1,14		21,57	1,61	0,81	1,37	11,91	2,02	0,88
0,92	10,54	1,20	1,11	2,51	-63,21	6,26	1,32	0,94	1,80	5,75	0,81	0,85
0,83	13,74	1,68	0,85	1,51	-47,33	17,18	1,34	0,77	1,25	6,26	1,33	0,85
1,20	22,97	1,06	0,45	0,58	16,44	14,23	3,45	0,69	1,05	-14,67	0,67	0,66
0,96	15,39	0,67	0,76	1,23	-22,08	5,62	0,64	0,87	1,54	14,65	2,93	0,75
0,68	13,86	0,40	0,61	0,87	-8,23	4,25	0,33	0,94	1,77	4,38	3,29	0,62
1,05	12,63	1,13	0,61	0,87	41,38	7,93	0,42	0,89	1,61	18,39	1,61	0,70
0,72	15,49	0,54	0,57	0,81	-6,13	9,17	0,93	0,69	1,06	20,63	1,16	0,58
1,77	13,48	2,34	0,68	1,06	28,86	13,83	2,72	0,90	1,65	7,50	0,70	0,98

**Patientengruppe 3**

Stenose der ACI beidseits

CCRAVGIN	CCLAVGMF	CCLSTDMF	CCLAVGRE	CCLAVGIN	CCDIF	CERAVGMF	CERSTDMF	CERAVGRE	CERAVGIN	GELAVGMF	GELSTDMF	GELAVGRE
1,16	12,70	0,35	0,75	1,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,60	1,35	0,88
1,18	6,10	1,46	1,05	2,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,31	6,25	0,52	0,97	1,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,12	1,45	0,92
1,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,91	1,00	0,82
0,00	7,02	4,80	0,92	3,15	0,00	10,98	3,25	0,94	2,09	14,46	3,20	0,86
0,00	6,75	1,53	0,79	1,34	0,00	17,07	1,86	0,65	0,96	14,91	1,10	0,63
0,91	19,30	0,63	0,60	0,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,88	15,52	3,57	0,61	0,91	0,00	12,69	0,96	0,76	1,24	10,59	2,13	0,77
1,55	17,42	0,73	0,52	0,71	70,92	17,33	0,65	0,69	1,06	13,29	1,70	0,78
1,76	8,63	0,55	0,74	1,17	-12,39	0,00	0,00	0,00	0,00	14,21	3,68	0,65
0,72	7,90	0,70	0,94	1,76	113,28	0,00	0,00	0,00	0,00	27,36	9,10	0,83
0,34	0,00	0,00	0,00	0,00	200,00	16,31	2,31	0,72	1,12	28,05	1,21	0,68

**Patientengruppe 2**

Stenose der ACI Rechts

CELAVGIN	CEDIFF	CIRAVGMF	CIRSTDMF	CIRAVGRE	CIRAVGIN	CILAVGMF	CILSTDMF	CILAVGRE	CILAVGIN	CIDIF
1,88		0,00	0,00	0,00	0,00	18,91	0,89	0,50	0,66	0,00
0,83	13,39	0,00	0,00	0,00	0,00	25,18	2,50	0,47	0,63	200,00
1,75	11,54	0,00	0,00	0,00	0,00	33,64	3,04	0,69	1,06	200,00
1,58	-43,37	0,00	0,00	0,00	0,00	13,47	2,55	0,71	1,10	200,00
1,12	-6,03	0,00	0,00	0,00	0,00	39,80	2,31	0,57	0,80	200,00
1,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,55	0,56	0,50	0,68	0,00
1,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,64	1,10	0,58	0,83	0,00
1,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25,13	2,35	0,54	0,75	0,00
1,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25,92	1,05	0,48	0,64	0,00
5,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,20	2,18	0,68	1,05	0,00
0,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,81	1,13	0,92	1,69	0,00
0,93	200,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18,13	0,65	0,54	0,74	200,00
1,61	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,86	0,53	0,49	0,73	0,00
1,22	37,96	0,00	0,00	0,00	0,00	22,63	8,69	0,76	1,29	200,00
1,34	121,46	0,00	0,00	0,00	0,00	23,52	4,05	0,65	1,00	200,00
1,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25,92	1,05	0,48	0,64	0,00

**Patientengruppe 2**

Stenose der ACI links

CELAVGIN	CEDIFF	CIRAVGMF	CIRSTDMF	CIRAVGRE	CIRAVGIN	CILAVGMF	CILSTDMF	CILAVGRE	CILAVGIN	CIDIF
0,00	0,00	19,98	2,16	0,61	0,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,69		15,69	1,04	0,65	0,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,67		12,45	2,24	0,73	1,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,68	0,00	7,57	4,37	0,88	39,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,04	0,00	11,76	0,90	0,60	0,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	7,91	5,14	1,04	3,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	15,10	1,08	0,66	0,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,74	0,00	13,97	0,71	0,72	1,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,57	0,00	17,03	1,83	0,62	0,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,48	-8,49	15,50	3,69	0,59	0,83	9,30	0,92	0,60	0,87	106,53
1,51	-93,17	27,13	0,80	0,48	0,63	0,00	0,00	0,00	0,00	200,00
0,99	200,00	25,06	3,56	0,55	0,76	-17,72	0,90	0,64	0,94	200,00
1,21	89,10	15,52	1,03	0,46	0,59	0,00	0,00	0,00	0,00	200,00
1,10	3,01	24,96	0,90	0,41	0,52	0,00	0,00	0,00	0,00	200,00
1,08	79,48	12,45	0,93	0,59	0,83	0,00	0,00	0,00	0,00	200,00
0,81	76,91	15,63	1,12	0,41	0,51	0,00	0,00	0,00	0,00	200,00
1,92	-59,35	21,17	0,97	0,62	0,89	0,00	0,00	0,00	0,00	200,00

**Patientengruppe 3**

Stenose der ACI beidseits

CELAVGIN	CEDIFF	CIRAVGMF	CIRSTDMF	CIRAVGRE	CIRAVGIN	CILAVGMF	CILSTDMF	CILAVGRE	CILAVGIN	CIDIF
1,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25,13	2,35	0,54	0,75	0,00
1,29	-26,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,98	200,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,43	200,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,03	52,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Diagramm 1

### **Verteilung des Meanflow der ACC in der Kontrollgruppe**

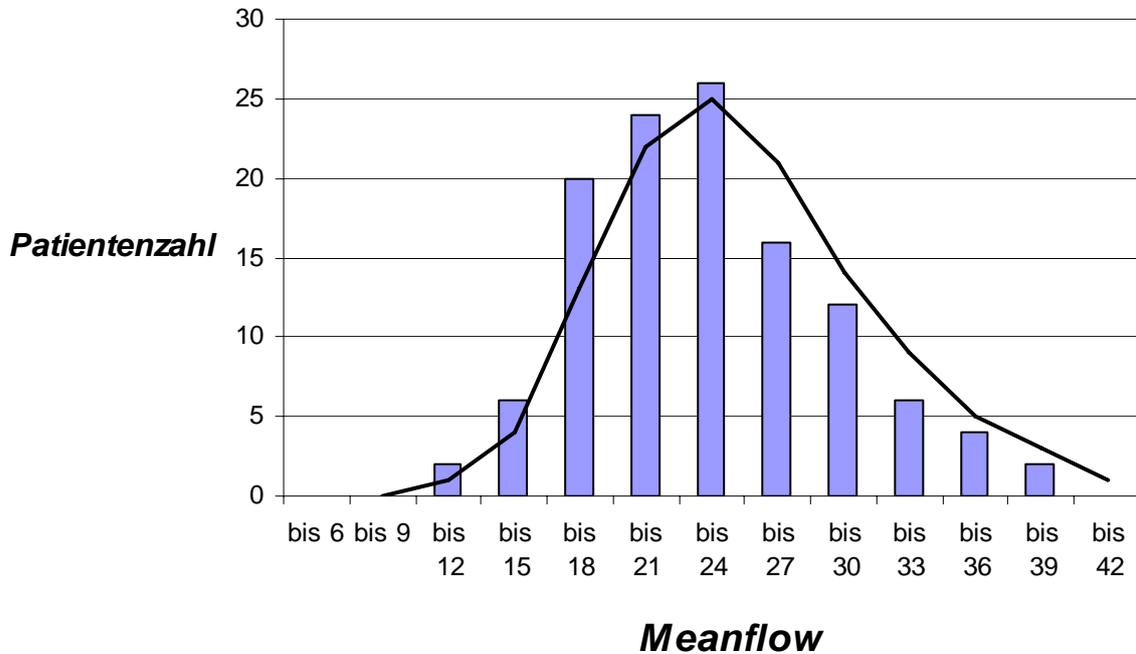


Diagramm 2

### **RR gesunder Pat. in Abh. v. Alter**

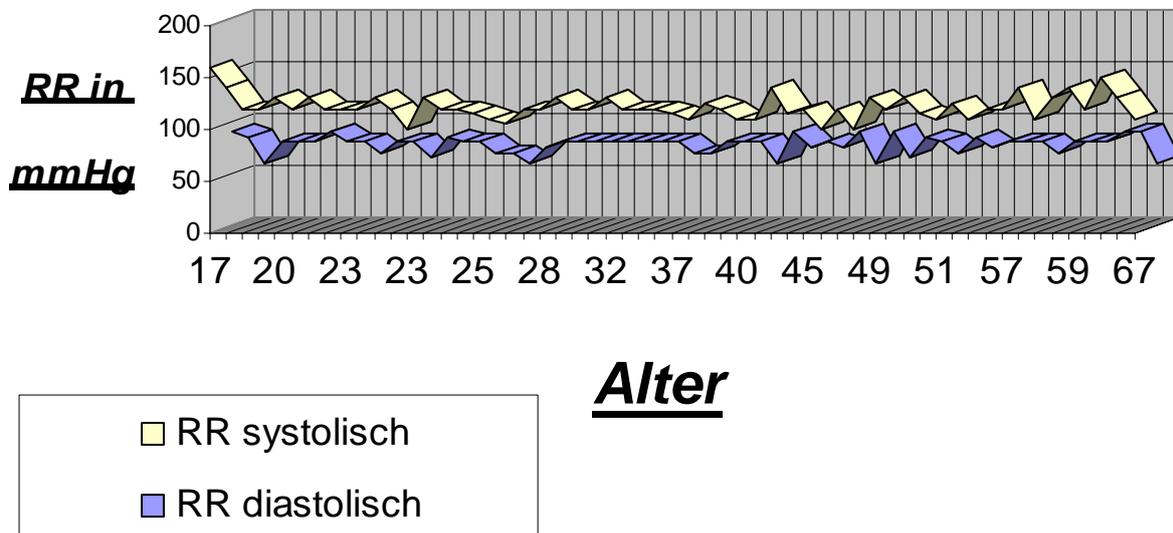


Diagramm 3

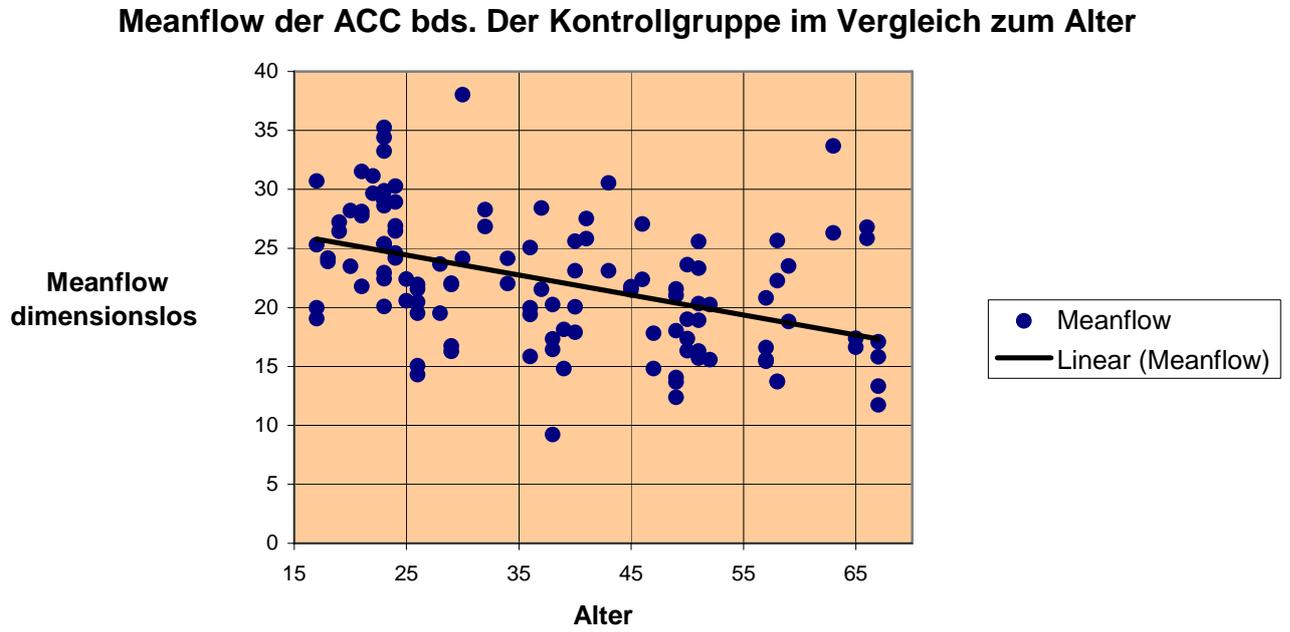


Diagramm 3 a

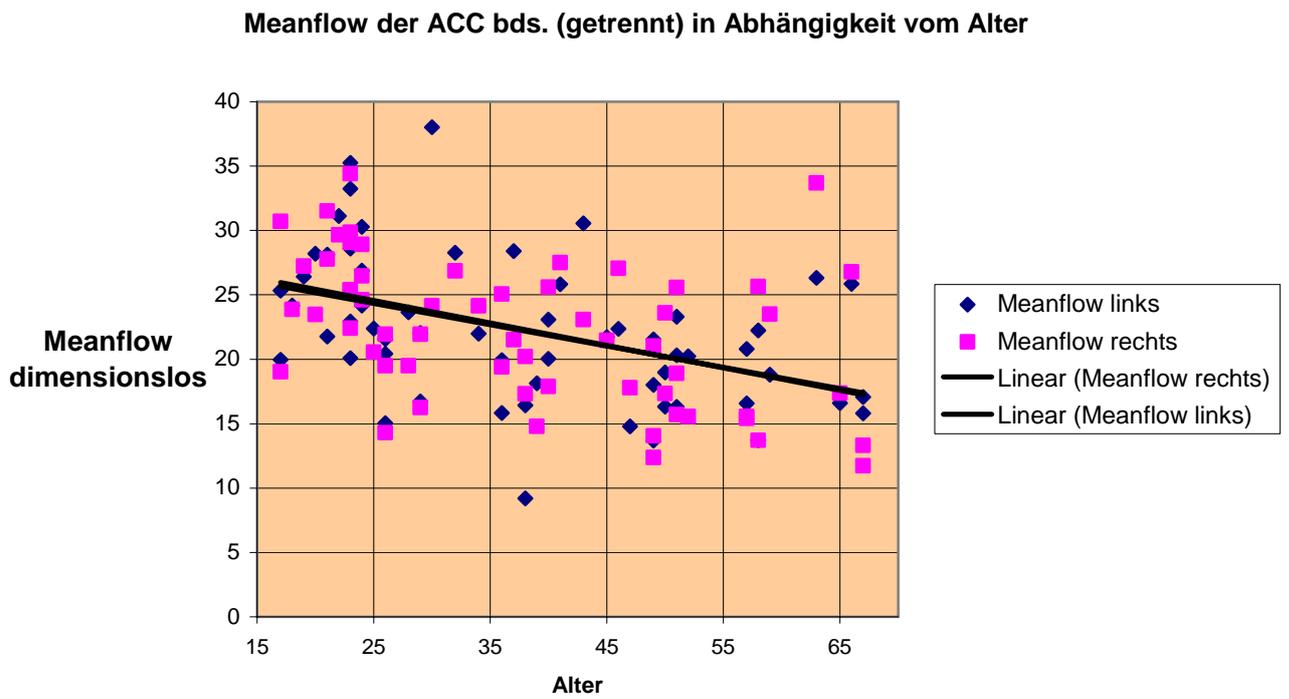


Diagramm 4

**Meanflow der ACE. und ACI. bds. der Kontrollgruppe im Vergleich zum Alter**

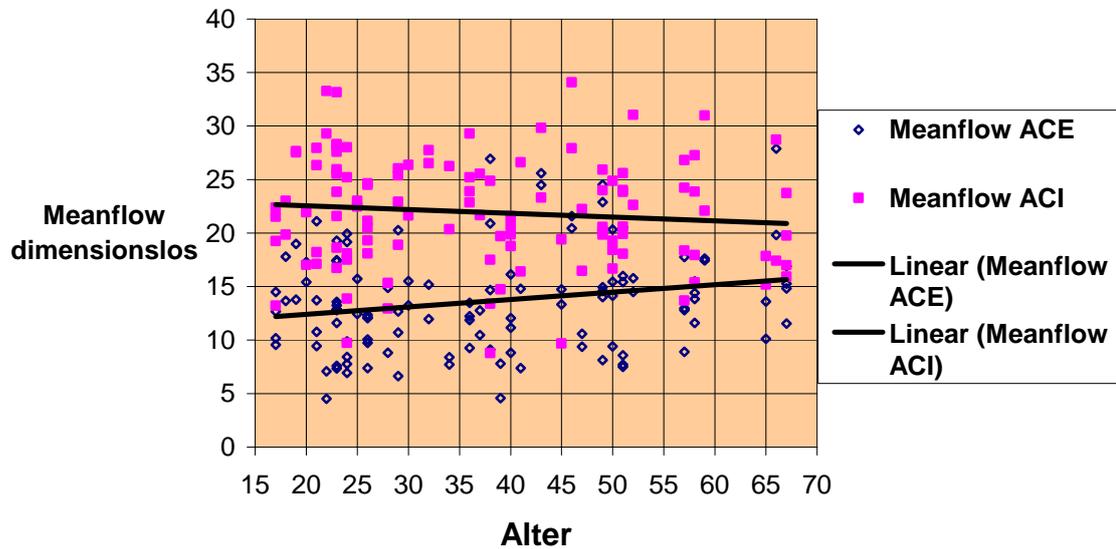


Diagramm 5

**Meanflow der jeweils schwächeren Arterie (re. od li) der ACC der Kontrollgruppe in Abhängigkeit vom Alter**

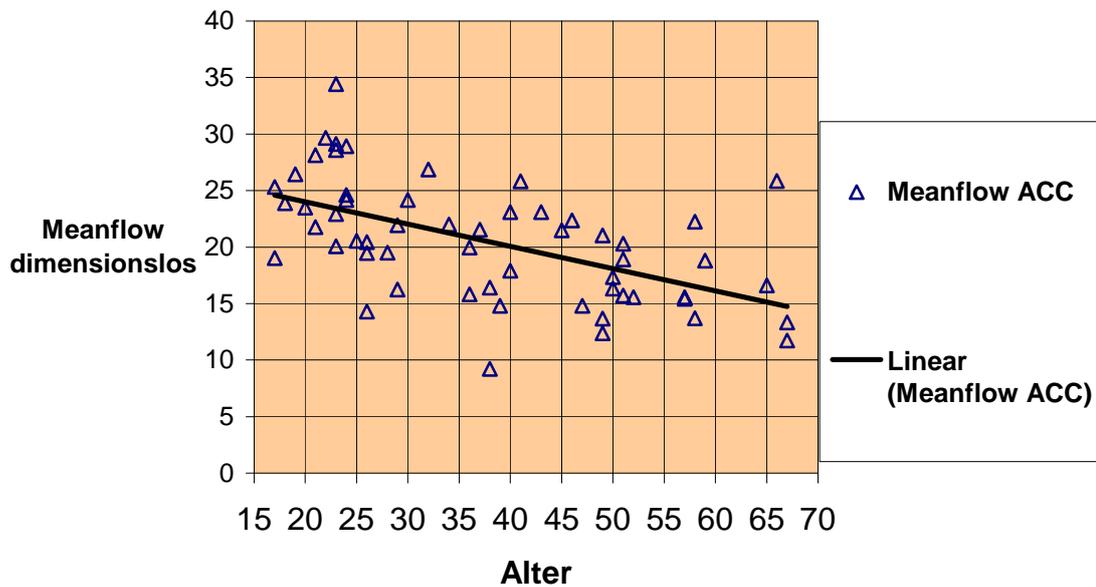


Diagramm 6

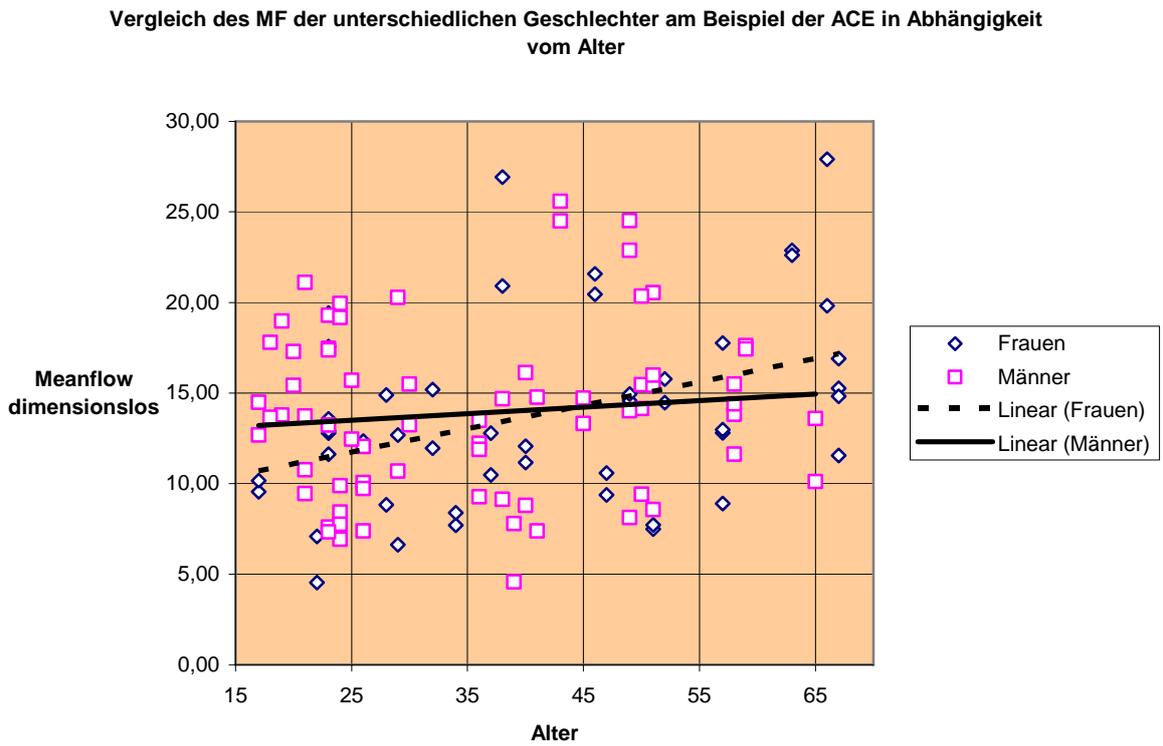


Diagramm 7

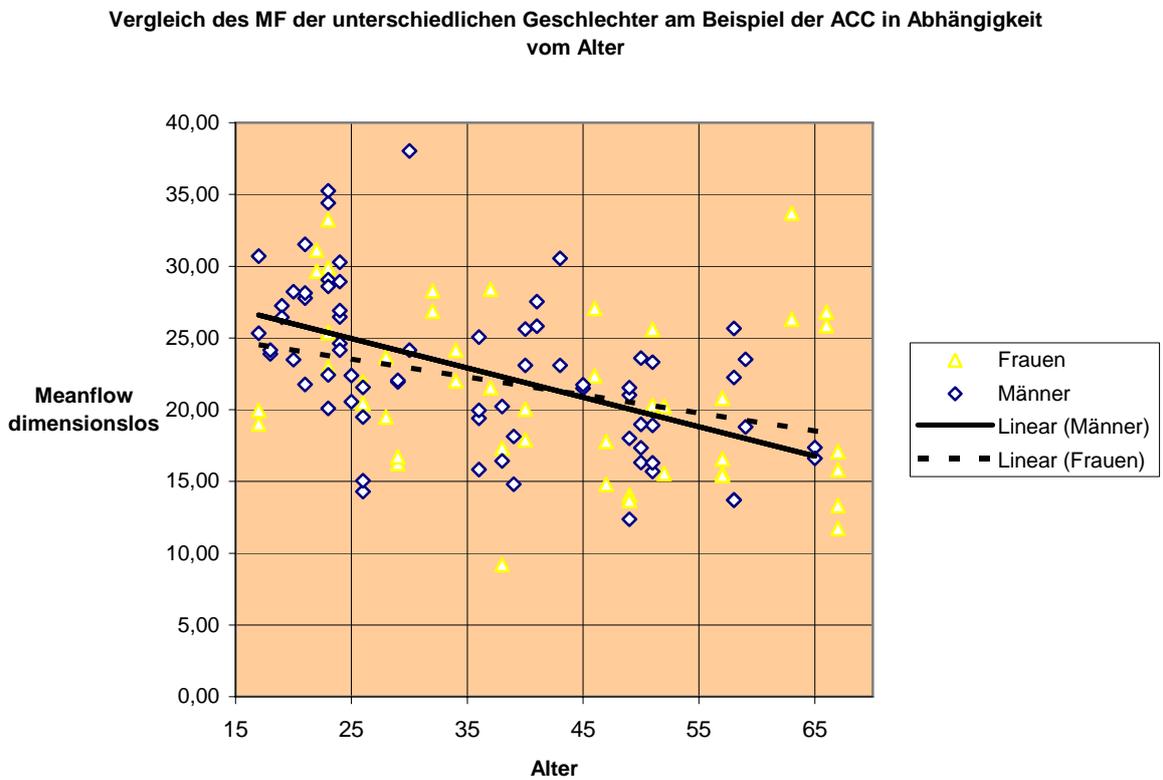


Diagramm 8

**Meanflow der ACC bds. Der Patientengruppe 1 und der Kontrollgruppe im Vergleich**

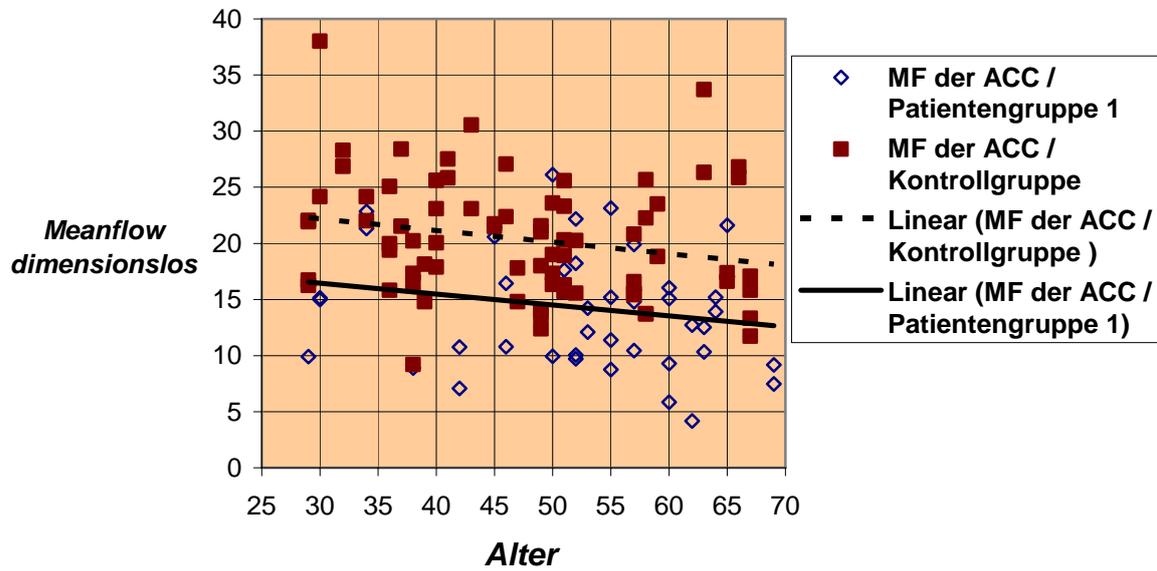


Diagramm 9

**Meanflow der jeweils schwächeren ACC der Kontrollgruppe und der Patientengruppe 1**

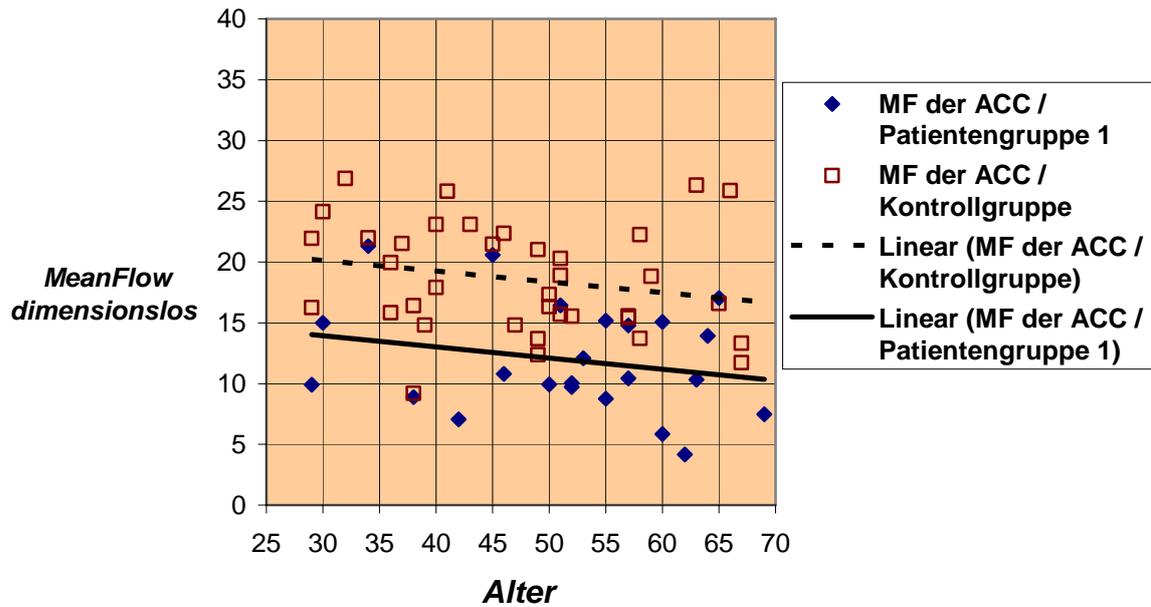


Diagramm 10

**Meanflow der ACI der Patientengruppe 1 und der Kontrollgruppe (Alter 29-69) im Vergleich der jeweils geringer durchbluteten Arterie**

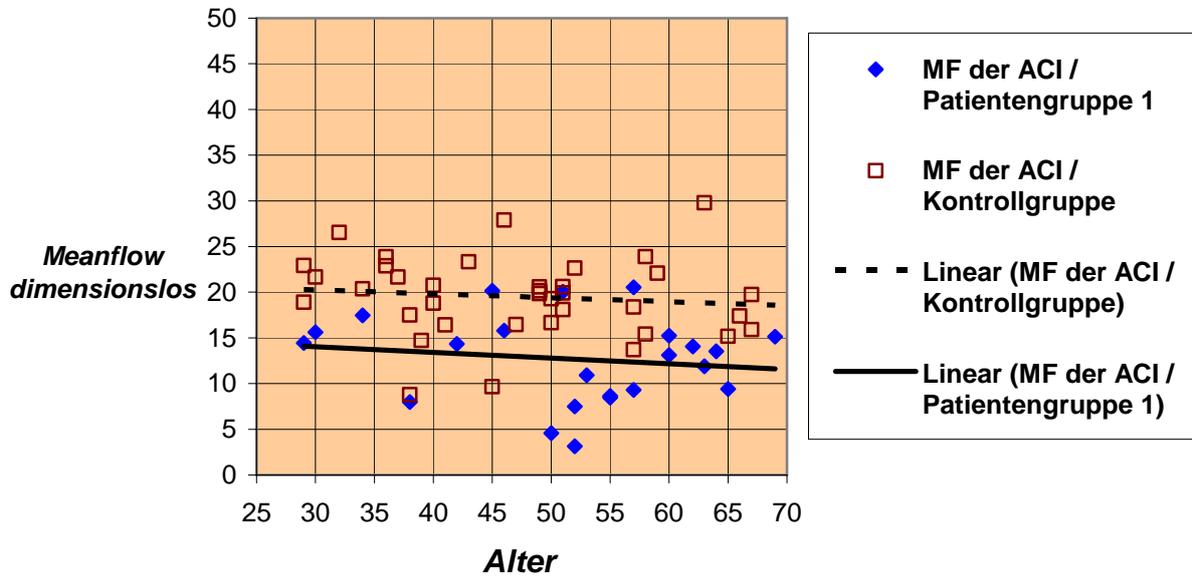


Diagramm 11

**Meanflow der ACE der Patientengruppe 1 und der Kontrollgruppe (Alter 29 -69) im Vergleich der jeweils geringer durchbluteten Arterie**

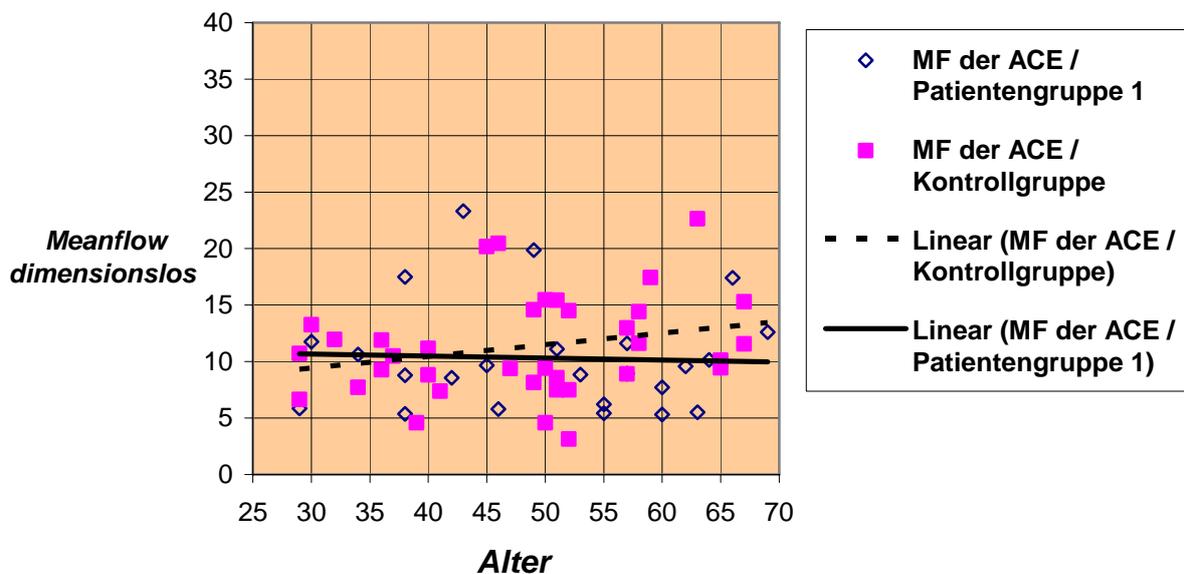


Diagramm 12

**Resistance der Carotiden aus der Kontrollgruppe  
im Vergleich zum Alter**

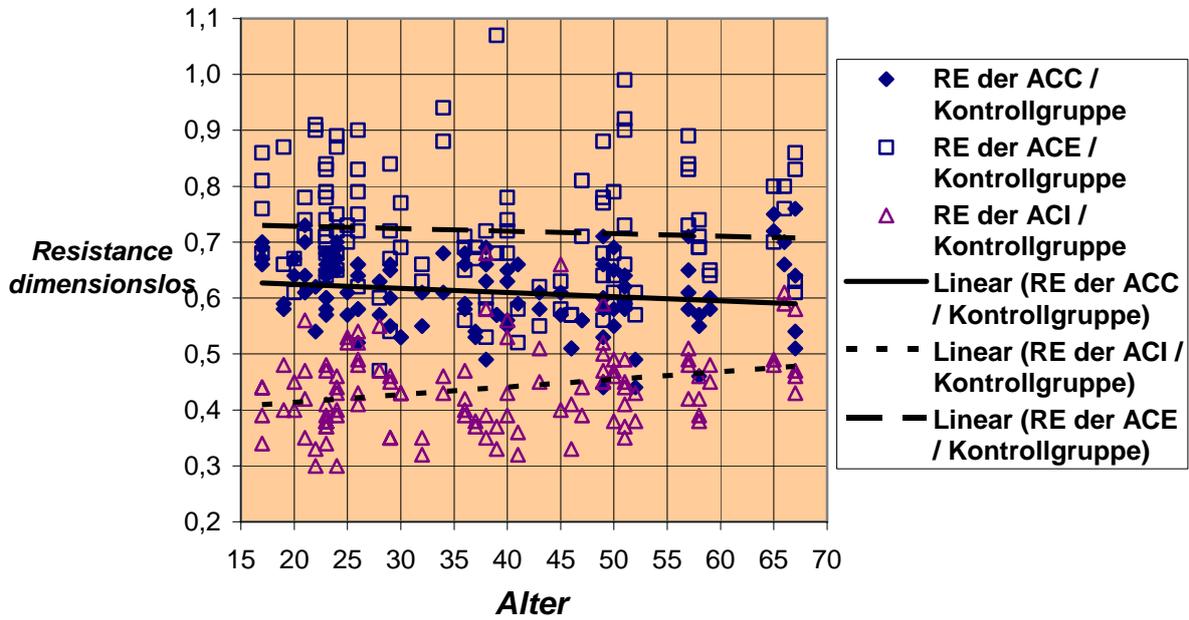


Diagramm 13

**Pulsation der Carotiden aus der Kontrollgruppe  
im Vergleich zum Alter**

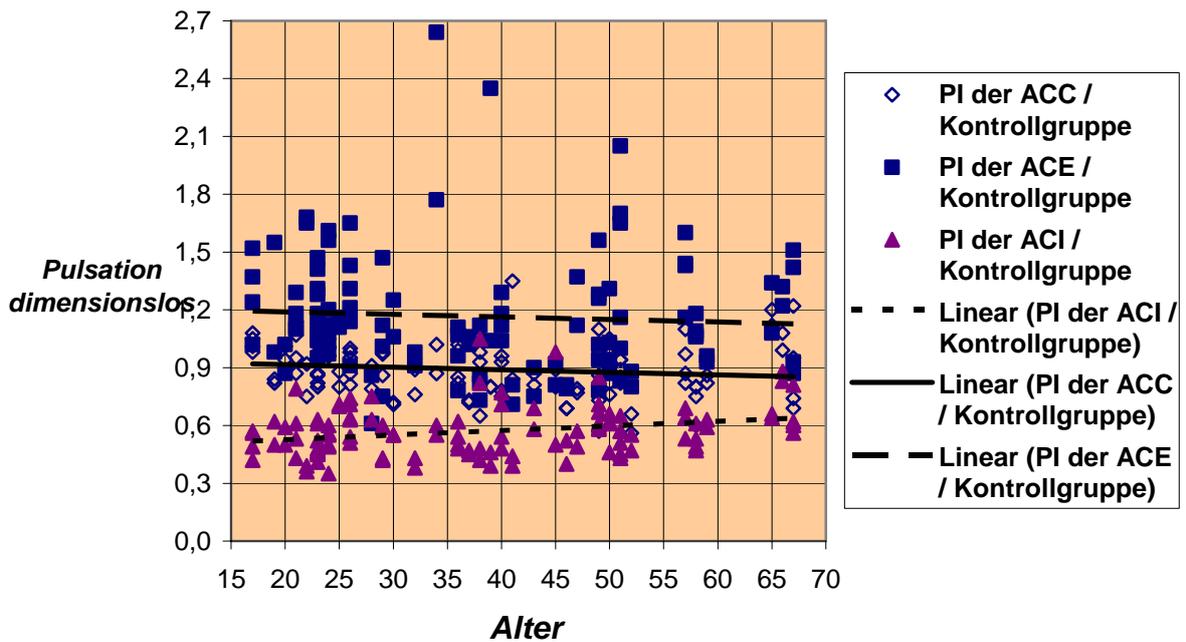


Diagramm 14

**Resistance der ACC aus der Patientengruppe 1 und der Kontrollgruppe (Alter 29 - 69) im Vergleich**

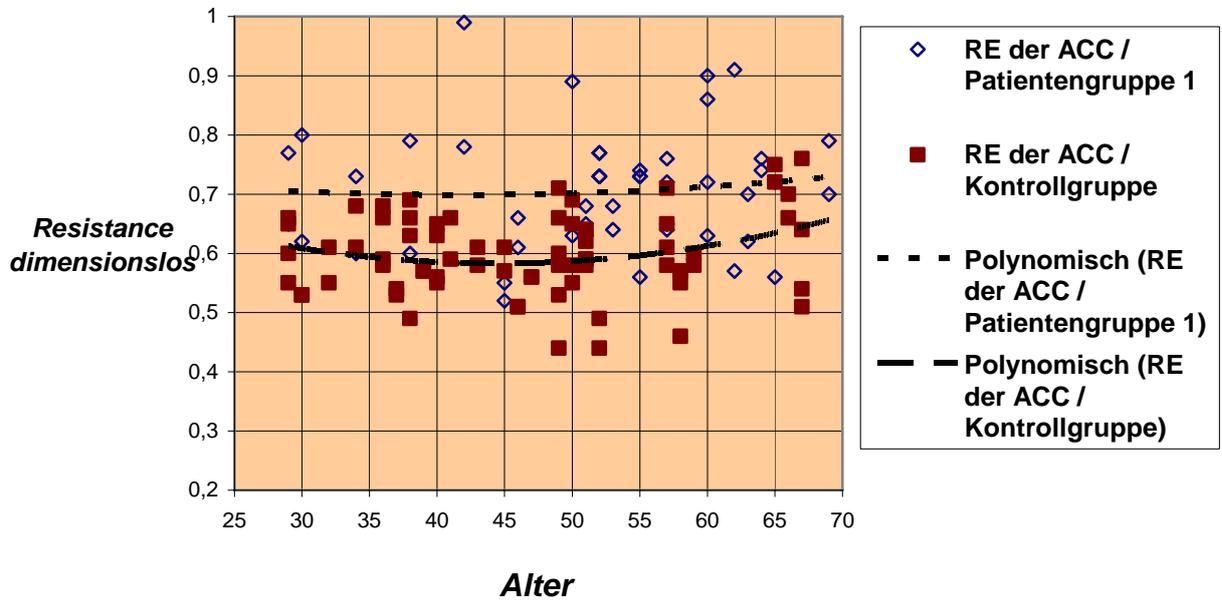


Diagramm 15

**Resistance der ACC aus der Patientengruppe 1 und aus der Kontrollgruppe (Alter 29 - 69) im Vergleich der jeweils geringer durchbluteten Arterie**

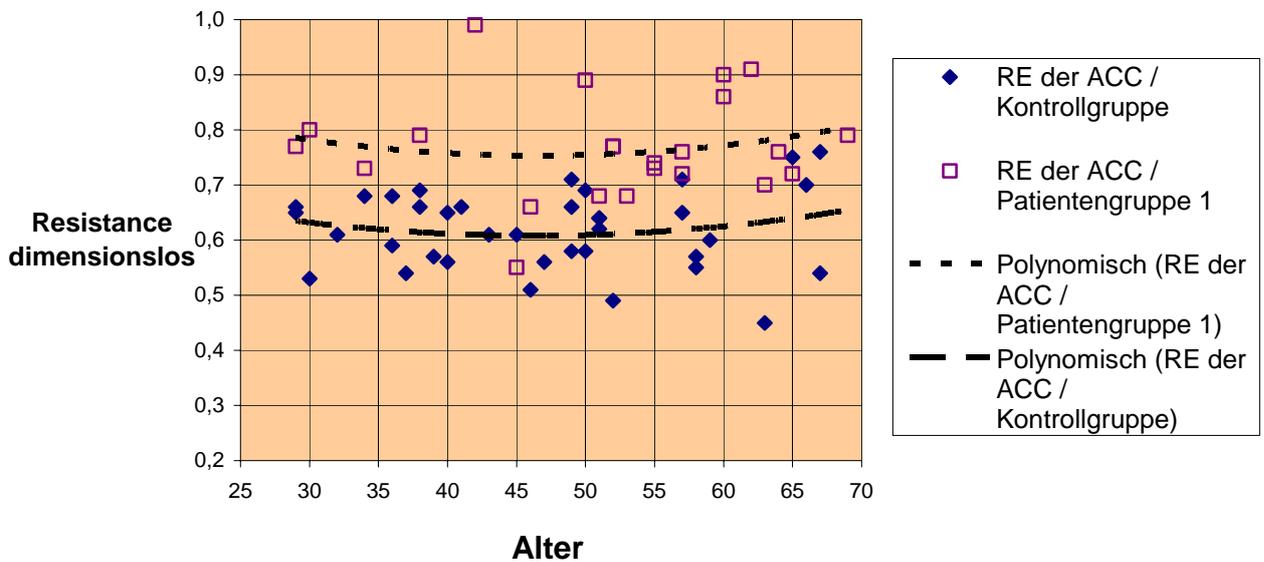


Diagramm 16

**Resistance der ACI aus der Patientengruppe 1 und der Kontrollgruppe (Alter 29 - 69) im Vergleich der jeweils geringer durchbluteten Arterie**

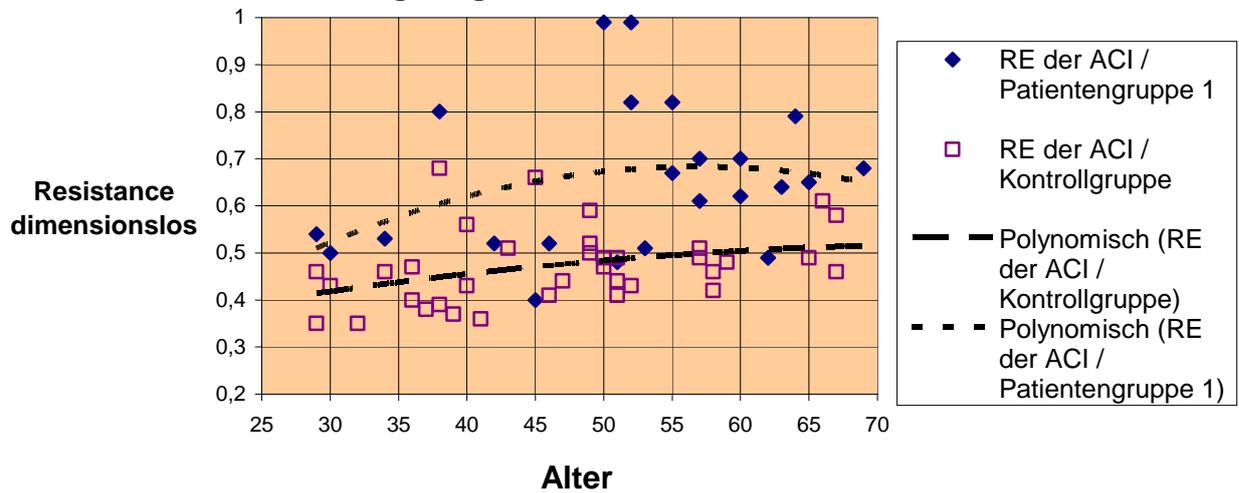


Diagramm 17

**Resistance der ACE aus der Patientengruppe 1 und der Kontrollgruppe (Alter 29 - 69) im Vergleich der jeweils geringer durchbluteten Arterie**

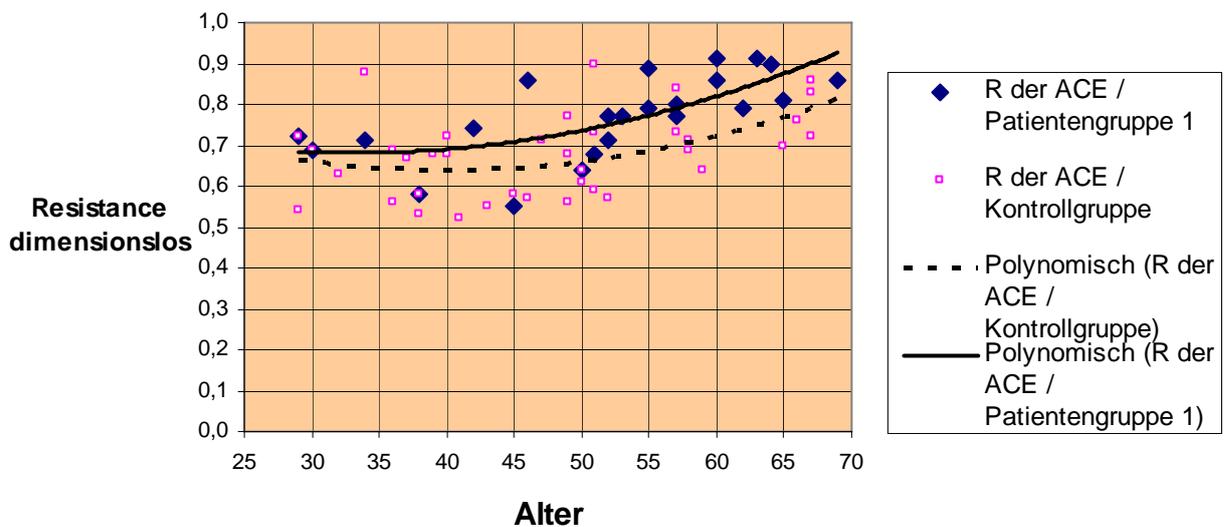


Diagramm 18

**Meanflow der ACC aus der Patientengruppe 1 und der Kontrollgruppe im Vergleich zum Meanflow der ACC der jeweils gesunden Seite von CISTLI und CISTRE (Alter 40 -70)**

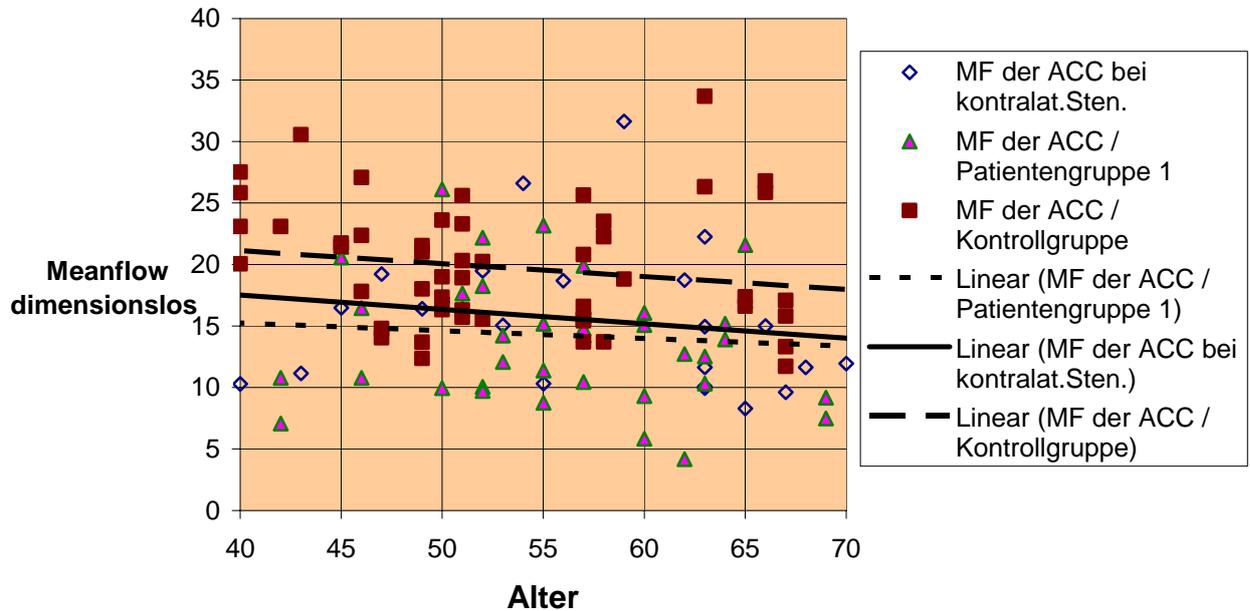


Diagramm 19

**Meanflow der ACI aus der Patientengruppe 1 und der Kontrollgruppe im Vergleich zum Meanflow der gesunden Seite der ACI aus der Patientengruppe 2 (Alter 40 - 70)**

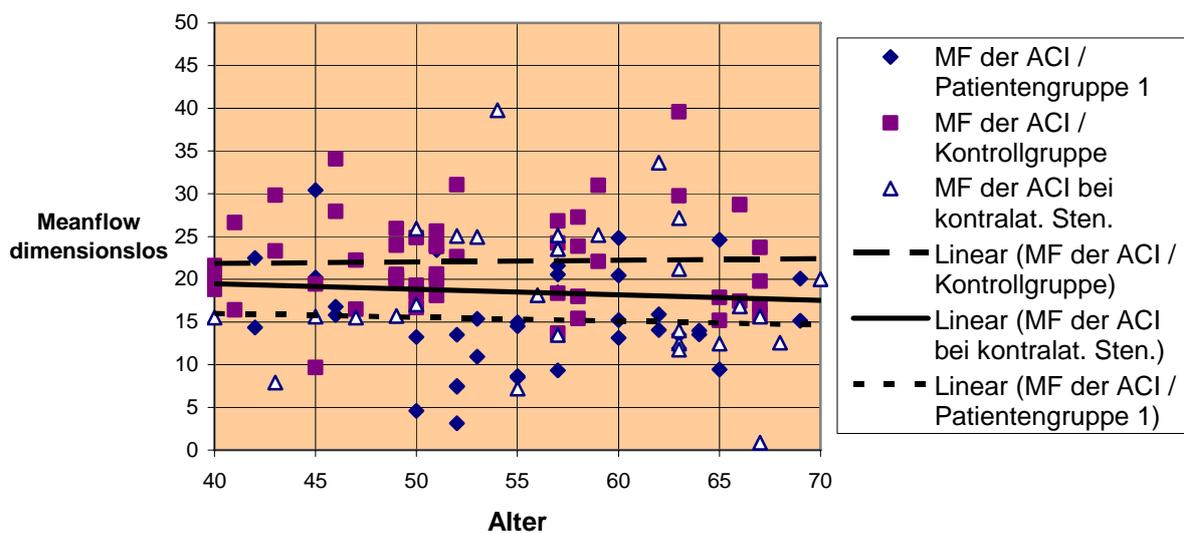


Diagramm 20

**Meanflow der ACE aus der Patientengruppe 1 und der Kontrollgruppe im Vergleich zum Meanflow der ACE der gesunden Seite der ACE aus der Patientengruppe 2 (Alter 40 - 70 )**

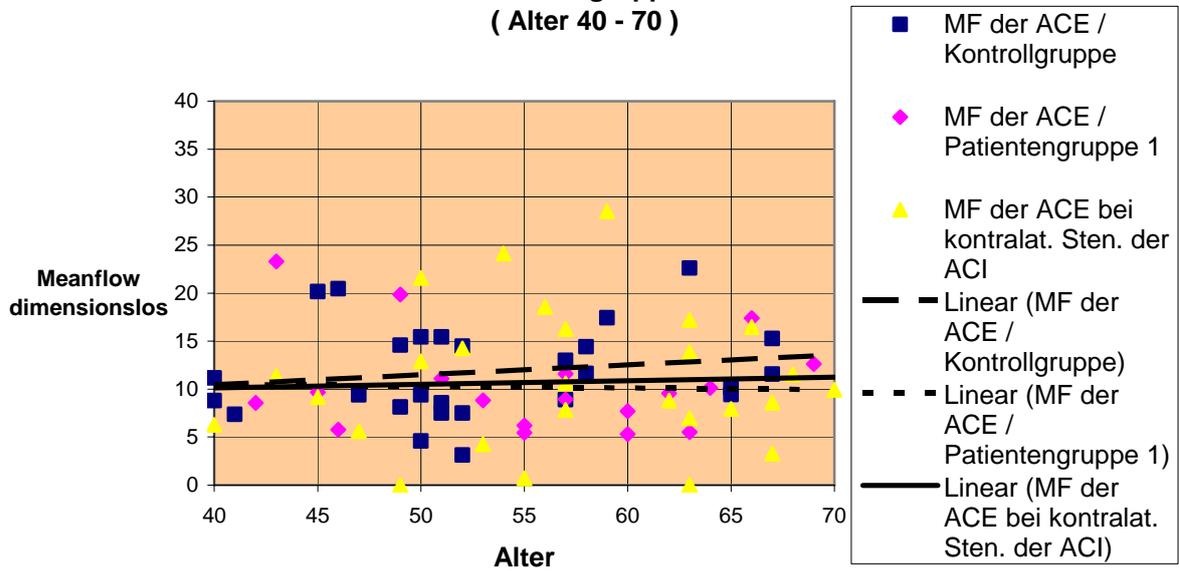


Diagramm 21

**Resistance der ACC aus der Patientengruppe 1 und der Kontrollgruppe im Vergleich zur Resistance der ACC der gesunden Seite der ACC aus der Patientengruppe 2 (Alter 40 - 70 )**

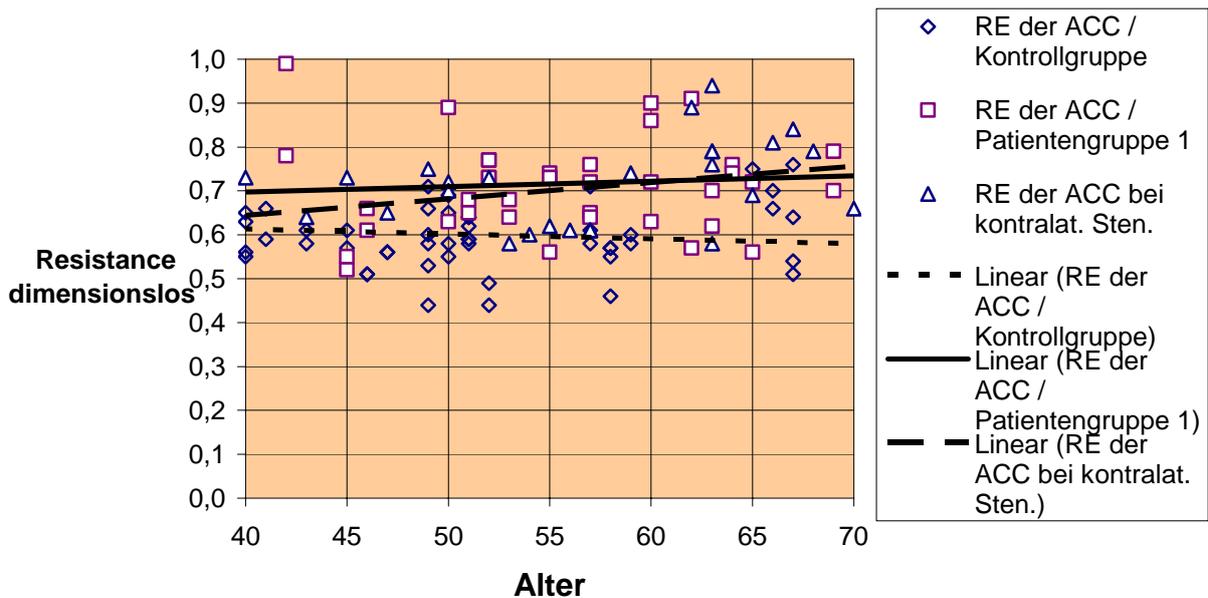


Diagramm 22

**Resistance der ACI aus der Patientengruppe 1 und der Kontrollgruppe im Vergleich zur Resistance der gesunden Seite der ACI aus der Patientengruppe 2 (Alter 40 - 70)**

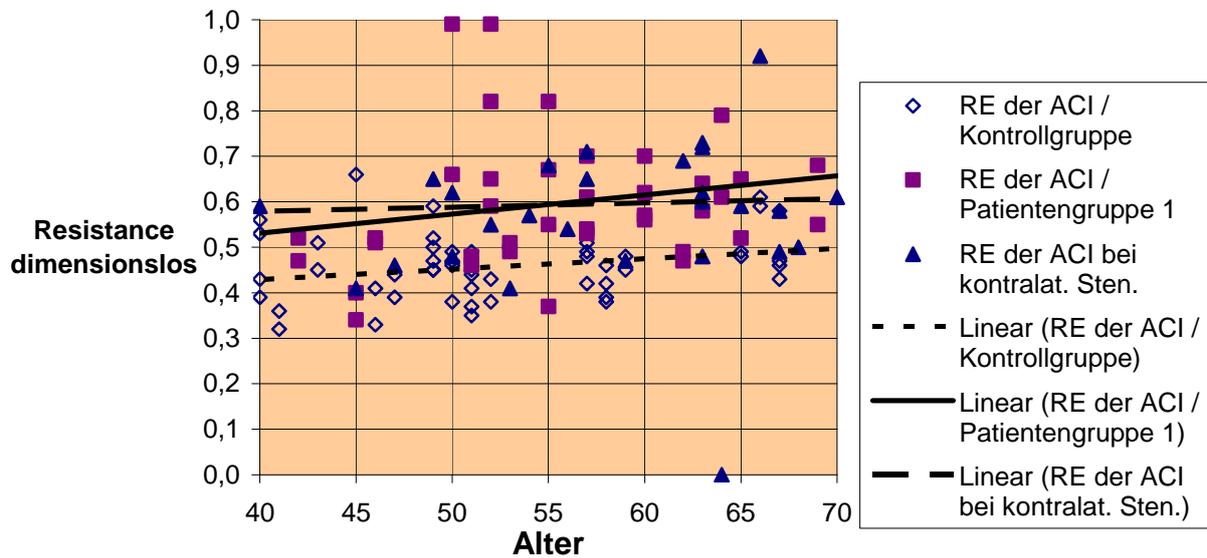


Diagramm 23

**Resistance der ACE aus der Patientengruppe 1 und der Kontrollgruppe im Vergleich zur Resistance der gesunden Seite der ACE aus der Patientengruppe 2 (Alter 40 - 70)**

