

Abteilung für Gefäßchirurgie, Chirurgische Klinik der
Technischen Universität München, Klinikum rechts der Isar
(Vorstand: Univ.- Prof. Dr. P.C. Maurer)

Präoperatives Training und präoperative objektive Evaluation von Armvenen vor Anlage einer AV-Fistel zur Hämodialyse

Stephanus **Saam**

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Medizin der Technischen
Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktors der Medizin
genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.- Prof. Dr. D. Neumeier

Prüfer der Dissertation:

1. apl. Prof. Dr. K. St. von Sommogy und Erdödy
2. Univ.-Prof. Dr. P. C. Maurer

Die Dissertation wurde am 20.12.2000 bei der Technischen Universität
München eingereicht und durch die Fakultät für Medizin am 16.05.2001
angenommen

INHALTSANGABE

	Seite	
1	Einführung	3
1.1	Historischer Rückblick	3
1.2	Operative Möglichkeiten bei der Erstanlage von Hämodialyse-Shunts	5
1.2.1	Unterarmfisteln	5
1.2.2	Ellenbeugenfisteln	7
1.2.3	Oberarmfisteln	7
1.3	Dialyse – Statistische Übersicht	8
1.4	Grundproblematik in der Dialysehunt-Chirurgie	10
1.5	Aufgabenstellung	11
2	Probanden, Methode und Meßgeräte	12
2.1	Geräte	12
2.1.1	Farbkodiertes Duplex-Sonographiegerät	12
2.1.2	Venenverschlußplethysmographie - VVP	14
2.2	Probanden	15
2.3	Meßmethoden	16
2.3.1	Gemessene Parameter	16
2.3.2	Untersuchung mit dem Ultraschallgerät	18
2.3.2.1	Untersuchung der Venendurchmesser	18
2.3.2.2	Technische Durchführung der Messung der maximalen systolischen Strömungsgeschwindigkeit (PSV)	22
2.3.3	Untersuchung mit der Venenverschlussplethysmographie (VVP)	22
2.3.3.1	Technische Durchführung	22
2.3.3.2	Auswertung der abgeleiteten VVP-Kurven	25
2.4	Studien-Design	27

3	Ergebnisse	28
3.1	Ergebnis der Durchmesserbestimmung der Venen	28
3.2	Ergebnis der Messung der max. systolischen Geschwindigkeit	42
3.3	Ergebnis der VVP-Messungen	54
4	Diskussion	70
4.1	Kritische Bewertung der eigenen Messergebnisse unter Aufzeigen der Schwachstellen und Fehlermöglichkeiten	70
4.1.1	Fehlermöglichkeiten bei der Ultraschalluntersuchung	70
4.1.2	Fehlermöglichkeiten im Rahmen der VVP-Messung	71
4.1.3	Schwachstellen im Studien-Design	73
4.2	Darstellung und Interpretation der Messergebnisse	75
4.2.1	Messergebnisse bei der Venendurchmesserbestimmung	75
4.2.2	Messergebnisse der maximalen systolischen Flussgeschwindigkeit	78
4.2.3	Erörterung der Messergebnisse des arteriellen Einstroms und der venösen Kapazität	78
4.2.4	Erörterung der Messergebnisse der Abstromkapazität und des venösen Abstroms	79
4.2.5	Zusammenfassung der Ergebnisinterpretation	81
4.3	Diskussion der Ergebnisse mit bisher veröffentlichten Arbeiten	81
4.4	Klinische Konsequenz	83
5	Zusammenfassung	84
6	Literaturverzeichnis	85
7	Abbildungsverzeichnis	93
8	Verzeichnis über Abkürzungen	95
9	Dankvermerk	96

1 Einführung

1.1 Historischer Rückblick der Hämodialyse-Behandlung

Der Begriff der künstlichen Niere wurde erstmals von ABEL, ROUNTRY und TURNER (1) von der John Hopkins University 1913 in Baltimore geprägt. Damals wurde über eine arterielle Kanüle das Blut bei einem Tierversuch an Kolloidmörchchen (Nitrozellulose) angeschlossen und über eine andere Kanüle in das Venensystem der Tiere zurückgeleitet. Die Autoren äußerten bereits damals die Hoffnung, in Zukunft Patienten bei nephrologischen Notfällen, wie z.B. bei einem akuten Nierenversagen, helfen zu können.

Der Holländer KOLFF (2) entwickelte in den dreißiger und vierziger Jahren die sogenannte rotierende Trommelniere („rotating drum“), mit der zwischen 1943 und 1945 17 Patienten mit akutem Nierenversagen behandelt wurden. Außerdem gelang es ihm, die Dialysebehandlung von einer fraktionierten zu einer kontinuierlichen, bis zu 6 Stunden dauernden Dialyse weiterzuentwickeln. Trotz kontinuierlicher Weiterentwicklung der Dialyseapparate und der Dialysemembranen war ein langfristiger Organersatz bei bestehender chronischer Niereninsuffizienz durch das Problem des Gefäßzugangs bis Anfang der sechziger Jahre limitiert.

Hier erfolgte der Durchbruch durch QUINTON, DILLARD und SCRIBNER (3). Die Anlage des sogenannten Scribner-Shunts erfolgte am Unterarm mit einem konisch zulaufenden Teflonrörchchen.

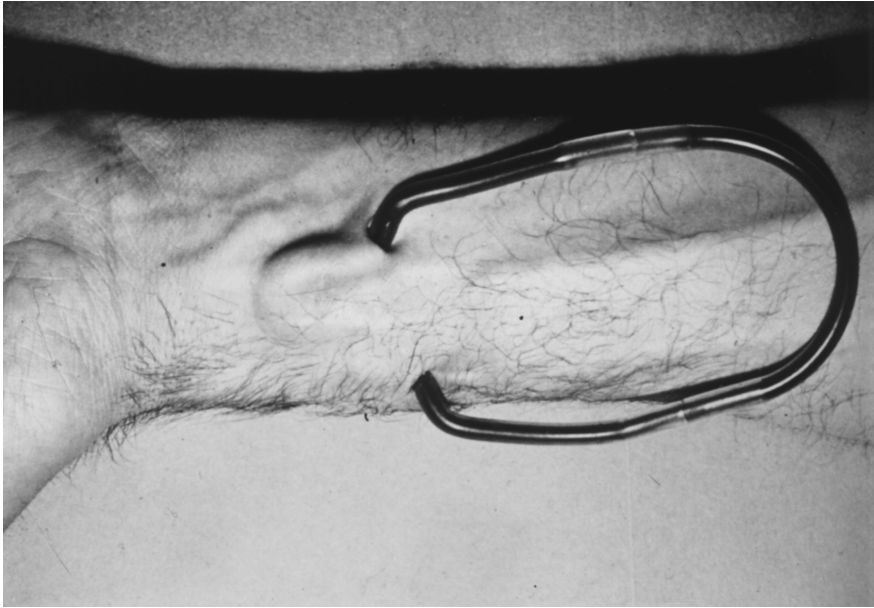


Abb.1: Scribner Shunt in situ

Dieses wurde in die Arteria radialis und die Vena cephalica implantiert und über einen Verbindungsschlauch aus Teflon oder Silicon-Kautschukmaterial durch zwei kleine Hautinzisionen nach außen geleitet. Zwischen den Dialysebehandlungen wurden die beiden Schläuche durch eine Kupplung miteinander verbunden. Die Revision dieses Shunt musste jedoch alle 6 – 12 Monate erfolgen. Die Hauptkomplikationen waren eine sehr häufige Thrombosierung, Intimaproliferation und Infektion.

Die entscheidende Erfindung war jedoch die Anlage einer subkutanen arteriovenösen Fistel am Unterarm durch BRESCIA und CIMINO (4) 1966. Die Cimino-Fistel setzte sich im Laufe der Jahre als golden standard durch und erfuhr im Laufe der Jahre zahlreiche Modifikationen.

1.2 Operative Möglichkeiten bei der Erstanlage von Hämodialyse-Shunts

1.2.1 Unterarmfisteln

Cephalica-Fisteln:

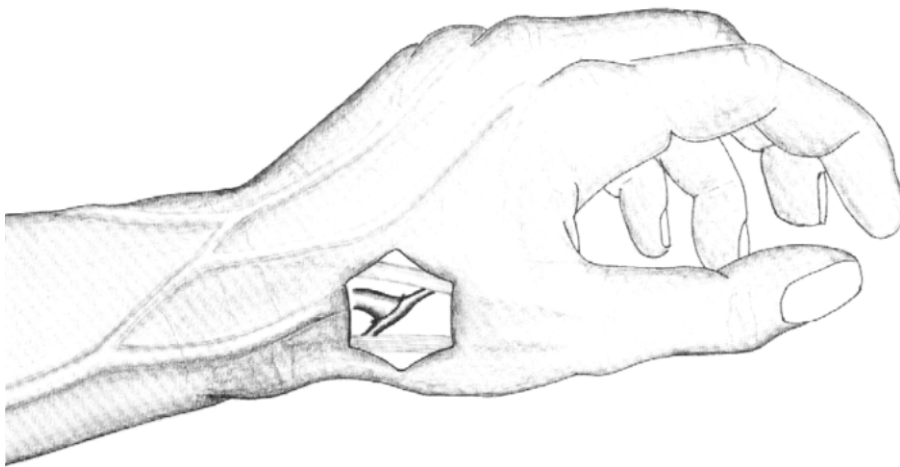


Abb. 2: Tabatierenfistel (Snuff box Fistel)

Als die am Unterarm kaliberstärkste Vene bietet die Vena cephalica eine Vielzahl möglicher Anschlussmöglichkeiten. Die am weitesten distal gelegene ist die sogenannte Snuff box Fistel (Tabatièrenfistel). Die Vorzüge liegen hier in der langen Punktionsstrecke am Unterarm.

Die Verbindung der V. cephalica mit der Arteria radialis proximal des Handgelenkes, die Brescia-Cimino-Fistel, stellt die häufigste Anlagevariante dar. Diese Fistel ist in der Regel für viele Jahre stabil und bietet ebenfalls eine lange Punktionsstrecke am gesamten Unterarm, teilweise auch bis in den Oberarm reichend. Als Variante ist noch die proximale Cephalica-Fistel am Unterarm zu nennen, meist als Folgeeingriff nach Stenose oder Verschluss der Anastomose

einer Tabatièren- oder Brescia-Cimino-Fistel, bei noch gut erhaltener und gut ausgebildeter weiterführender Vene.

Basilica-Fistel:

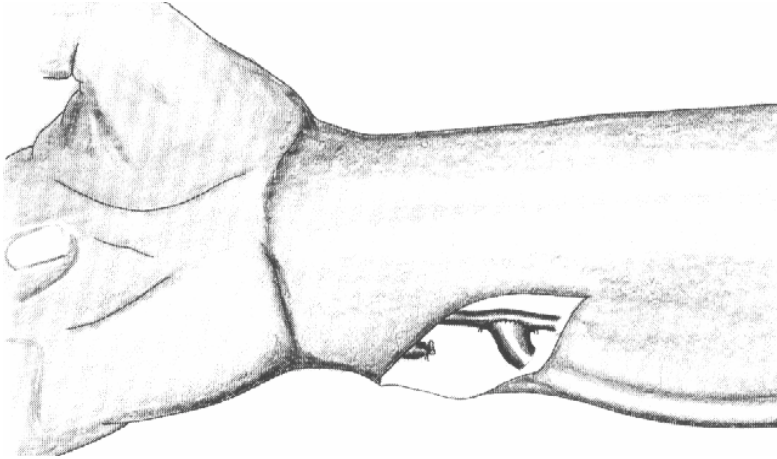


Abb. 3: Distale Basilicafistel

Bei gut ausgebildeter Vena basilica und schlecht ausgebildeter Vena cephalica, auch bei Verschuß von Cephalica-Fisteln, bietet sich die distale und proximale Basilica-Fistel an. Es handelt sich hierbei um einen Dialysezugang der II. Wahl. Die Vene ist meist kaliberschwach, außerdem bedingt die dorsale Lokalisation der Vene eine erschwerte Punktion und Lagerung bei der Dialyse. Die Vena basilica wird dabei in der Regel an die Arteria ulnaris anastomosiert. Als Variante, bei ausreichend vorhandener Venenstrecke, bietet sich an, die Anastomose an der Arteria radialis durchzuführen. Bei dieser Fistelanlagen ist neben einer tastbaren Arteria radialis, bzw. Arteria ulnaris eine gut ausgebildete Vena basilica eine dringende Voraussetzung für das Gelingen.

1.2.2 Ellenbeugenfisteln

Die Indikation einer Ellenbeugenfistel stellt sich erst dann, wenn die Möglichkeiten zur Shuntanlage am Unterarm erschöpft oder wegen schlecht ausgebildeter Venen primär nicht erfolgsversprechend erscheinen. Als arterielle Anschlüsse stehen hier die Arteria brachialis sowie die Arteria radialis und A. ulnaris zur Verfügung. Als Venen eignen sich hier wie am Unterarm die Vena cephalica und die Vena basilica, sowie, je nach Ausbildungsgrad, die Vena mediana cubiti, als auch eine sich hier häufig befindende Perforansvene. Der Vorteil der Ellenbeugenvenen liegt darin, dass diese sich rasch dilatieren und sie sich deshalb rasch punktieren lassen. Die Nachteile dieser Fisteln liegen in der kurzen Punktionsstrecke am Oberarm und der Gefahr einer progredienten Herzinsuffizienz, weswegen dieser Dialysezugang ebenfalls nur II. Wahl ist.

1.2.3 Oberarmfisteln

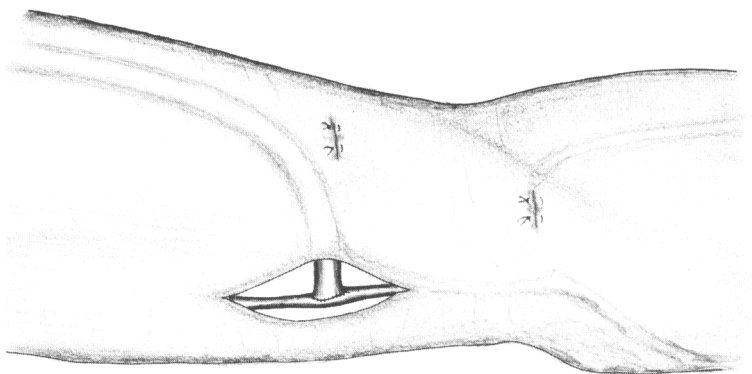


Abb. 4: Cephalicafistel am Oberarm

Bei sehr schlechten Venenverhältnissen bietet sich als letzte Möglichkeit die Fistelanlage am Oberarm an. Die Nachteile sind identisch mit denen der Ellenbeugenfisteln mit kurzer Punktionsstrecke. Bei geeigneter Vena cephalica sollte hier zuerst die Anlage einer Cephalica-Fistel versucht werden. Besteht diese

Voraussetzung nicht, so kann hier am Oberarm die Vena basilica an die Arteria brachialis anastomosiert werden, mit anschließender Vorverlagerung.

Als Resümee lässt sich sagen, dass die günstigsten Voraussetzungen für einen guten Hämodialysezugang die möglichst distal angelegte AV-Fistel bietet. Der Erfolg einer solchen Operation ist ohne Zweifel mit einem guten Ausbildungsgrad der Vena cephalica bzw. Vena basilica schicksalhaft verknüpft.

1.3 Dialyse - Statistische Übersicht

Die folgenden Daten wurden von einer Projektgruppe „Qualitätssicherung in der Nierenersatztherapie in Deutschland 1996“ erhoben. Es handelt sich dabei um Daten von 1995 (19). Die Veröffentlichung der Daten erfolgte im Buch „Dialyse-Shunts“ (7).

Damals gab es in Deutschland 809 Dialyse-Zentren, 10 Zentren je 1 Million Einwohner. Dabei hatte ein Dialysezentrum im Durchschnitt 19 Hämodialyseplätze. Die Prävalenz entspricht 511 Patienten pro 1 Million Einwohner.

Im Jahre 1995 wurden 11.731 Patienten neu in die chronische Dialysebehandlung aufgenommen, was 145 Patienten pro 1 Million Einwohner entspricht.

Das Durchschnittsalter der Patienten, die neu in das chronische Dialyseprogramm eingetreten sind, beträgt in der Bundesrepublik 60 Jahre.

Anteile der verschiedenen Grundkrankheiten, die bei den letzten 150 Patienten im Laufe der Jahre 1994 – 1996 zum Beginn einer chronischen Dialysebehandlung im Raum Erfurt geführt haben (5).

Abb. 5: Prozentuale Verteilung der Grunderkrankungen die zur Dialysepflichtigkeit geführt haben.

- 1 Diabetische Nephropathie
- 2 Glomerulonephritiden
- 3 Chronische Niereninsuffizienz unklarer Genese
- 4 Vaskuläre Nephropathie
- 5 Analgetika-Nephropathie
- 6 Vaskulitiden
- 7 Zystenniere
- 8 Übrige Ursachen (Tumornephrektomie, Amyloidose u.ä.)

1.4 Grundproblematik in der Dialyseshunt-Chirurgie, mit Darstellung der möglichen Früh- und Spätkomplikationen

Die besten Langzeiterfolge werden in der Shunt-Chirurgie zweifelsohne durch Anlegen einer AV-Fistel am distalen Unterarm durch die Verbindung der A. radialis mit der distalen V. cephalica erreicht. Man erzielt hierdurch eine lange Punktionsstrecke und hält sich dabei eine Vielzahl von Korrekturmöglichkeiten bei Auftreten von Komplikationen an Unter- und Oberarm offen.

Im Rahmen der Operationsvorbereitung gilt es, den arteriellen und venösen

Status des Patienten durch sorgfältige klinische Untersuchung, ggf. mit der farb-kodierten Duplex-Sonographie, zu erheben. Limitierend sind hier weniger die Bedingungen auf der arteriellen Seite.

Die Hauptproblematik für den Shunt-Chirurgen ist es, geeignete anastomosierbare Venen zu finden. Das Fehlen von gebrauchsfähigen Unterarmvenen korreliert häufig mit der Dauer der chronischen Erkrankung aufgrund von häufigen Venenpunktionen und der Gabe von intravenösen Infusionen (30). Auch die Entstehung von Frühkomplikationen, und in abgeschwächter Bedeutung von Spätkomplikationen, hat einen direkten Zusammenhang mit dem Zustand der anastomosierten Vene am Operationstag. Früh auftretende Probleme mit der AV-Fistel sind in der Regel durch chirurgisch-technische Faktoren hervorgerufen. Probleme wie Frühverschuß, postoperative Blutung mit nachfolgender Infektion, sind unmittelbar abhängig von der Venensituation, da kleine dünne Gefäße sicherlich chirurgisch schwieriger zu händeln sind als kräftige, kaliberstarke.

Ebenso beugt ein verbesserter venöser Abstrom einem Früh- oder auch Spätverschluss vor. Auch wenn Spätkomplikationen in der Regel durch unsachgemäße Behandlung der Shunt-Vene, wie falsche Punktionstechnik, Erzeugung von Hämatomen, u. a. entstehen, so beugt auch hier eine kräftig entwickelte Shuntvene Komplikationen wie Thrombose und Stenose mit nachfolgender Funktionslosigkeit vor. Vor diesem Hintergrund gibt es keinen Zweifel an der enormen Bedeutung eines optimal ausgebildeten venösen Systems zum Zeitpunkt der Operation zur Ausbildung einer guten Shuntvene.

Der Zustand der Venen am Unterarm ist somit von entscheidender Bedeutung bei der Überlegung und Planung zur Anlage einer AV-Fistel.

1.5 Aufgabenstellung

In dem vorangegangenen Kapitel wurde die Bedeutung einer guten Venensituation bereits zum Operationszeitpunkt herausgehoben. Die Möglichkeiten oder die Idee eines präoperativen Venentraining existiert in der bisherigen Literatur kaum. Zu wenige Shuntchirurgen, wie z.B. W. HEPP (10), fordern ein Training von subkutanen Venen im Zusammenhang mit dem präoperativen Management.

Der Klinikalltag lehrt, dass seitens der Nephrologen ebenfalls kaum Kenntnisse darüber vorliegen. Dies liegt nicht zuletzt auch daran, dass es bisher nur eine einzige wissenschaftliche Arbeit (11) gibt, die sich mit der Trainierbarkeit der Unterarmvenen beschäftigt. Dabei wurden jedoch keine objektivierbaren Messergebnisse präsentiert, sondern nur der trainierte und der untrainierte Arm vom Untersucher betrachtet und ein Trainingserfolg geschätzt.

Bei einer invasiven Druckmessung der Vena cephalica am distalen Unterarm kam der Autor jedoch zu interessanten Ergebnissen. So kam es durch rhythmische Kompression eines Handtrainingsschwammes zu deutlichen Druckspitzen in der Vene (max. 70 mm/Hg). Eine weitere Verstärkung des Venendruckes wurde durch zusätzliches Anlegen eines leichten venösen Staus am Oberarm erreicht (113 mm/Hg).

Aufgrund dessen und der bekannten Tatsache, dass aufgrund des reduzierten hydrostatischen Druckes im Armbereich hier die Venen im Vergleich zum Unterschenkel eine deutlich verminderte Wanddicke aufweisen, bestand die Hoffnung, dass bereits ein zweiwöchiges Venentraining einen positiven messbaren Effekt an den Unterarmvenen hinterlassen könnte.

Ziel der Studie war es herauszufinden,

ob es überhaupt möglich ist, mit gängigen non-invasiven Untersuchungsverfahren und Meßmethoden den Erfolg eines nur zweiwöchigen Venentrainings zu dokumentieren und wenn ja,

welche Parameter sich durch dieses Venentraining in dieser kurzer Zeit verändern.

2 Probanden, Material und Methode

2.1 Geräte

2.1.1 Duplex-Sonographie-Gerät



Abb.6 Duplex-Sonographie-Gerät von ATL, Modell HDI 3000

Verwandt wurde hierbei ein handelsübliches Modell der Firma ATL mit der Modellbezeichnung HDI 3000. Benutzt wurde ein 7,5 MHz Linear-Schallkopf, der mit einer Wasservorlaufstrecke bestückt wurde, um eine Kompression der Vene durch den Schallkopf zu vermeiden.

Das Sonographie-Gerät wird in der gefäßchirurgischen Ambulanz täglich eingesetzt. Es bietet gerade durch den 7,5 MHz Schallkopf eine hohe Auflösungsleistung der oberflächennahen Strukturen.



Abb.7: Linearschallkopf

2.1.2 VVP – Venenverschlußplethysmographie



Abb.8: Gerät zur VVP-Messung. Firma Elcat, Modell VASOQUANT VQ 4000

Als Gerät wurde dabei der Vasoquant VQ 4000 der Firma Elcat benutzt. Der verwendete Rechner hat eine Frequenz von 90 MHz, Arbeitsspeicher von 8 MB. Bei der benutzten Software handelt es sich um Dos 6.0 und Windows 3.1. Die Stauung erfolgt mechanisch über einen Luftkompressor, der über 2 Tourniquet-Manschetten einen konstanten Luftdruck von 80 mm/Hg über 2 Minuten aufbaut.

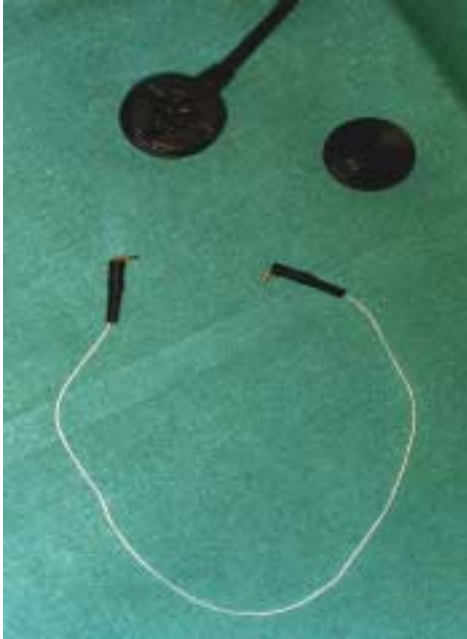


Abb.9: Widerstandsmessung, strain gauge Quecksilber

Ein sogenanntes Strain gauge Quecksilber, das um den Unterarm gewickelt wurde, vermittelte eine Veränderung des Armumfangs durch Widerstandsänderung an der Widerstandsmessung. Diese Veränderungen werden im Computer umgerechnet und graphisch dargestellt. Die Ergebnisse werden dann über einen handelsüblichen Tintenstrahl-Drucker ausgedruckt.

2.2 Probanden

In der ersten Versuchsreihe wurden **gesunde Probanden** ausgewählt. Gesund galt ein Proband dann, wenn anamnestisch keine Gefäßrisikofaktoren wie Niereninsuffizienz, Bluthochdruck, Diabetes mellitus, AVK oder generalisierter Arteriosklerose bekannt waren. Es handelte sich dabei um Personen mit privatem oder beruflichen Bezug zum Autor, um so eine gewisse Grundmotivation für das

Venentraining voraussetzen zu können. Es wurden insgesamt 25 gesunde Probanden untersucht. Das Durchschnittsalter lag bei 27 Jahren.

In der zweiten Versuchsreihe wurden 13 **krankte Probanden** mit terminaler Niereninsuffizienz untersucht. Die Probanden wurden ausschließlich aus dem Patientengut der gefäßchirurgischen Abteilung des Behandlungszentrums in Vogtareuth rekrutiert.

Die Patienten wurden von Nephrologen bzw. von umliegenden Dialysestationen zunächst ambulant zur Erstanlage einer AV-Fistel am Arm vorgestellt. Es befanden sich einige Patienten darunter, die bereits am anderen Arm voroperiert waren und bereits seit einiger Zeit dialysiert wurden.

Das Durchschnittsalter dieser Gruppe beträgt 57 Jahre, was ungefähr dem Durchschnittsalter der in der Bundesrepublik erstmals dialysepflichtig nierenerkrankten Patienten entspricht (6).

2.3 Meßmethoden

2.3.1 Gemessene Parameter

Bisher gibt es keine Veröffentlichungen über Meßmethoden zur Erfassung von Daten über den Erfolg eines präoperativen Venentrainings.

Deswegen war es entscheidend, die Parameter festzulegen, deren Änderung nach einem zwei wöchigen Training durch noninvasive Meßmethoden erfaßbar wären.

Messung des Venendurchmessers

In Kenntnis der peripheren Venendruckmessungen durch KRÖNUNG (11) und der Beschreibung einer sekundären Stauungsvaricose bei Leistungssportlern durch STEINBRÜCK (12), sowie der Tatsache des geringen Venenwanddurchmessers am Arm im Vergleich zum Bein, bestand die Hoffnung, dass sich durch das Stautraining eine Durchmesserzunahme der trainierten Unterarmvenen evaluieren ließe.

Als optimale Meßmethode stand hierfür das farbkodierte Duplex-sonographiegerät zur Verfügung.

Gemessen wurden hierbei 4 Venenabschnitte. Zum einen die Vena cephalica am distalen Unterarm proximal des Handgelenkes an der Stelle, an der üblicherweise die BC-Fisteln angelegt werden.

Eine weitere Lokalisation war dann die Vena cephalica in Höhe der Ellenbeuge. Als dritte und vierte Messstellen wurde dann die Vena mediana cubiti und Vena basilica in Höhe der Ellenbeuge erfasst. Die Messungen wurden jeweils vor und nach dem Training durchgeführt.

Messung des arteriellen Einstroms

Da sich bekannterweise nach Shunt-Anlage das Shunt-Minutenvolumen, nicht zuletzt auch durch einen erhöhten arteriellen Einstrom und Durchmesserzunahme der anastomosierten Arterie (13), deutlich erhöht, sollte ein erhöhter arterieller Einstrom bereits durch das Venentraining nachzuweisen sein. Dabei wurde erneut vor und nach dem Venentraining die maximale systolischen arteriellen Flussgeschwindigkeit der Arteria radialis, Arteria ulnaris und Arteria brachialis mit dem Doppler-Sonographiegerät gemessen, sowie der arterielle Einstrom durch die VVP bestimmt.

Messung der venösen Kapazität und des venösen Abstroms

Es bestand weiterhin die Hoffnung, dass sich durch das Training eine Erhöhung der venösen Kapazität, sowie der Abstromkapazität und des venösen Abstroms nachweisen ließe. Diese 3 Messgrößen wurden ebenfalls durch die VVP bestimmt.

2.3.2 Untersuchung mit dem Ultraschallgerät

2.3.2.1 Untersuchung der Venendurchmesser

Wie bereits erwähnt, wurden zu dieser Messung 4 Venenabschnitte ausgesucht. In die Wertung gingen aber nur diejenigen Venenabschnitte ein, die einen Mindestdurchmesser von **1,5 mm** im Zustand der Stauung durch eine Blutdruckmanschette mit einem Kompressionsdruck von 80 mm/Hg nach einer Staudauer von zwei Minuten aufwiesen. Nicht jeder Proband erfüllte diese Voraussetzung an allen 4 Venenabschnitten, so dass zum teil nur drei, manchmal auch nur zwei Abschnitte gemessen wurden.

Lokalisation der Messpunkte:

Der Messpunkt der distalen Vena cephalica liegt, wie oben bereit erwähnt, am distalen Unterarm, etwas proximal des Handgelenkes. Da hier die Vene meist über einen kräftigen Venenast vom rete venosum des Handrückens gespeist wird und sich dadurch im Kaliber deutlich verstärkt, wurden die Untersuchungen immer nach diesem Zufluss durchgeführt (A). War dieser Zufluss nicht vorhanden, wurde die Vene über dem Radius gemessen (B), da sich hier meistens ein relativ langes gerades Venenstück befindet. Die Messung der proximalen Vena cephalica erfolgte genau in Höhe der Ellenbeugen-Hautfalte (C), genau so wie die Messung der Vena mediana cubiti (D). Die Vena basilica wurde am proxima-

len Unterarm gemessen, unmittelbar distal der Ellenbeugen-Hautfalte (E) (s. Abb. 10).

Zur Bestimmung des Venendurchmessers wurde der Schallkopf nicht quer, sondern längs im Venenverlauf aufgesetzt, um so falsch positive Werte durch Verkappen des Schallkopfes zu vermeiden. Die Messung wurde erst dann durchgeführt, wenn sich im B-Bild die Venenwände klar und scharf, auf einer Länge von mindestens 3 cm abzeichneten (s. Abb. 11).

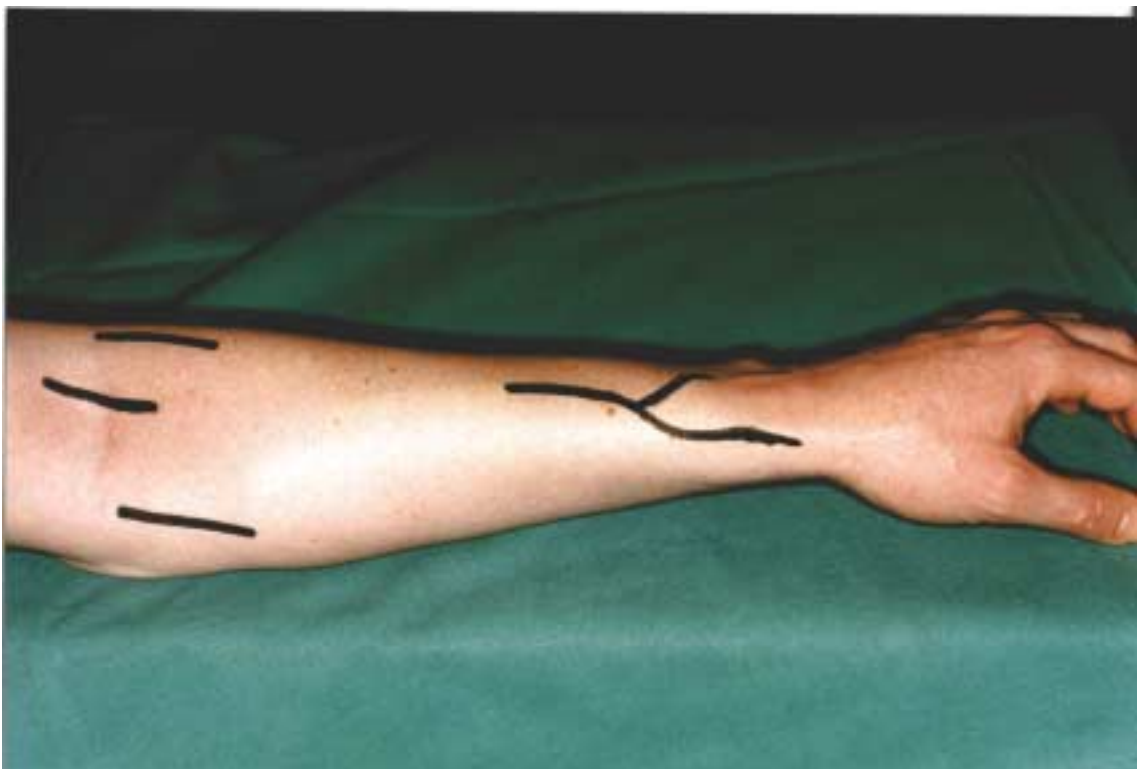


Abb.10: Messpunkte

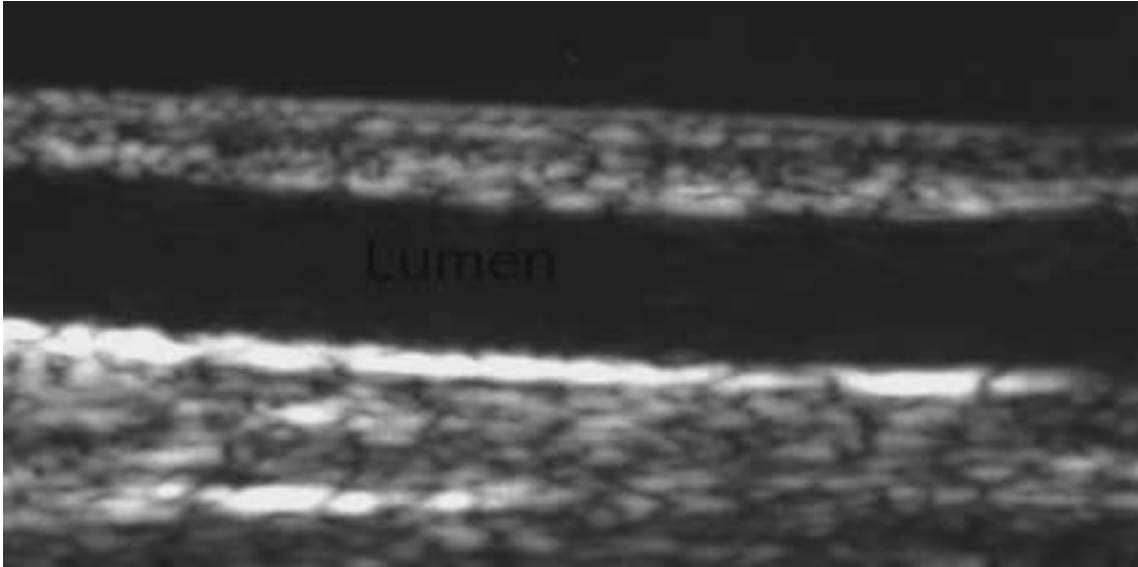


Abb. 11: Ultraschallbild einer Unterarmvene

Durch die flüssigkeitsinduzierte Schallverstärkung (in diesem Fall venöses Blut) kontrastiert sich die tief gelegene Venenwand stärker als die oberflächennahe.

Dann wurden im 90° -Winkel zur Gefäßwand 3 axiale Durchmesserwerte (A;B;C) bestimmt, wobei die Durchmesserzahlenwerte automatisch tiefenabhängig durch das Sonographiegerät bestimmt wurden (s. Abb.12).

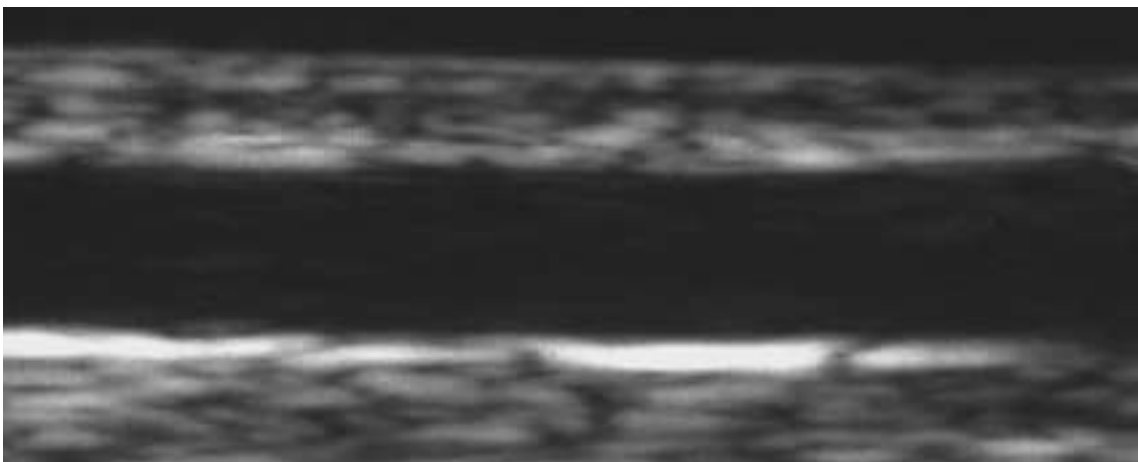


Abb.12: Venenmesspunkte

Eine sehr hohe Messgenauigkeit wurde dadurch gewährleistet, dass die Messungen sehr oberflächennah durchgeführt wurden und der verstellbare Focuspunkt

sich immer in Höhe des zu messenden Gefäßabschnittes befand. Mit den 3 gewonnenen Werten wurde dann ein Mittelwert errechnet, der dann in die Graphik und Tabelle aufgenommen wurde. Somit war es möglich, bei einem optimalen Probanden 4 Venenabschnitte zu messen. Dabei wurden pro Venenabschnitt 3 Messungen durchgeführt, also insgesamt 12 Messungen mit insgesamt 4 Mittelwerten.

Technische Durchführung:

Die Messungen wurden beim sitzenden Probanden durchgeführt. Der Arm war dabei in der Ellenbeuge um ca. 45 Grad flektiert, so dass sich die zu untersuchenden Venengruppen etwas unterhalb des Zwerchfells befanden, wo sich der orthostatische Indifferenzpunkt befindet. Damit konnte eine wesentliche Beeinflussung des Füllungsvolumens der Venen durch den orthostatischen Druck ausgeschlossen werden (14 – Seite 184). Die Einflussnahme der Außentemperatur auf den Venentonus wurde durch eine gut funktionierende Klimaanlage mit einer Mitteltemperatur von 20 Grad minimiert. Um einer Kompression der Venen durch den Schallkopf zu entgehen, wurde bei den venösen Messungen eine Wasservorlaufstrecke verwandt, die dem Schallkopf aufsaß. Danach erfolgte das Anlegen einer Oberarmmanschette, die einen Druck von 80 mm/Hg auf den Oberarm erzeugte. Dieser Druck blieb während des Untersuchungszeitraumes konstant. Die Messungen erfolgten nach einer 2 Minuten dauernden Stauungszeit. Zunächst wurde in immer gleicher Reihenfolge die distale Vena cephalica, dann die proximale V. cephalica, danach die V. mediana cubiti und zuletzt die V. basilica gemessen. Nach Abschluss dieser Messungen wurde die Blutdruckmanschette entfernt und die maximalen systolischen Strömungsgeschwindigkeiten der Arterien gemessen.

2.3.2.2 Technische Durchführung der Messung der maximalen systolischen Geschwindigkeit (PSV).

Die Position des Probanden wurde beibehalten, die Wasservorlaufstrecke entfernt. In die Messung gingen die A. radialis und A. ulnaris am distalen Unterarm, sowie die A. brachialis in Höhe des distalen Oberarms am Übergang zur Ellenbeuge ein. Die systolischen Geschwindigkeiten wurden automatisch durch das Ultraschallgerät ausgemessen und am Bildschirm angezeigt.

Um eine möglichst große Messgenauigkeit zu erhalten, war es notwendig, ein gerades Arterienstück zu verwenden und den Messcursor parallel zu den Gefäßwänden in die Mitte des Gefäßlumens zu legen.

Pro Arterie wurde eine Geschwindigkeitsbestimmung durchgeführt. Die Werte, die über eine Dauer von 10 sec. den gleichen Messwert aufwiesen, wurden in das Protokoll übernommen.

Im Anschluss daran wurden die VVP-Messungen am gleichen Arm durchgeführt.

2.3.3 Untersuchung mit der Venenverschußplethysmographie-VVP

2.3.3.1 Technische Durchführung

Die Untersuchungen wurden bei sitzendem Probanden durchgeführt. Die Hand des zu untersuchenden Armes wurde auf einem Schaumgummikissen aufgelegt, so dass auch hier der Arm in der Ellenbeuge auf ca. 45 Grad flektiert war, um somit den hydrostatischen Druck weitgehend auszuschalten. Durch diese Lagerung war der Unterarm frei, ohne Auflagepunkt positioniert. Dann wurde am Oberarm des zu untersuchenden Unterarms eine Blutdruckmanschette angelegt, die wiederum an einem Kompressor angeschlossen war. Über diesen erfolgte ein Druck von 80 mm/Hg für die Dauer von 2 Minuten.

Am Unterarm wurde dann in Höhe des größten Umfangs ein Sensorkopf befestigt und mit einem Straingaugesensor verbunden. Die Sensoren, die aus einem dünnen Silberdraht bestehen, umschließen den Umfang des Unterarms. Es stehen mehrere Längen dieser dehnbaren und flexiblen Sensoren zur Verfügung, so dass diese dem jeweiligen Umfang individuell angepasst werden konnten. Ein Ausdehnen der Sensoren um mehr als 5 cm wurde jedoch vermieden. Mit dem Befehl „Messen“ konnte über den Computer der Messablauf gestartet werden.

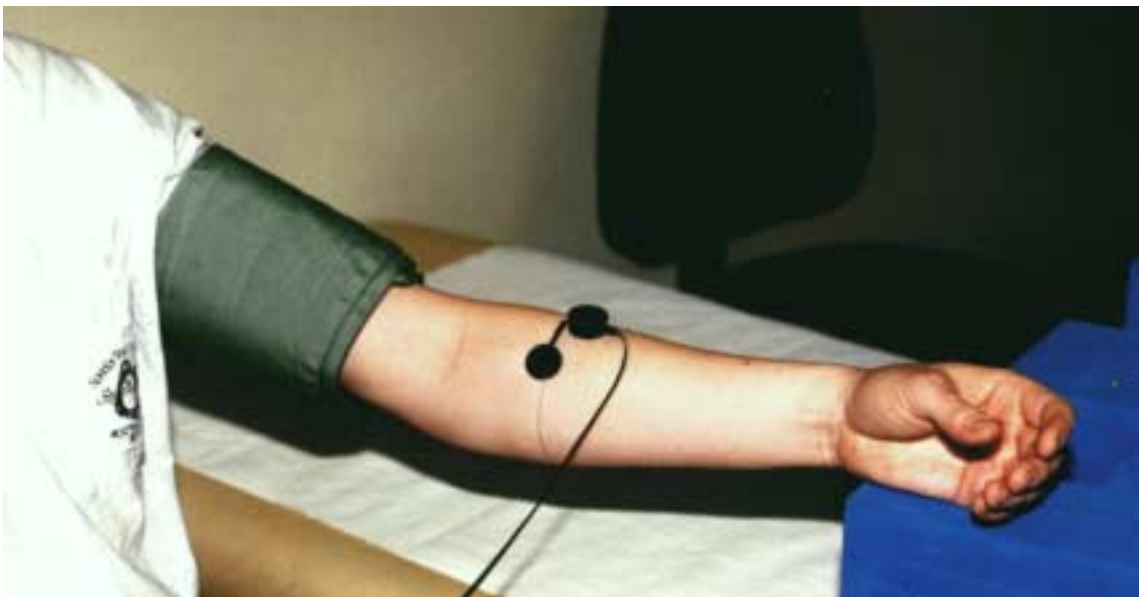


Abb.13: .Lagerung des zu untersuchenden Armes bei der VVP-Messung

Ablauf der Messprozedur (15) (siehe auch Abb. 14) :

1. Automatische Kalibrierung. Der individuelle Reflexionswert R_0 wird auf den vorgesehenen Wert der Ruheflexion R_0 des Gerätes geeicht.
2. Feststellung der stationären Ruhedurchblutung. Der Ruhewert ist dann erreicht, wenn zwei aufeinanderfolgende Mittelwerte über 4 sec. keinen großen Unterschied haben.
3. Weitere Kalibrierung. Dabei wird nochmals die Sendeleistung nachgeregelt, die nach Kalibrierung erfolgt, bei einer Dauer von 5 Sekunden.
4. Durchführen der venösen Okklusion für die gewählte Stauzeit. Dabei wird durch den Kompressor für die Dauer von 2 Minuten ein Staudruck von

80 mm/Hg angelegt

5. Entleerungsphase. Die Widerstandsänderung durch die Venenentleerung wird graphisch dargestellt. Die Entleerungsphase wurde dabei auf 25 Sekunden eingestellt.
6. Nach Messende werden vom Gerät die hämodynamischen Parameter automatisch berechnet und zusammen mit dem Messprotokoll ausgedruckt und gespeichert. Die Messungen wurden, um einen idealen Kurvenverlauf zu erhalten, bis zu 3 x am gleichen Probanden wiederholt. Wenn sich bei der ersten Messung bereits ein idealer Kurvenverlauf zeigte, wurde darauf verzichtet.

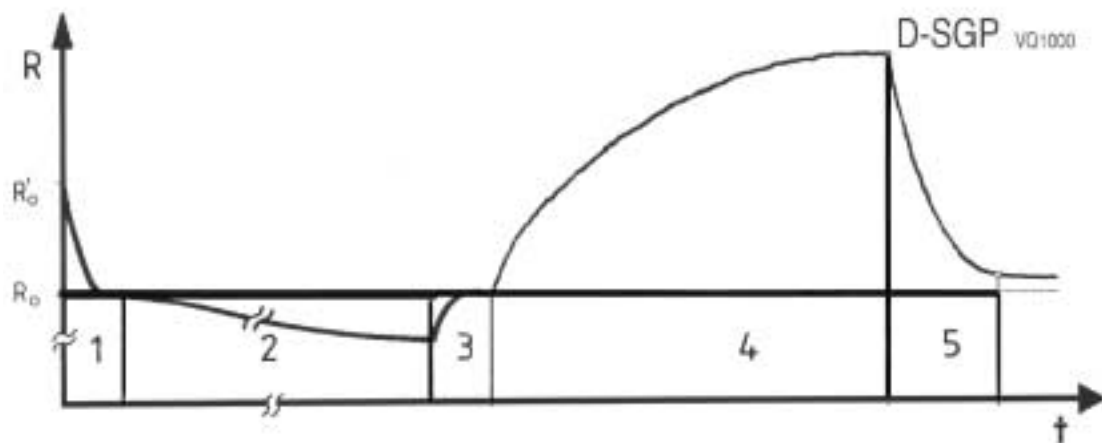


Abb. 14: Schema des Messablaufes

2.3.3.2 Auswertung der abgeleiteten VVP-Kurven

Wie bereits vorher erwähnt, wurden die Bewertungsparameter durch den Computer nach Messende automatisch ausgerechnet. Zu den genauen Ausrechnungsmodalitäten nun die Erklärungen:

Durch die vorher abgelaufene Kalibrierung wurde ein bestimmter Ausgangswert festgelegt. Mit dem Beginn der Okklusionszeit kommt es zu einer Umfangvermehrung des Unterarmes und somit zu einem prozentualen Anstieg des Ausgangswertes. Somit ist die abgebildete Kurve ein Funktionswert der Änderung des Ausgangswertes in Prozent zur Zeiteinheit. Mit dieser Funktion lassen sich nun die nachfolgenden Bewertungsparameter bestimmen.

AF: Unter AF versteht man den arteriellen Einstrom des Blutes in die Extremität pro Zeiteinheit. Dabei wird eine Tangente durch den Null-Punkt gelegt, die Tangenten-Steilheit wird über einen Zeitraum von 3 Sekunden zur Artefakt-Unterdrückung ermittelt. Der Wert wird dann an der Tangente nach 30 Sekunden ermittelt. Da der arterielle Einstrom die Benennung % pro min enthält, muss dann dieser Wert nach 30 Sekunden verdoppelt werden, um auf die tatsächliche Bestimmung des Wertes für den arteriellen Einstrom zu kommen.

VO: Dieser Wert bezeichnet den venösen Abstrom des Blutes pro Zeiteinheit. Der Wert erfasst die Entleerungsdynamik. Auch hier wird der Wert durch eine Tangente festgelegt. Punkt A bezeichnet den Endwert der maximalen Steilheit, der Punkt B wird eine Sekunde später ermittelt. Da auch hier die Einheit % pro min lautet, erklärt sich, dass sich mit der Zunahme der Steilheit der Tangente der Zahlenwert pro Minute steigt und somit eine erhöhte Entleerungsdynamik des venösen Systems besteht.

VC: Diese beiden Buchstaben bezeichnen die venöse Kapazität und die maximale Zunahme des Messsignals in Prozent vom Ausgangswert nach Ende der Okklusion, was demzufolge dem höchsten Kurvenpunkt entspricht. Zur Artefaktunterdrückung wird auch hier ein Mittelwert der letzten 5 Sekunden vor dem Stauende ermittelt.

OC: Mit diesem Wert wird die Abstromkapazität des Venensystems bestimmt, was dem Entleerungsvermögen des venösen Systems nach Stauende entspricht und in engem Zusammenhang mit der Entleerungsdynamik zu sehen ist. Bestimmt wird der Wert durch die Differenz des Messwerts am Occlusionsende und dem Messwert 25 Sekunden nach Occlusionsende.

Die übrigen Bewertungsparameter wurden für diese Studie nicht berücksichtigt.

Bedingungen für korrekte Messergebnisse:

- A. Der Straingaugesensor muss den gesamten Unterarm umschlingen.
- B. Der Unterarm darf zum Zeitpunkt der Untersuchung nicht komprimiert werden.
- C. Durch vorhergehende ausführliche und klare Erklärung muss dem Probanden/ Patienten klargemacht werden, dass am untersuchten Arm während der gesamten Messdauer von 145 Sekunden keinerlei Bewegungen durchgeführt werden dürfen.

Werden all diese Bedingungen erfüllt, lassen sich dann korrekte Kurven erzeugen. Wenn die drei oben genannten Bedingungen erfüllt wurden, sind die Zahlen in die Studie mit aufgenommen worden. Kam es trotzdem zu Bewegungsartefakten, wurden die Ergebnisse auch dann in die Studie aufgenommen, wenn die Artefakte nicht die kritischen Punkte betrafen, was die ersten 10 Sekunden des

Stauungsbeginns betrifft, sowie die 5 Sekunden vor und nach Okklusionsende und das Messende nach 145 Sekunden. Dies entspricht auch den Hinweisen und Angaben in der Bedienungsanleitung (15 – Seite 48).

Es wurden zwei oder drei Versuchsreihen pro Proband/Patient durchgeführt. Aus den korrekt ermittelten Werten wurde ein Mittelwert bestimmt, der dann in die Ergebnistabellen mit einging.

2.4. Studien-Design

Untersucht wurden 25 gesunde Probanden **ohne** und als Kontrollgruppe 13 Probanden **mit** terminaler Niereninsuffizienz. Letztere Probandengruppe wurde vor den Untersuchungen eingehend über die Wichtigkeit eines präoperativen Venentrainings unterrichtet, um somit einen hohen Motivationsgrad zu erzielen. Alle Probanden wurden dem gleichen Untersuchungsablauf unterzogen. Zunächst wurden unter Stauung die Venendurchmesser gemessen, dann nach Entfernung der Stauung am Oberarm die systolischen Geschwindigkeiten der Arterien bestimmt. Danach erfolgten die Messungen durch die Venenverschlußplethysmographie.

Das Venentraining bestand darin, dass die Probanden mit einer Oberarmstaubinde versorgt wurden und aufgefordert waren, diese unter leichter Kompression 4 x am Tag für die Dauer von 30 Minuten anzulegen. Die Probanden wurden ausdrücklich dazu aufgefordert, mit dem gestauten Arm mechanische Bewegungen durchzuführen oder in ihren täglichen Verrichtungen fortzuführen. Die Trainingszeit durfte nicht unterbrochen werden. Direkt am Schlußtag des Venentrainings, also am 14. Tag, wurden dann die Untersuchungen mit dem Sonographiegerät und dem Venenverschlußplethysmographen in gleicher Reihenfolge wie zur Voruntersuchung durchgeführt, um somit exakt vergleichbare Werte zu erhalten.

3. Ergebnisse

Trotz der geringen Fallzahlen pro Messfolge erfolgte eine statistische Auswertung aller Messreihen. Verwandt wurde dabei das Softwarepaket SPSS 10.0 für Windows (statistical package for the social sciences). Angewandt wurde der T-Test bei gepaarten Stichproben, mit dem die Signifikanzen der Zahlenreihen bestimmt wurden.

Signifikant: $p < 0,05$, nicht signifikant: $p > 0,05$

3.1 Ergebnisse der Durchmesserbestimmung der Venen

3.1.1 Ergebnis über die Beeinflussbarkeit des Durchmessers der distalen V. cephalica durch das Venentraining bei

-- Probanden ohne terminale Niereninsuffizienz

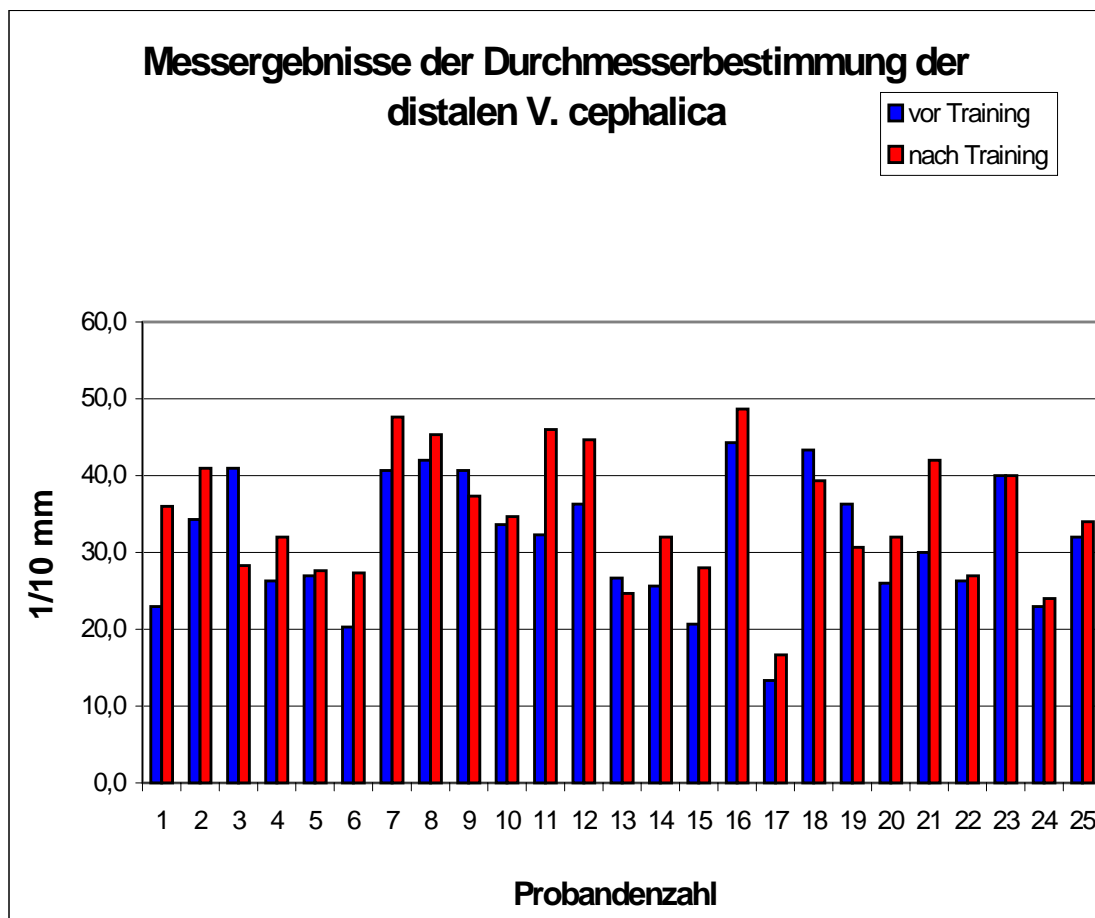


Diagramm Nr.1, $P=0,008$

Es wurde bei 25 Probanden ohne terminale Niereninsuffizienz vor und nach dem Venentraining der Durchmesser der distalen V. cephalica bestimmt (s. Diagramm 1).

Bei 20 Probanden kam es zu einer Steigerung des Durchmessers, bei 5 zu einer Reduzierung (s. Diagramm2).

Die durchschnittliche Steigerung des Durchmessers aller Probanden beträgt **3,7 1/10 mm**, was einer prozentualen Steigerung von **12%** vom Ausgangsdurchmesser entspricht.

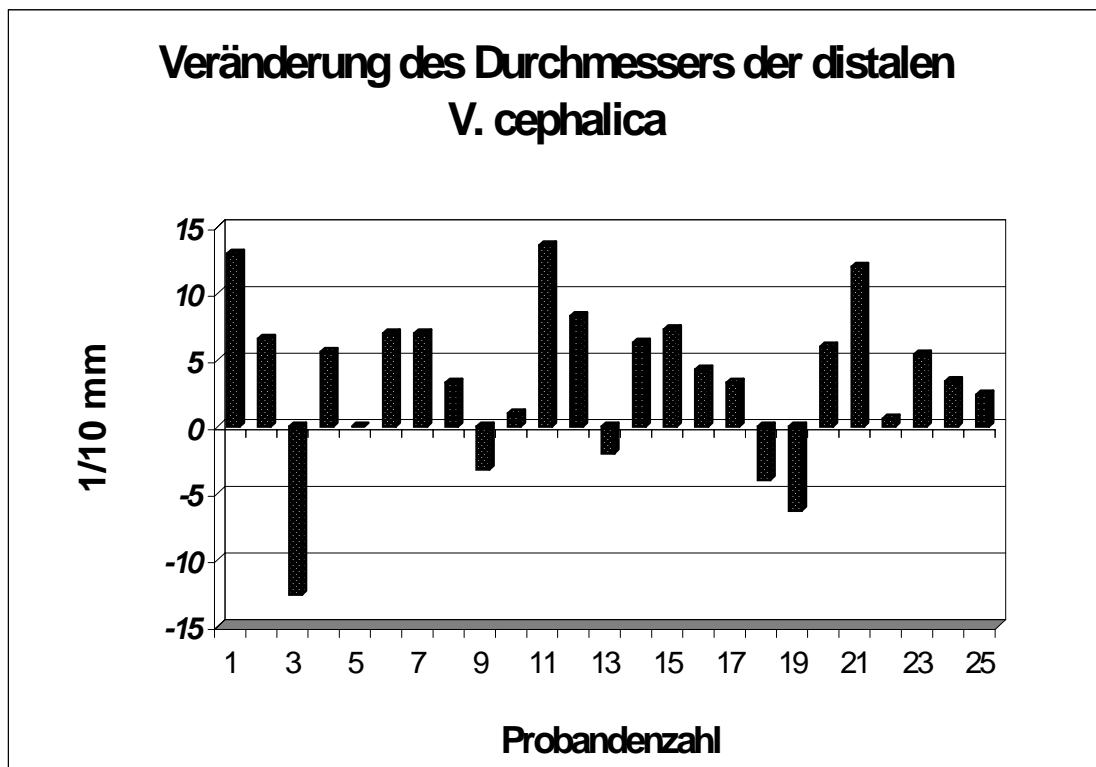


Diagramm Nr.2

-- Probanden mit terminaler Niereninsuffizienz

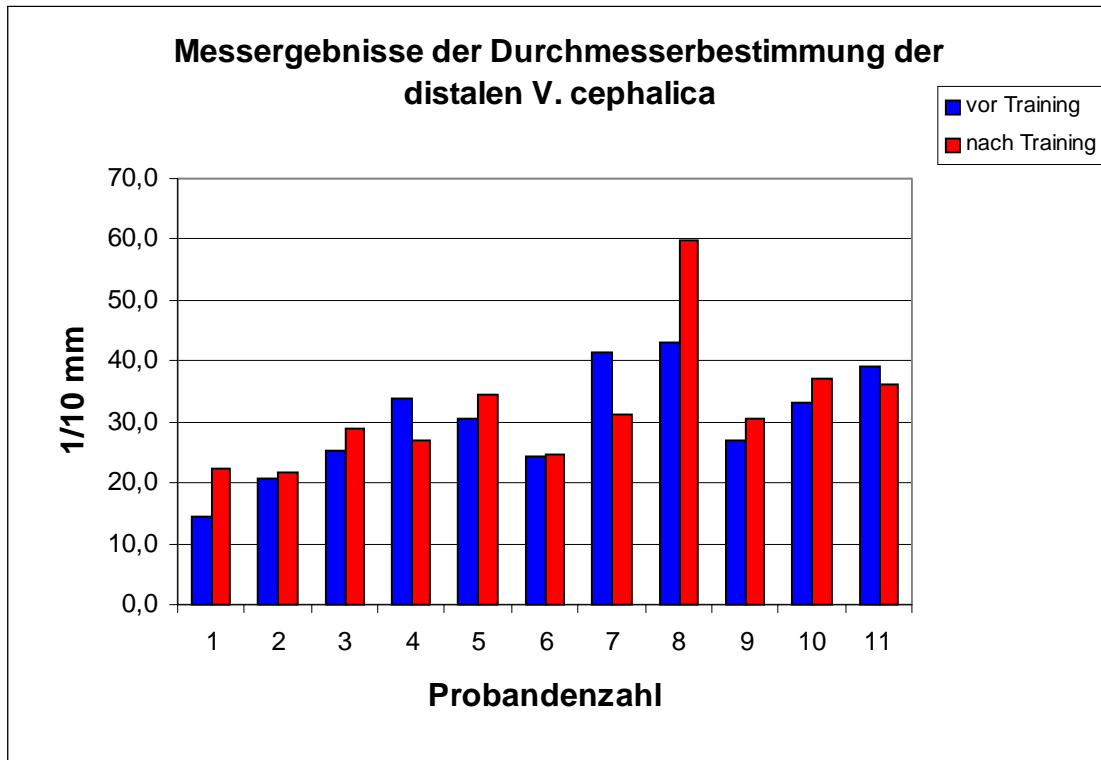


Diagramm 3, P=0,439

Es wurde der Durchmesser der distalen V. cephalica bei insgesamt 11 Probanden mit terminaler Niereninsuffizienz vor und nach dem Venentraining bestimmt (s. Diagramm 3).

Bei acht Probanden kam es zu einer Steigerung des Venendurchmessers bei drei Probanden kam zu einer Verringerung (s. Diagramm 4).

Die durchschnittliche Steigerung des Durchmessers aller Probanden beträgt **2,01 1/10 mm**, was einer durchschnittliche prozentualen Vergrößerung von **9,1%** vom Ausgangswert entspricht.

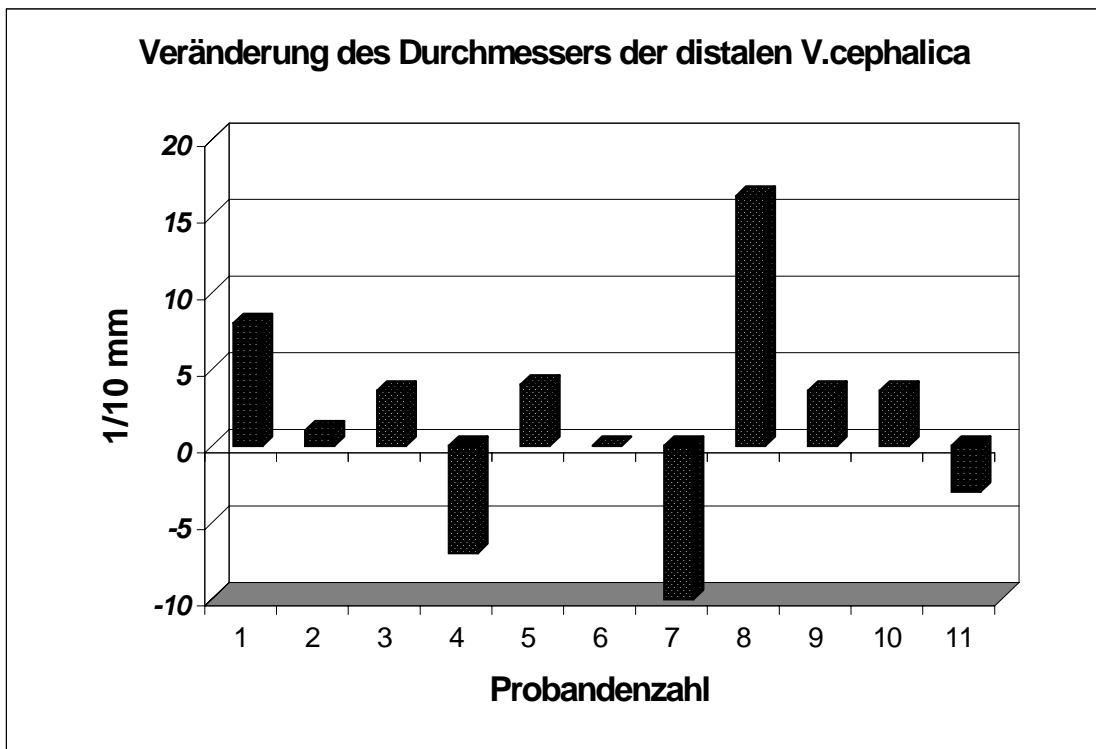


Diagramm: 4

3.1.2 Ergebnis über die Beeinflussbarkeit des Durchmessers der proximalen V. cephalica durch das Venentraining bei

-- Probanden ohne terminale Niereninsuffizienz

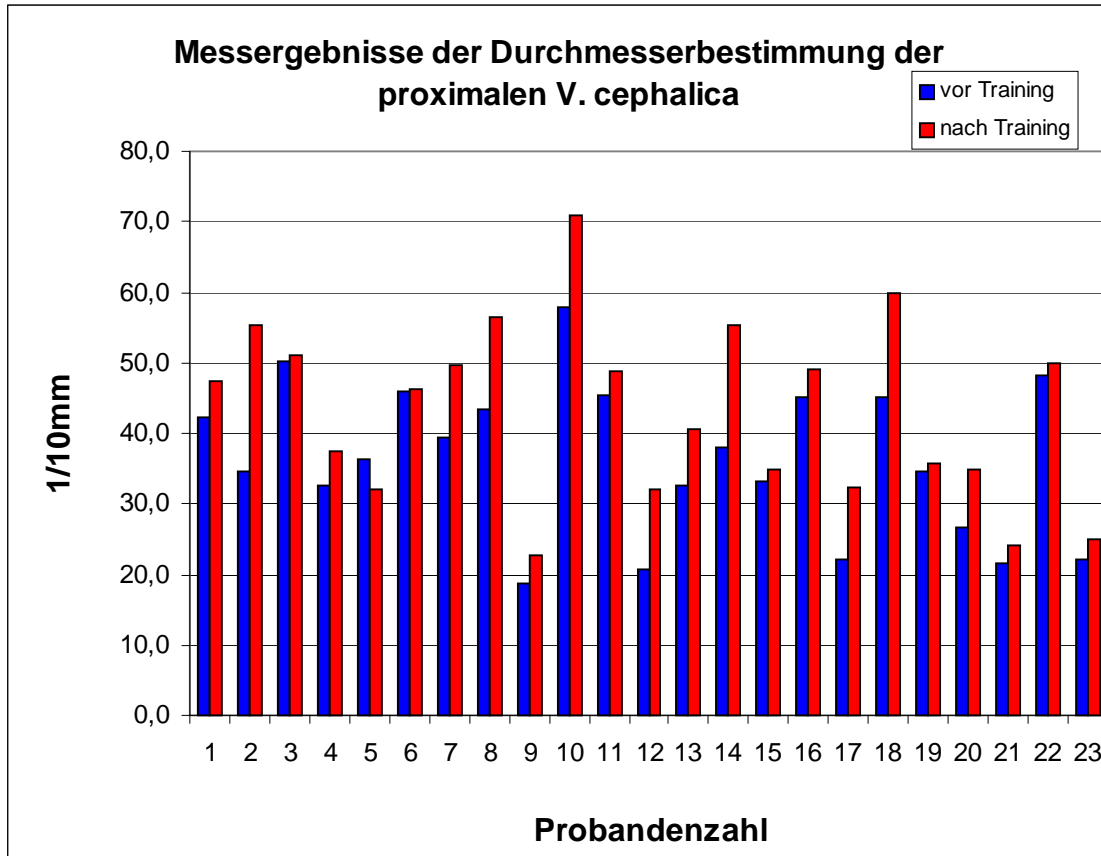


Diagramm 5, P=0,000

Es wurde bei 23 Probanden ohne terminale Niereninsuffizienz vor und nach dem Venentraining der Durchmesser der proximalen V. cephalica bestimmt (s. Diagramm 5).

Bei 22 Probanden kam es zu einer Steigerung des Durchmessers, bei 1 zu einer Verringerung (s. Diagramm 6).

Die durchschnittliche Steigerung des Durchmessers aller Probanden beträgt **6,8 1/10 mm**, was einer prozentualen Vergrößerung von **19%** vom Ausgangswert entspricht.

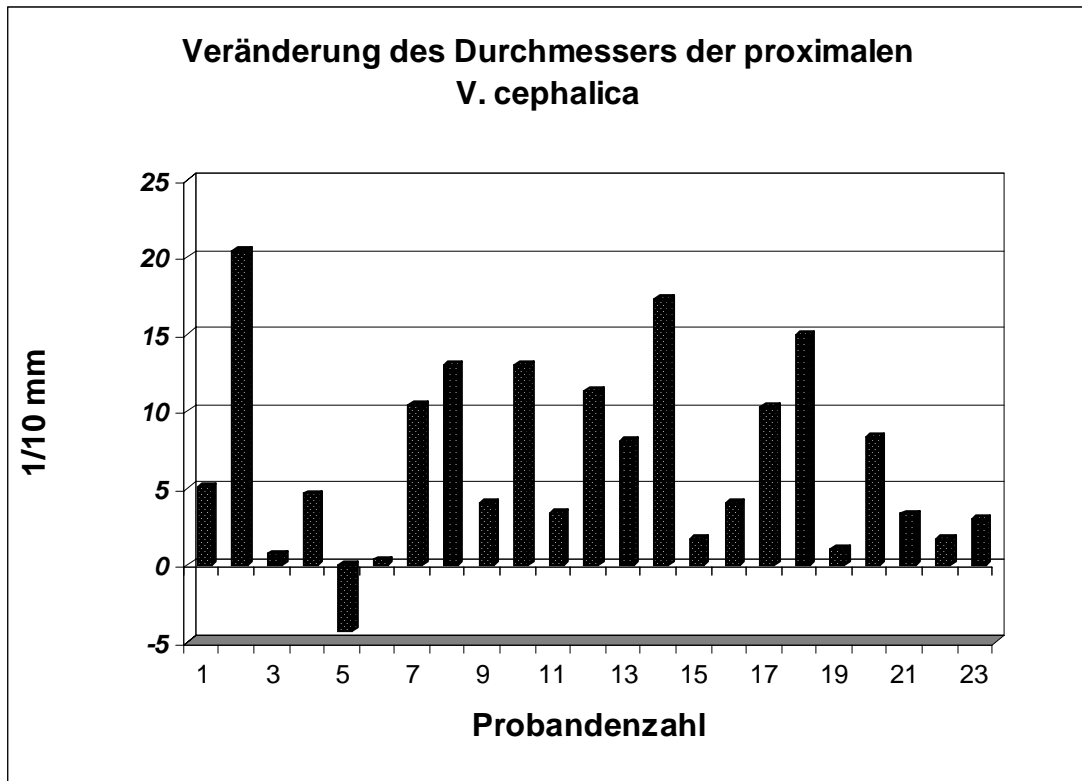


Diagramm 6

-- Probanden mit terminaler Niereninsuffizienz

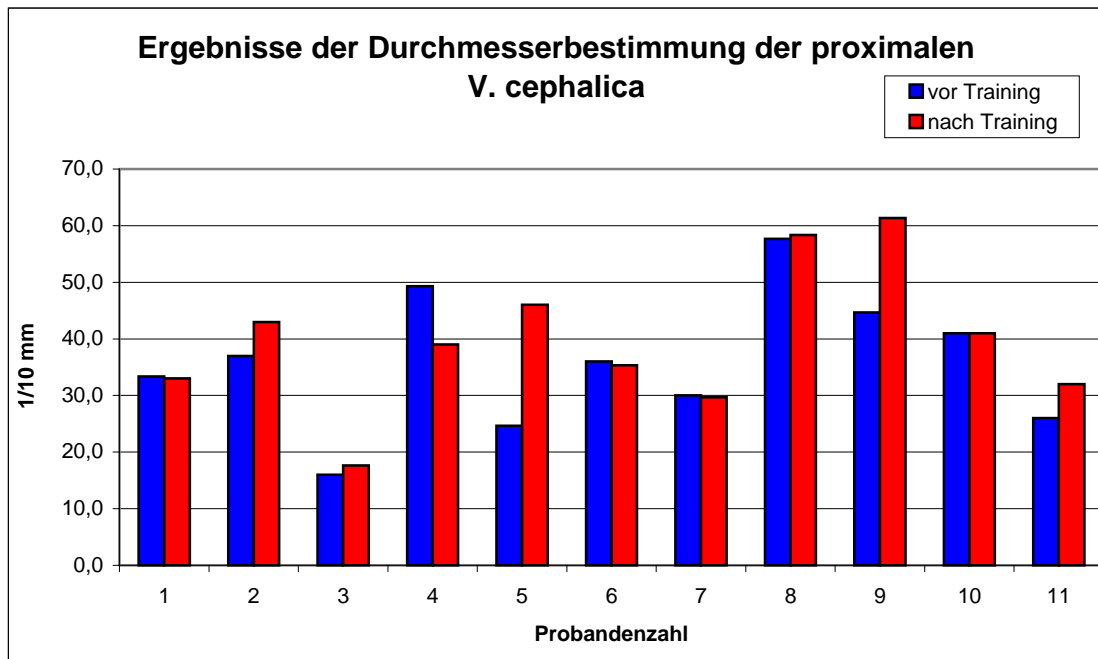


Diagramm 7, P=0,191

Es wurde der Durchmesser der proximalen V. cephalica bei insgesamt 11 Probanden mit terminaler Niereninsuffizienz vor und nach dem Venentraining bestimmt (s. Diagramm 7).

Bei sechs Probanden steigerte sich der Venendurchmesser, bei vier Probanden kam es zu einer Verringerung, bei einem Probanden kam es zu keiner Änderung (s. Diagramm 8).

Die durchschnittliche Steigerung des Durchmessers aller Probanden beträgt **4,1 1/10 mm**, was einer prozentualen Vergrößerung von **15,7%** vom Ausgangswert entspricht.

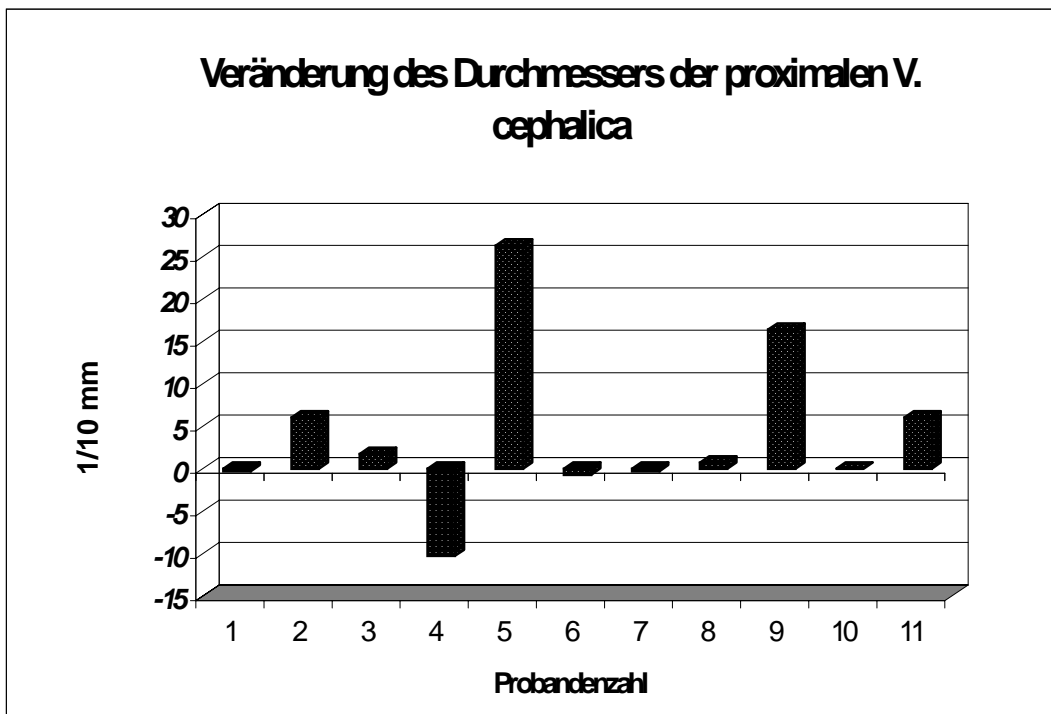


Diagramm 8

3.1.3 Ergebnis über die Beeinflussbarkeit des Durchmessers der V. mediana cubiti durch das Venentraining bei

-- Probanden ohne terminale Niereninsuffizienz

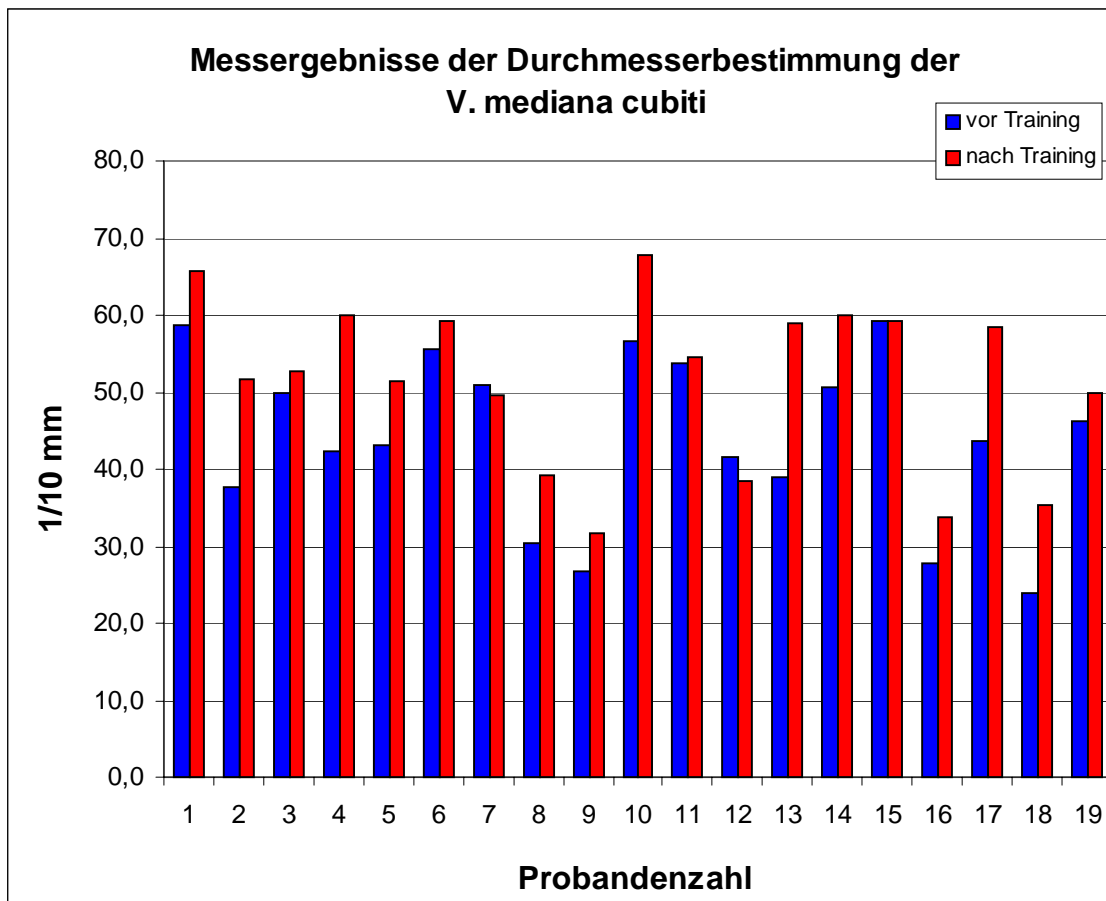


Diagramm 9, P=0,000

Es wurde der Durchmesser der V. mediana cubiti bei insgesamt 19 Probanden ohne terminaler Niereninsuffizienz vor und nach dem Venentraining bestimmt (s. Diagramm 9).

Bei sechzehn Probanden steigerte sich der Venendurchmesser, bei zwei Probanden kam es zu einer Verringerung, bei einem Probanden kam es zu keiner Änderung (s. Diagramm 10).

Die durchschnittliche Steigerung des Durchmessers aller Probanden beträgt **7,3 1/10 mm**, was einer prozentualen Vergrößerung von **17%** vom Ausgangswert entspricht.

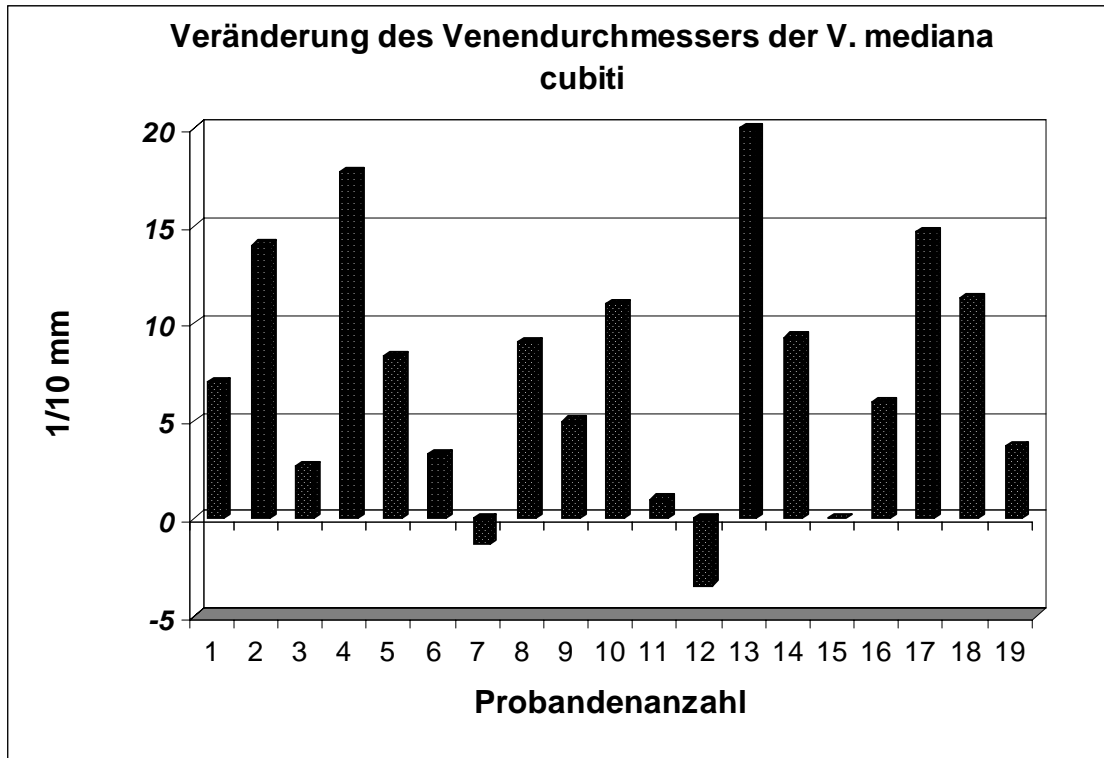


Diagramm 10

-- Probanden mit terminaler Niereninsuffizienz

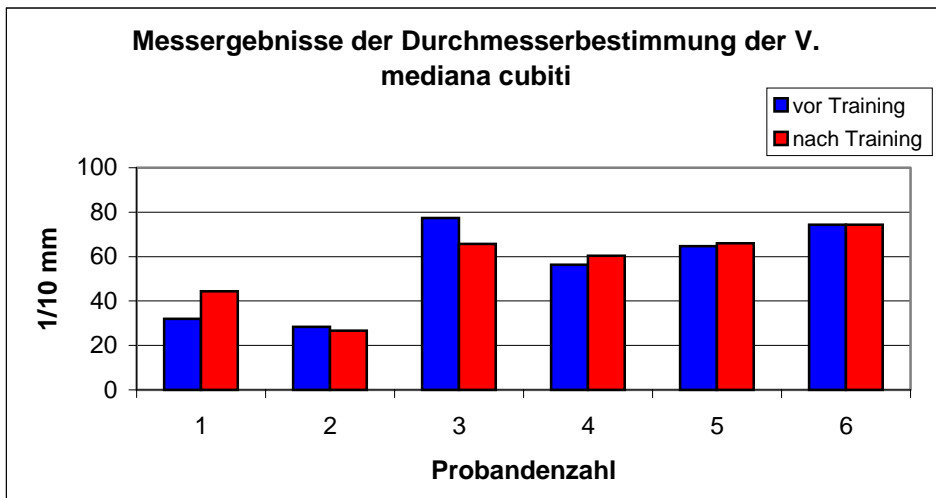


Diagramm 11, P=0,872

Es konnte der Durchmesser der V. mediana cubiti vor und nach dem Venentraining bei insgesamt nur 6 Probanden mit terminaler Niereninsuffizienz bestimmt werden. Die restlichen Probanden hatten keine für die Studie verwertbare V. mediana cubiti.

Bei vier Probanden vergrößerte sich der Venendurchmesser.

Bei zwei Probanden kam es zu einer Verringerung.

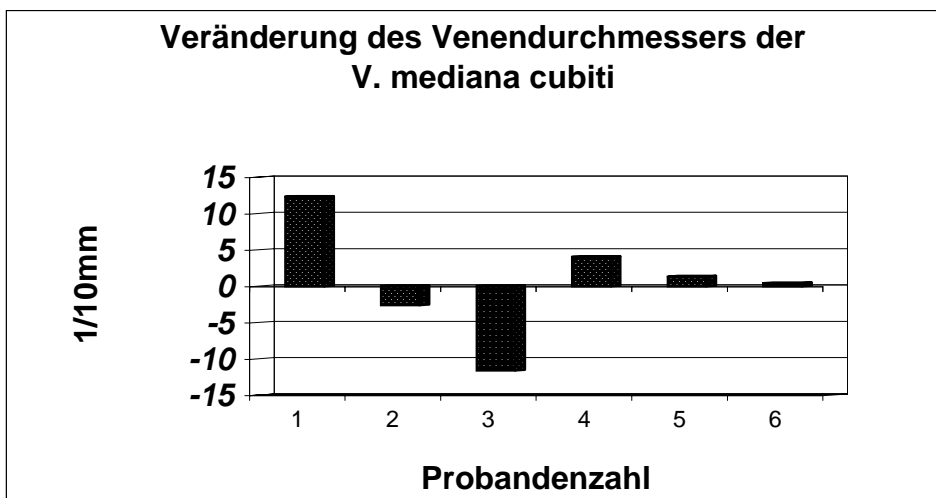


Diagramm 12

3.1.4 Ergebnis über die Beeinflussbarkeit des Durchmessers der V. basilica durch das Venentraining bei

-- Probanden ohne terminale Niereninsuffizienz

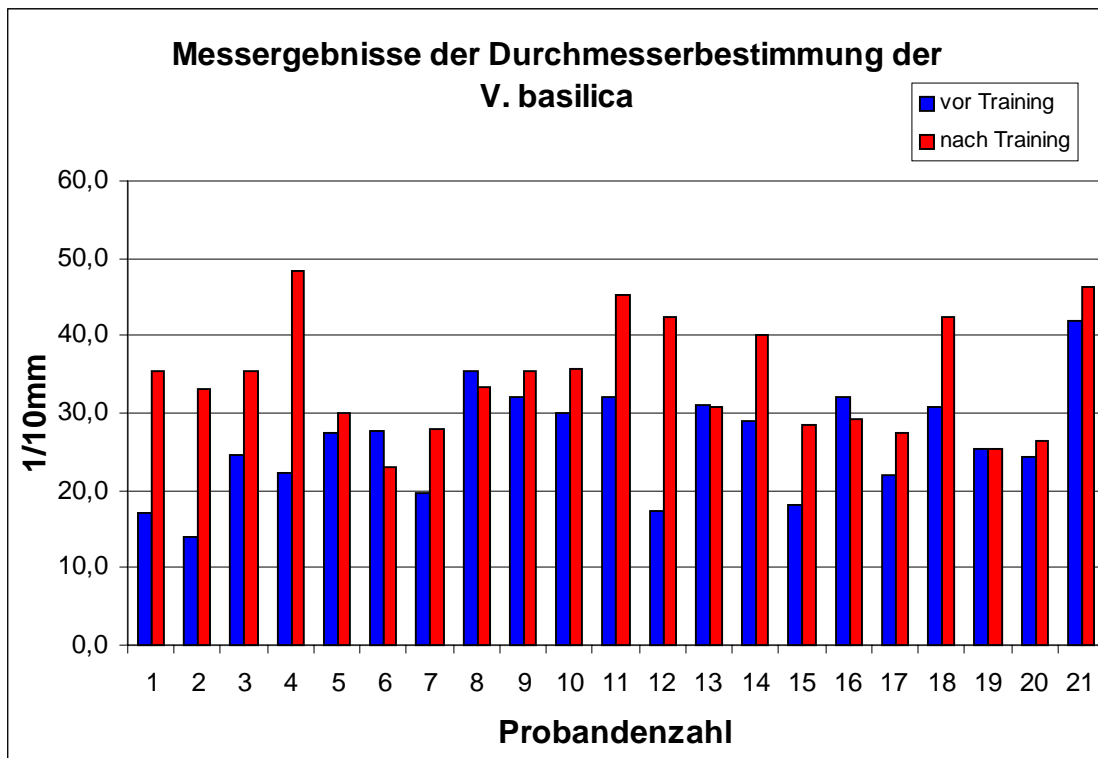


Diagramm 13, P=0,000

Es wurde bei 21 Probanden ohne terminale Niereninsuffizienz vor und nach dem Venentraining der Durchmesser der V. basilica bestimmt (s. Diagramm 13).

Bei 16 Probanden kam es zu einer Steigerung des Durchmessers, bei 4 zu einer Verringerung und bei einem Probanden zu keiner Veränderung (s. Diagramm 14).

Die durchschnittliche Steigerung des Durchmessers aller Probanden beträgt **7,9 1/10mm**, was einer prozentualen Vergrößerung von **30%** vom Ausgangswert entspricht.

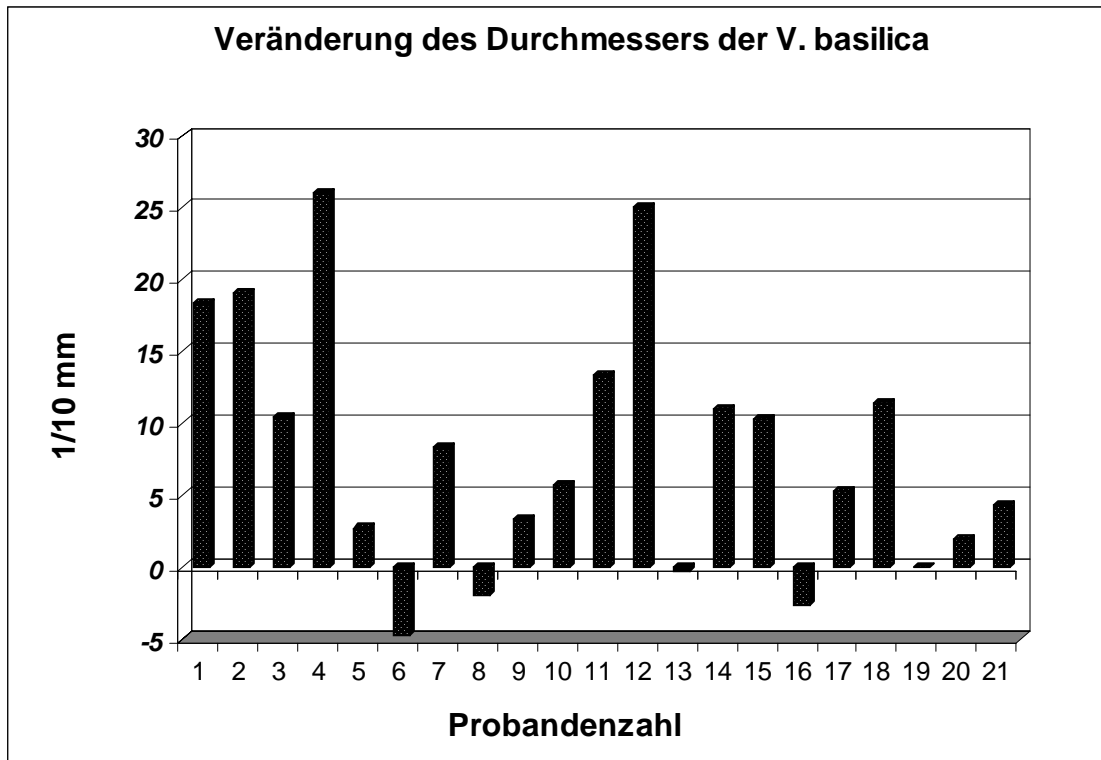


Diagramm 14

-- Probanden mit terminaler Niereninsuffizienz

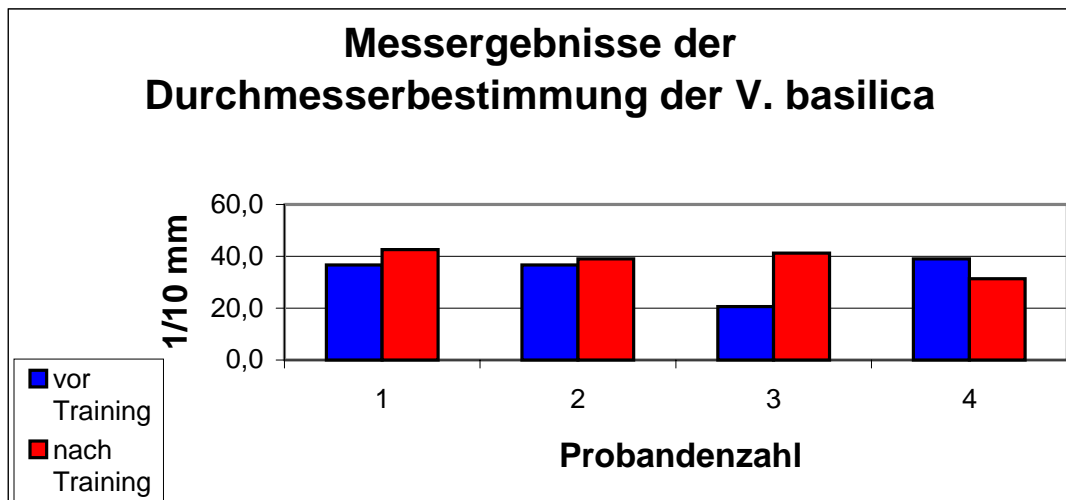


Diagramm 15, $p=0,992$

Es konnte der Durchmesser der V. basilica vor und nach dem Venentraining bei insgesamt nur vier Probanden mit terminaler Niereninsuffizienz bestimmt werden. Die restlichen Probanden hatten für die Studie keine verwertbare V. basilica.

Bei drei Probanden steigerte sich der Venendurchmesser, bei einem nicht.

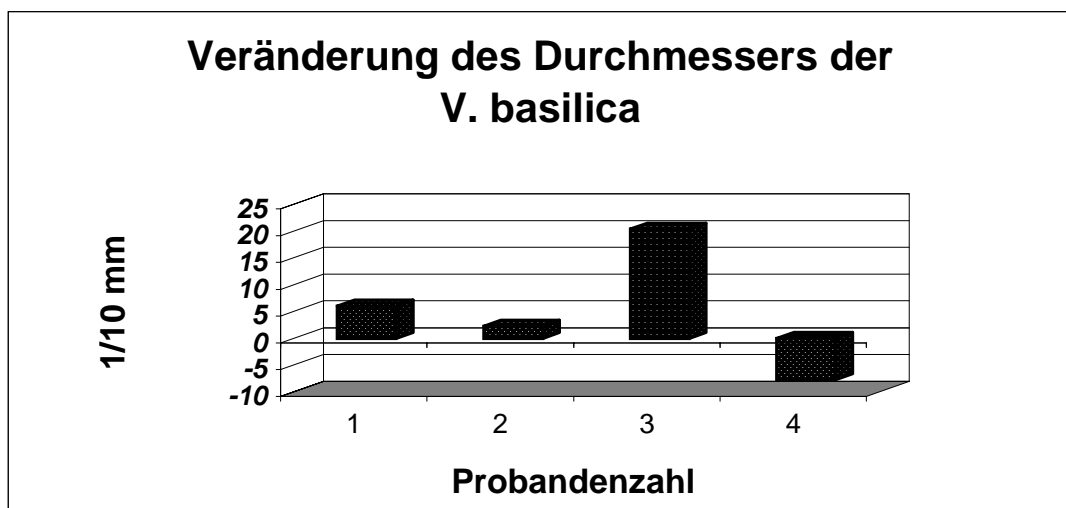


Diagramm 16

3.2 Ergebnisse der Messung der maximalen arteriellen systolischen Geschwindigkeit

3.2.1 Ergebnis über die Beeinflussbarkeit der maximalen systolischen Geschwindigkeit der A. radialis durch das Venentraining bei

-- Probanden **ohne** terminale Niereninsuffizienz

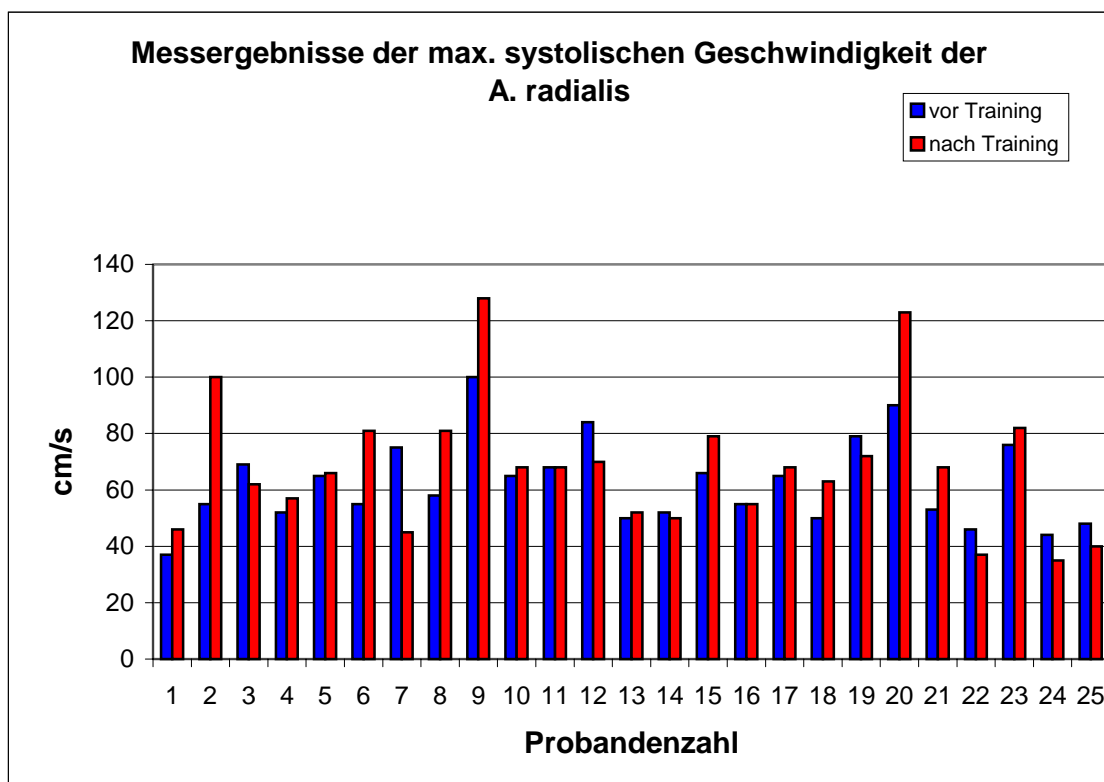


Diagramm 17. Geschwindigkeitsangabe in cm/s. P=0,104

Es wurde bei 25 Probanden ohne terminale Niereninsuffizienz vor und nach dem Venentraining die maximale systolische Geschwindigkeit der distalen A. radialis bestimmt (s. Diagramm 17).

Bei 14 Probanden kam es zu einer Steigerung der systolischen Geschwindigkeit, bei 10 kam es zu einer Verringerung und bei einem Probanden kam es zu keiner Veränderung (s. Diagramm 18).

Die durchschnittliche Steigerung der Flussgeschwindigkeit aller Probanden beträgt **6,7 cm/s**, was einer prozentualen Veränderung von **11%** vom Ausgangswert entspricht.

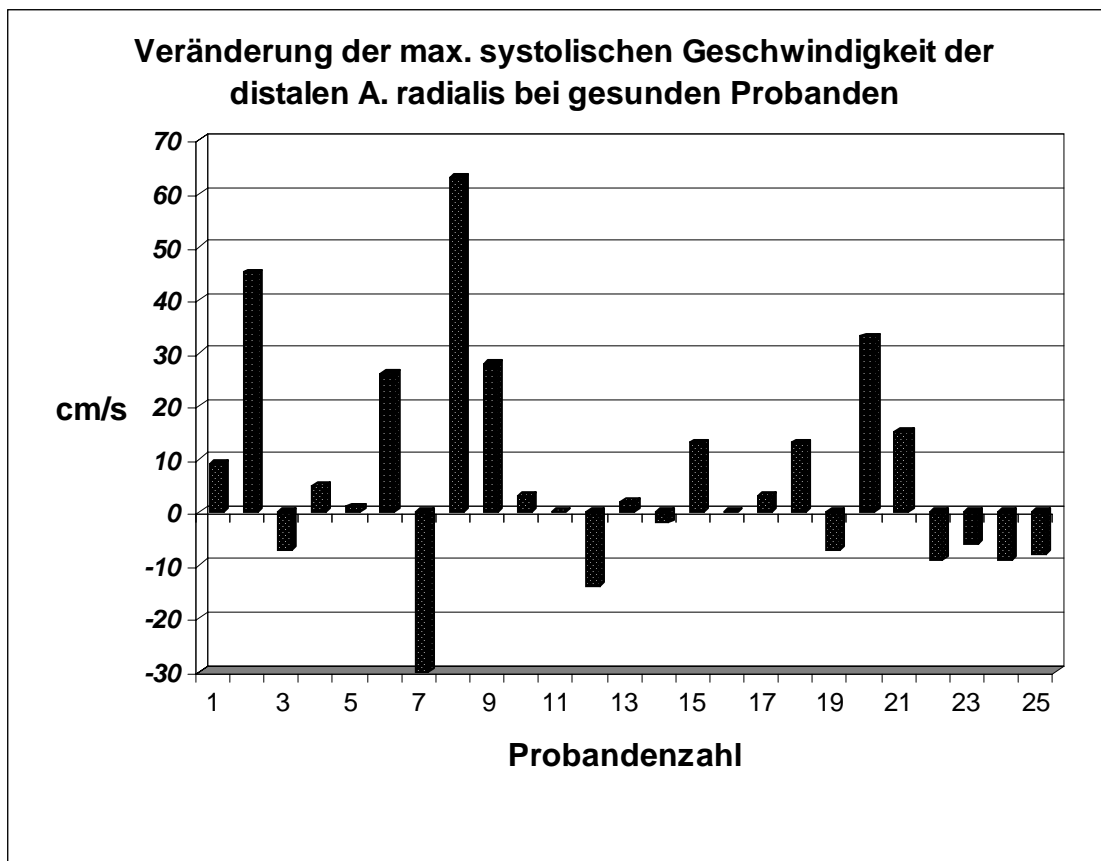


Diagramm 18. Geschwindigkeitsangabe in cm/s.

-- Probanden mit terminaler Niereninsuffizienz

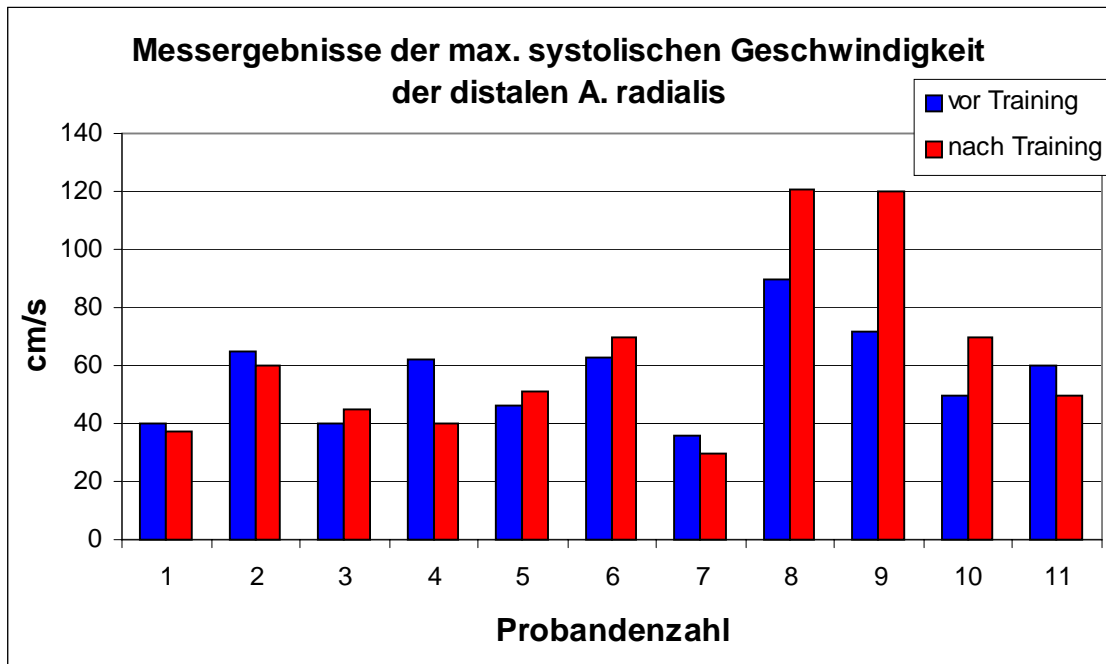


Diagramm 19. Geschwindigkeit in cm/s. P=0,381

Bei 11 Probanden mit terminaler Niereninsuffizienz wurde die maximale systolische Geschwindigkeit der distalen A. radialis vor und nach dem Venentraining bestimmt (s. Diagramm 19).

Bei 6 Probanden stellte sich eine Erhöhung der Flussgeschwindigkeit ein, bei 5 Probanden verringerte sich diese (s. Diagramm 20).

Die durchschnittliche Geschwindigkeitsveränderung aller 11 Probanden lag bei **7,2 cm/s**, was einer prozentualen Veränderung von **13%** vom Ausgangswert entspricht.

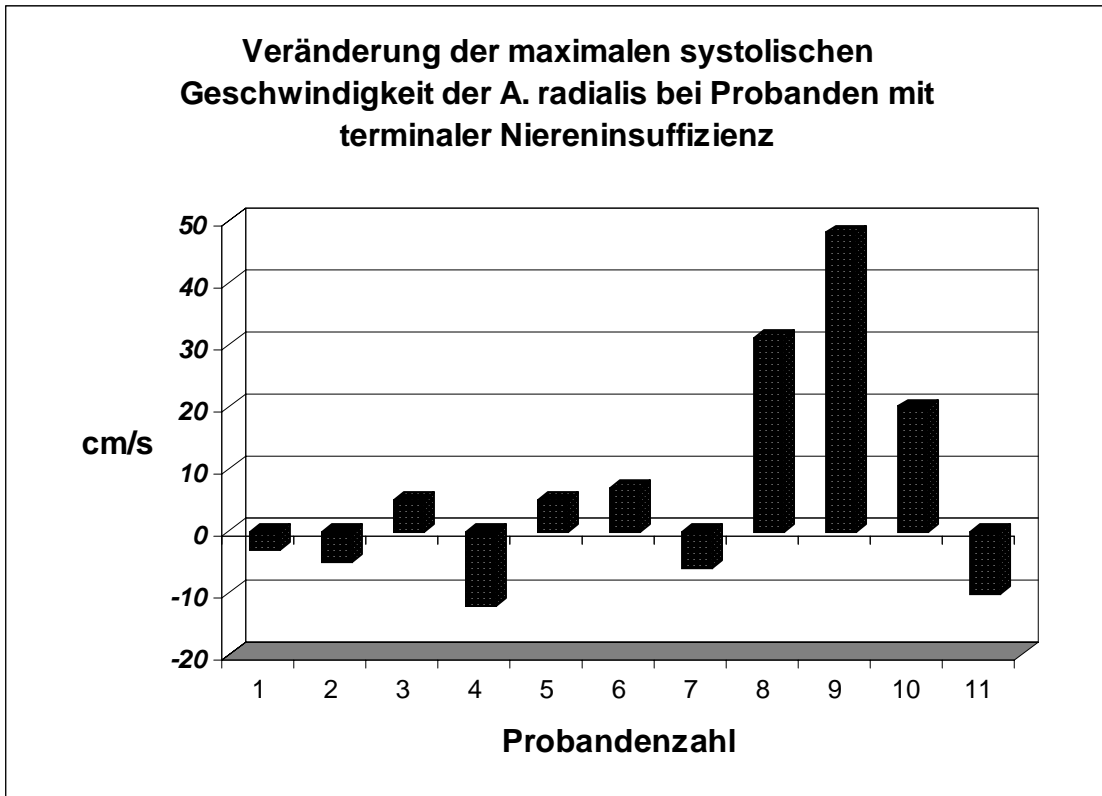


Diagramm 20. Geschwindigkeit in cm/s.

3.2.2 Ergebnis über die Beeinflussbarkeit der maximalen systolischen Geschwindigkeit der distalen A. ulnaris durch das Venentraining bei

-- Probanden ohne terminale Niereninsuffizienz

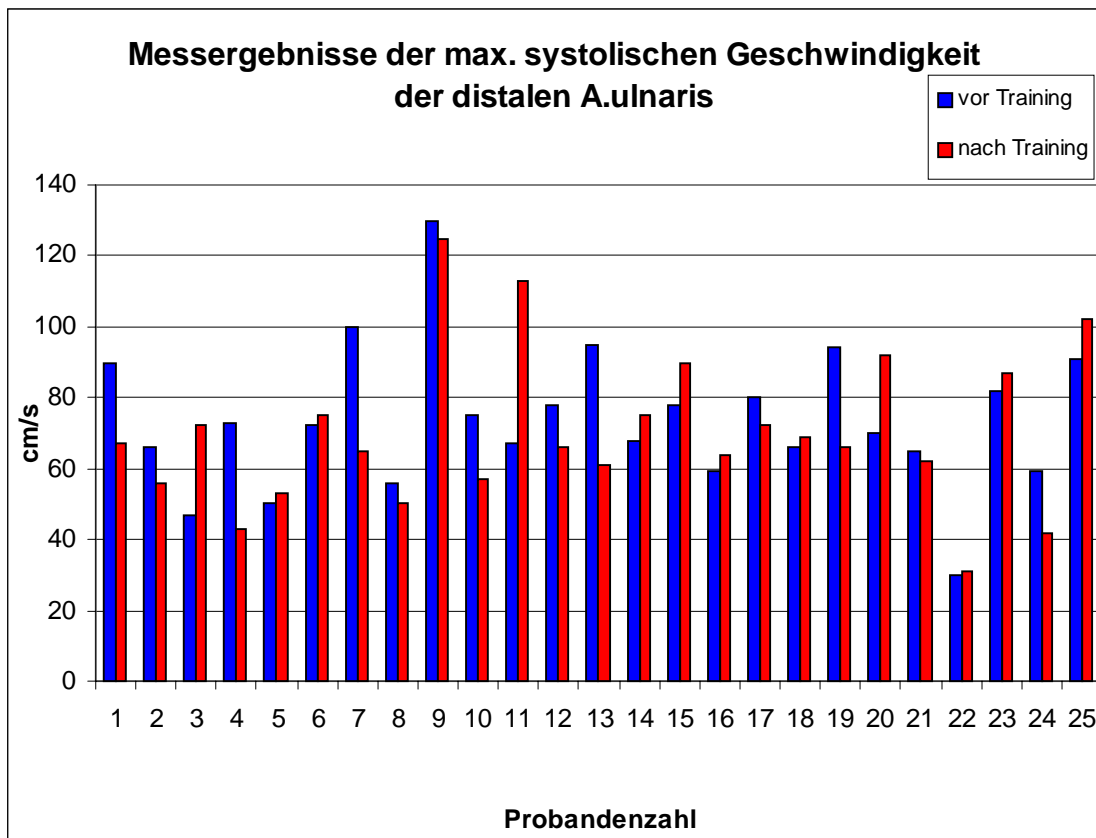


Diagramm 21. Geschwindigkeit in cm/s. P=381

Es wurde bei 25 Probanden ohne terminale Niereninsuffizienz vor und nach dem Venentraining die maximale systolische arterielle Geschwindigkeit der distalen A. ulnaris bestimmt (s. Diagramm 21).

Bei 12 Probanden kam es zu einer Steigerung der Flussgeschwindigkeit, bei 13 zu einer Verringerung (s. Diagramm 22).

Die durchschnittliche Veränderung der arteriellen Flussgeschwindigkeit aller Probanden beträgt **-1,7 cm/s**, was einer prozentualen Verringerung von **2%** vom Ausgangswert entspricht.

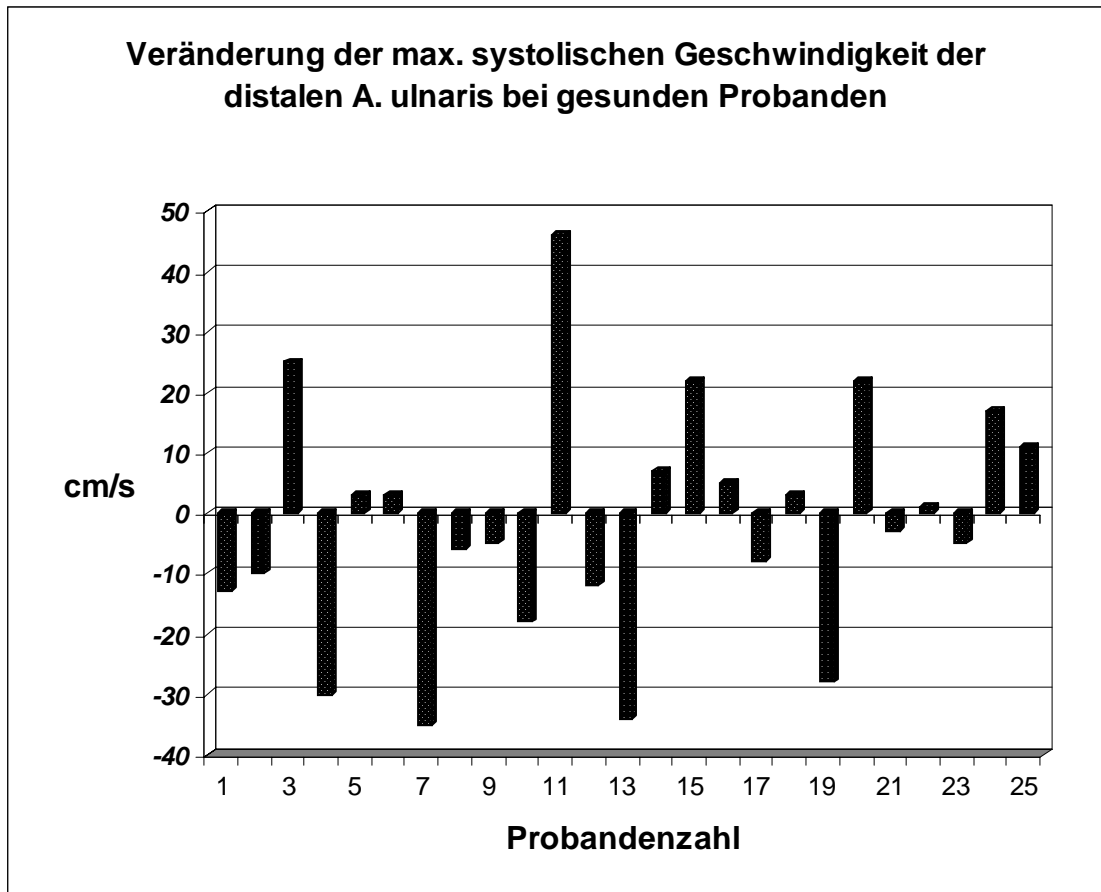


Diagramm 22. Geschwindigkeit in cm/s.

-- Probanden mit terminaler Niereninsuffizienz

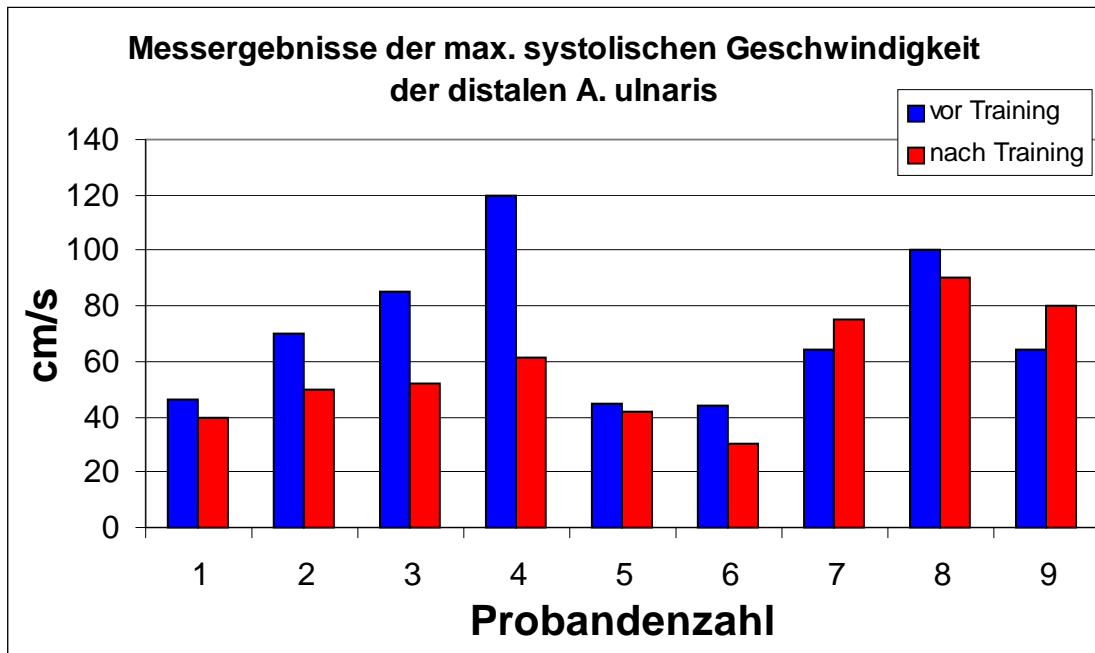


Diagramm 23. Geschwindigkeit in cm/s. P=0,122

Nur 9 Probanden mit terminaler Niereninsuffizienz hatten eine verwertbare A. ulnaris, deren maximaler systolische Geschwindigkeit vor und nach dem Training bestimmt wurde. Bei den restlichen drei Probanden war diese, zumindest im Bereich des Messpunktes, verschlossen (s.Diagramm21).

Eine Steigerung der maximalen systolischen Geschwindigkeit konnte durch das Venentraining bei 2 Probanden erzielt werden.

Bei 7 Probanden verringerte sich der Wert (s. Diagramm 24).

Die durchschnittliche Geschwindigkeitsveränderung aller 9 Probanden beträgt **-13,1 cm/s**, was einer prozentualen Verringerung von **18%** vom Ausgangswert entspricht.

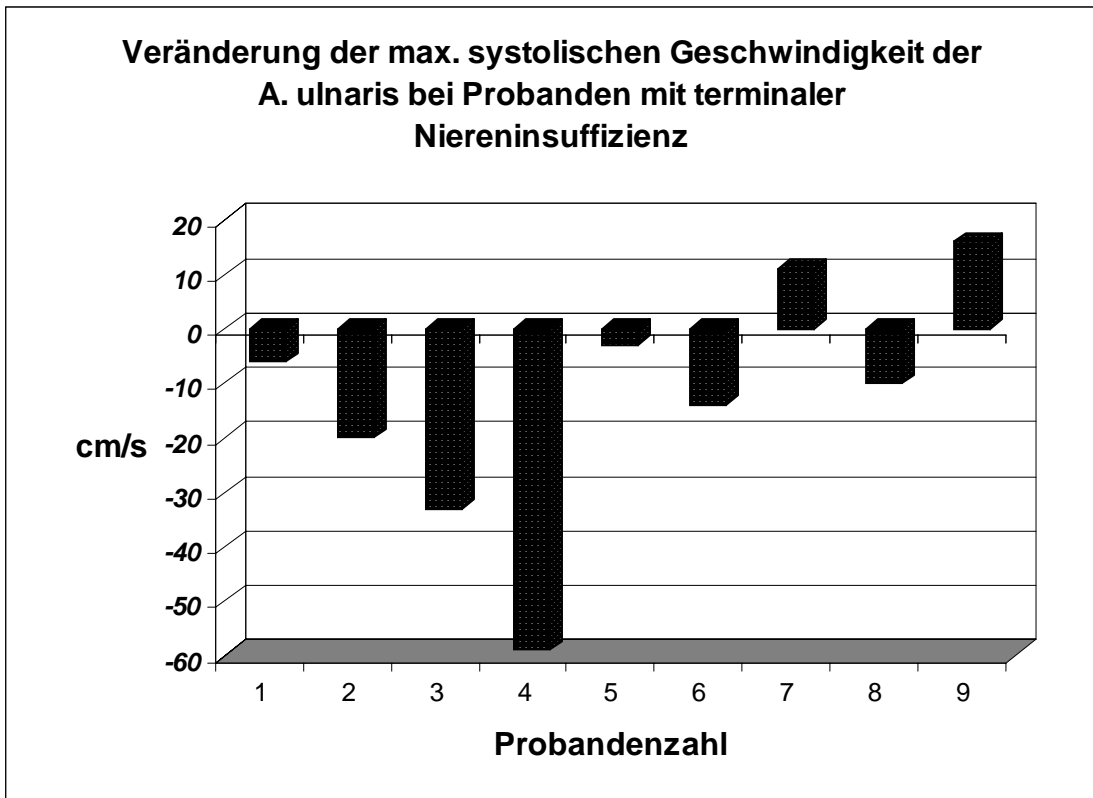


Diagramm 24. Geschwindigkeitsangabe in cm/s.

2.3 3 Ergebnis über die Beeinflussbarkeit der maximalen systolischen Geschwindigkeit der A. brachialis durch das Venentraining bei
 -- Probanden ohne terminale Niereninsuffizienz

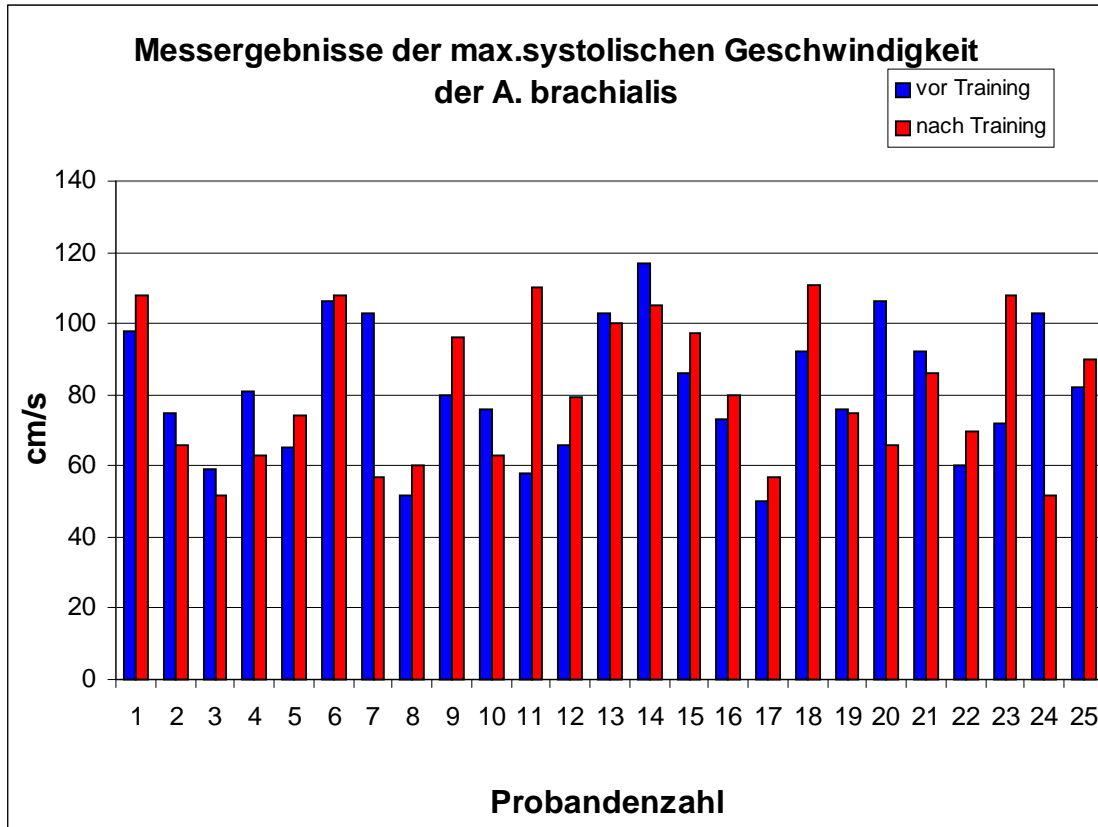


Diagramm 25. Geschwindigkeitsangabe in cm/s. P=0,925

Bei 25 Probanden ohne terminale Niereninsuffizienz wurde vor und nach dem Venentraining die maximale systolische arterielle Flussgeschwindigkeit der A. brachialis bestimmt (s. Diagramm 25).

Bei 14 Probanden kam es zu einer Steigerung der Flussgeschwindigkeit, bei 11 zu einer Verringerung (s. Diagramm 26).

Die durchschnittliche Veränderung der Flussgeschwindigkeit aller Probanden beträgt **0,48cm/s**, was einer prozentualen Steigerung von **1%** vom Ausgangswert entspricht.

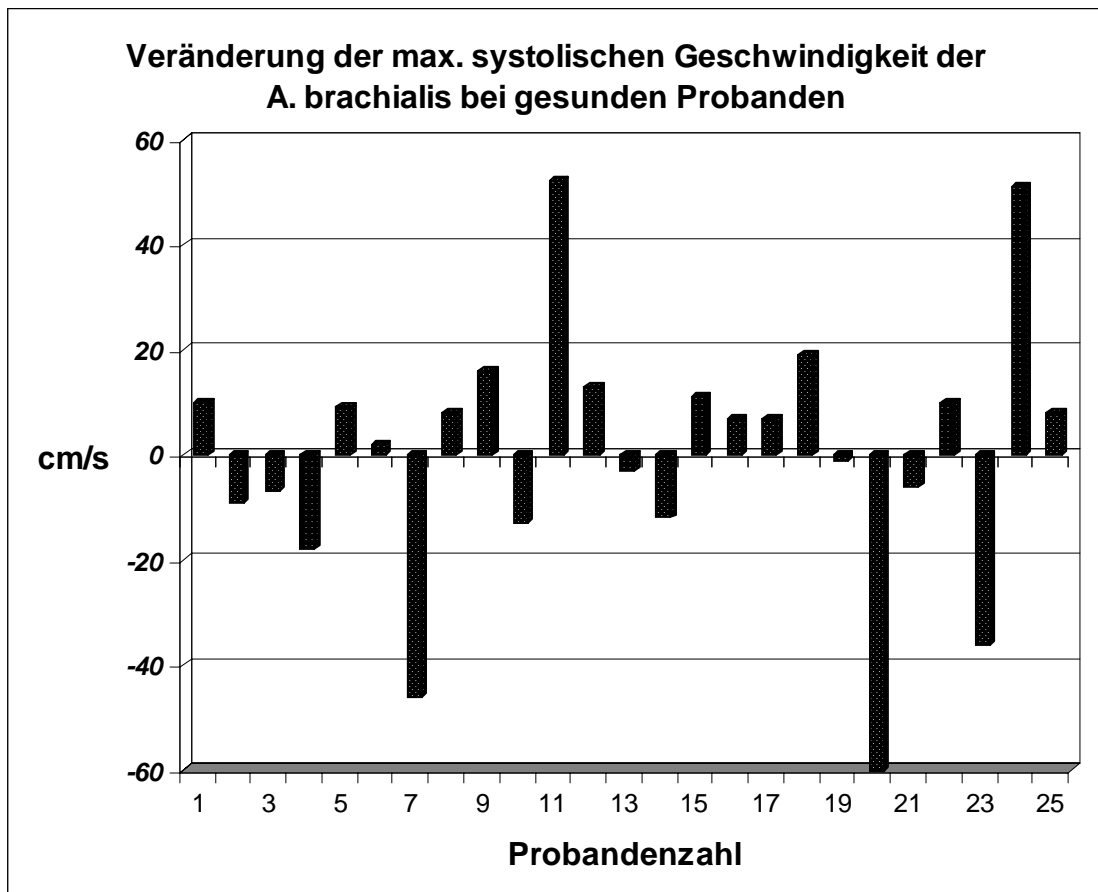


Diagramm 26. Geschwindigkeitsangabe in cm/s.

-- Probanden mit terminaler Niereninsuffizienz

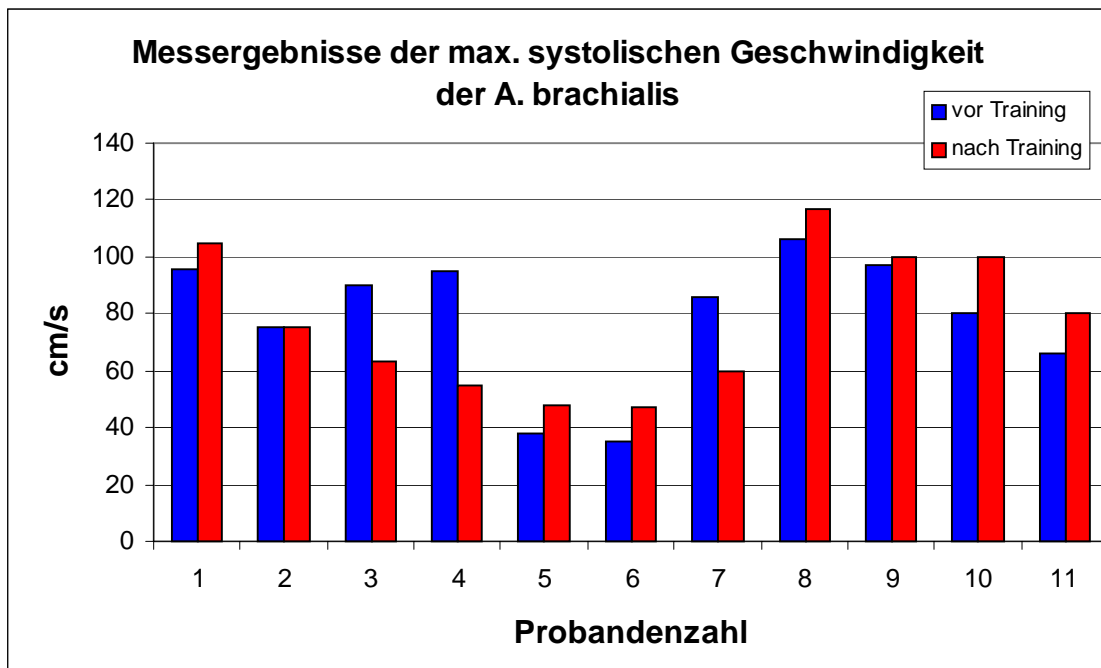


Diagramm 27. Geschwindigkeitsangabe in cm/s. P=0,838

Bei 11 Probanden mit terminaler Niereninsuffizienz wurde die maximale systolische Geschwindigkeit der A. brachialis vor und nach dem Venentraining bestimmt (s. Diagramm 27).

Bei 7 Probanden erhöhte sich die maximale systolische Geschwindigkeit, bei 3 Probanden kam es zu einer Verringerung, bei einem Probanden kam es zu keiner Veränderung (s. Diagramm 28).

Die durchschnittliche Geschwindigkeitsveränderung aller 11 Probanden lag bei **-1,2 cm/s**, was einer prozentualen Verringerung von **2%** vom Ausgangswert entspricht.

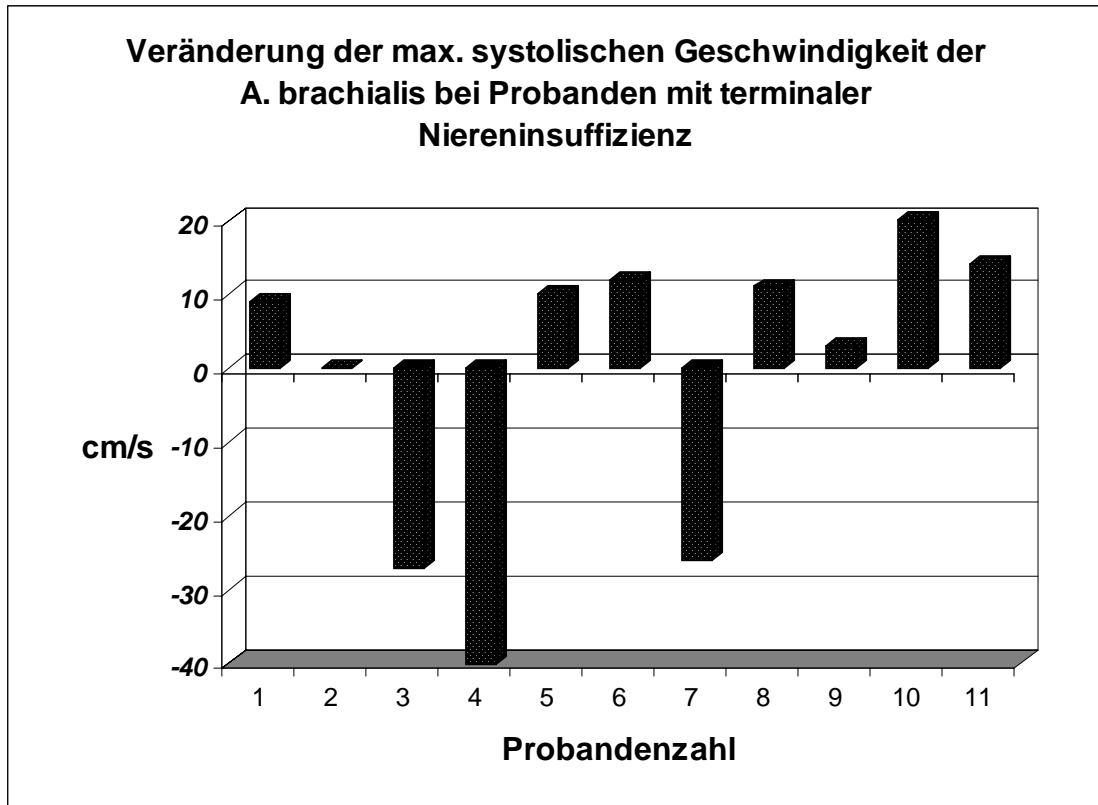


Diagramm 28. Geschwindigkeitsangabe in cm/s.

3.3 Ergebnisse der VVP-Messungen

3.3.1 Ergebnisse über die Beeinflussbarkeit des arteriellen Einstroms durch das Venentraining bei

-- Probanden **ohne** terminale Niereninsuffizienz

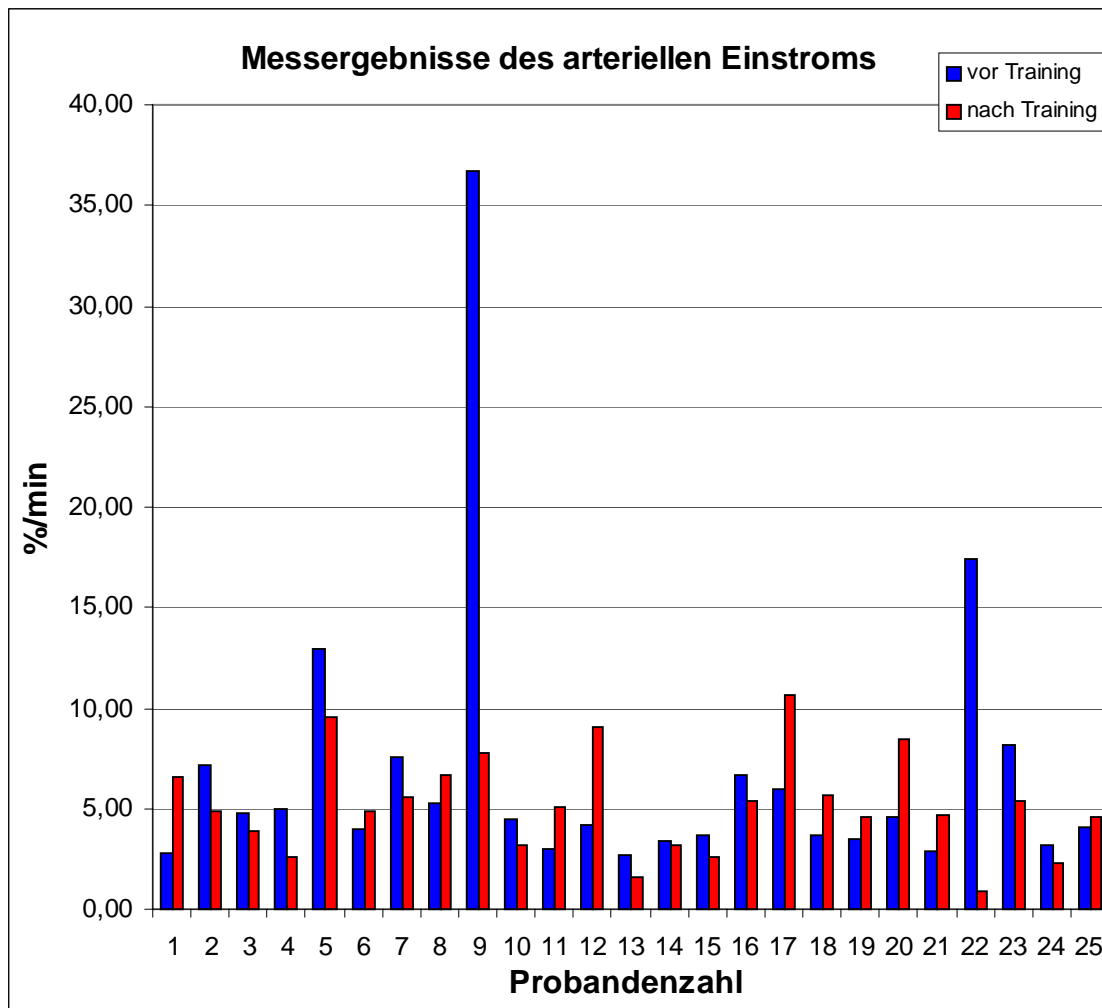


Diagramm 27. Der arterielle Einstrom wird als prozentuale Signalzunahme vom Signalpunkt zu Beginn der Stauungsphase zu dem nach einer Minute angegeben. $P=0,146$

Es wurde bei 25 Probanden ohne terminale Niereninsuffizienz vor und nach dem Venentraining der arterielle Einstrom in das venöse System bestimmt (s. Diagramm 29).

Bei 11 Probanden kam es zu einer Steigerung, bei 14 zu einer Verringerung (s. Diagramm 30).

Die durchschnittliche Veränderung des arteriellen Einstroms aller Probanden beträgt **-1,5%/min**, was einer prozentualen Verringerung von **23%** vom Ausgangswert entspricht.

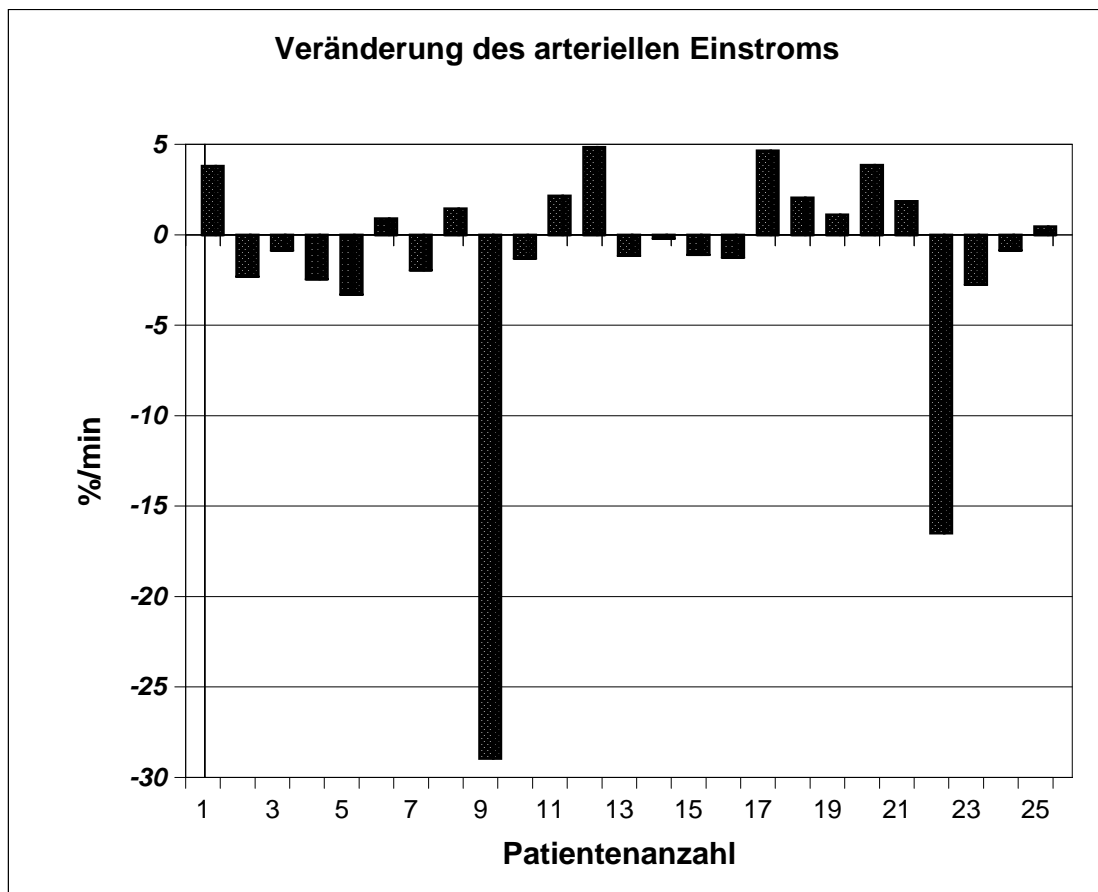


Diagramm 30. Die Veränderung des arteriellen Einstroms wird als prozentuale Signalzunahme vom Signalpunkt zu Beginn der Stauungsphase zu dem nach einer Minute angegeben.

-- Probanden mit terminaler Niereninsuffizienz

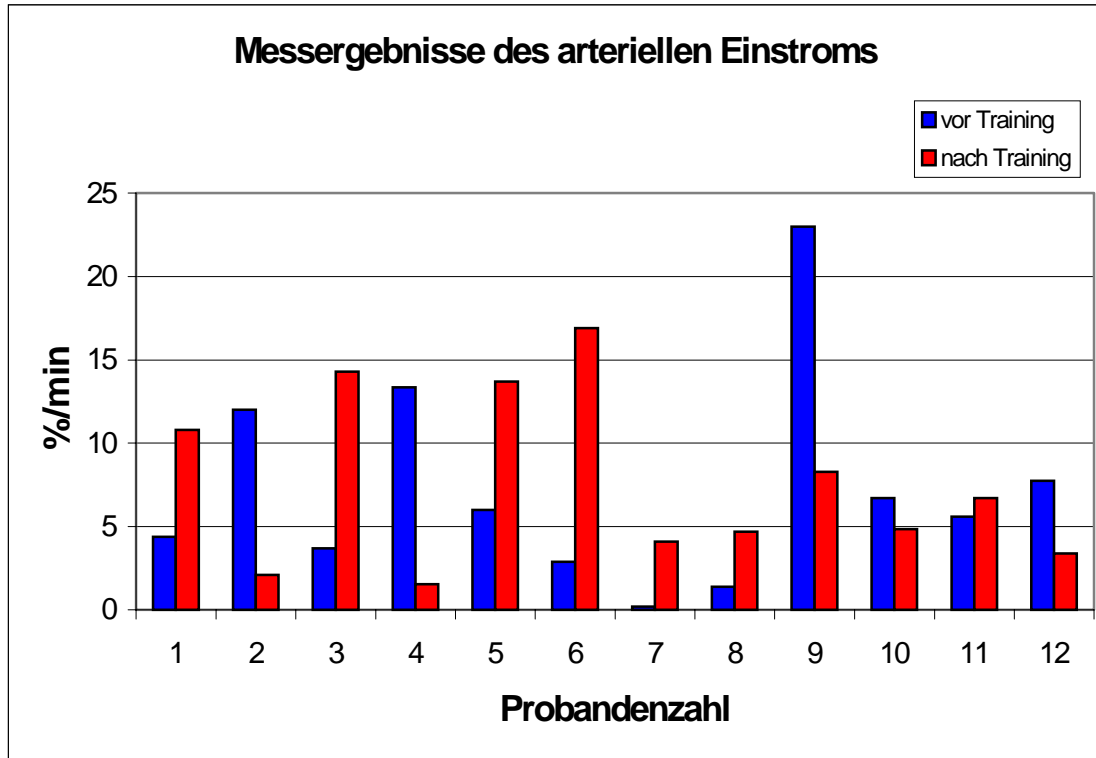


Diagramm 31. Der arterielle Einstrom wird als prozentuale Signalzunahme vom Signalpunkt zu Beginn der Stauungsphase zu dem nach einer Minute angegeben. $P=0,891$

Bei 12 Probanden mit terminaler Niereninsuffizienz wurde der arterielle Einstrom in das venöse System vor und nach dem Training bestimmt (s. Diagramm 31).

Bei 7 Probanden steigerte sich der arterielle Einstrom nach dem Training, bei 5 Probanden kam es zu einer Verringerung (s. Diagramm 32).

Die durchschnittliche Veränderung des arteriellen Einstroms aller 12 Probanden beträgt **0,28 %/min**, was einer prozentualen Steigerung von **4%** vom Ausgangswert entspricht.

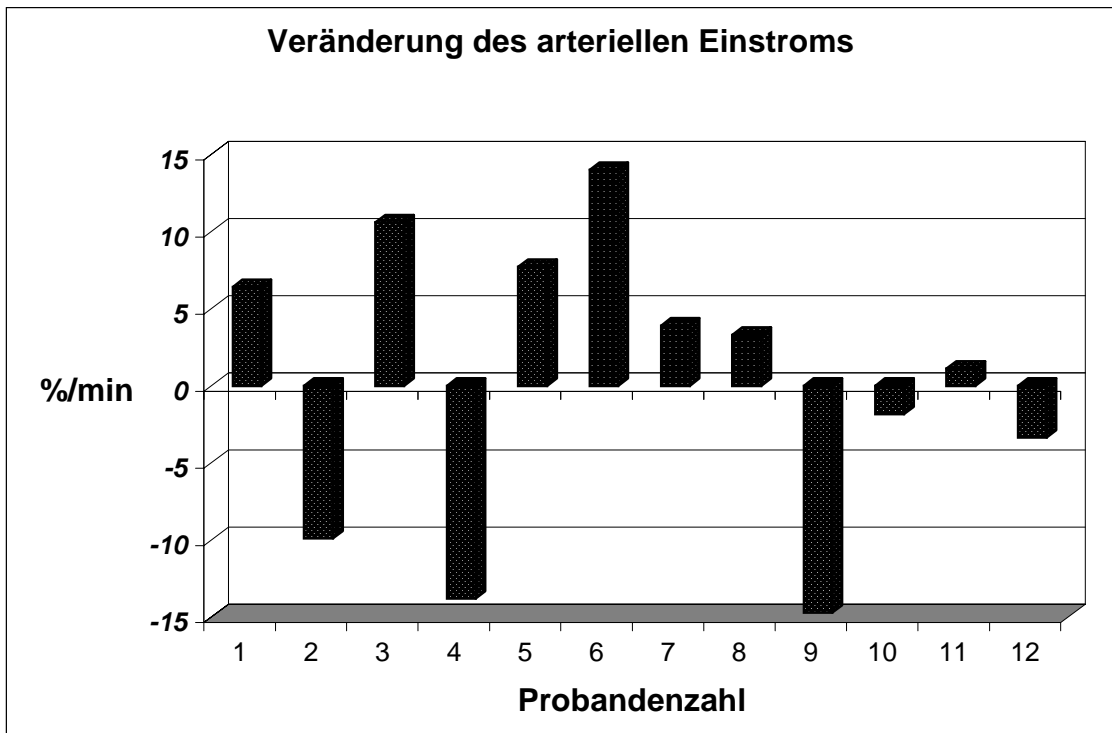


Diagramm 32. Die Veränderung des arteriellen Einstroms wird als prozentuale Signalzunahme vom Signalpunkt zu Beginn der Stauungsphase zu dem nach einer Minute angegeben.

3.3.2 Ergebnisse über die Beeinflussbarkeit der venöse Kapazität durch das Venentraining bei

-- Probanden ohne terminale Niereninsuffizienz

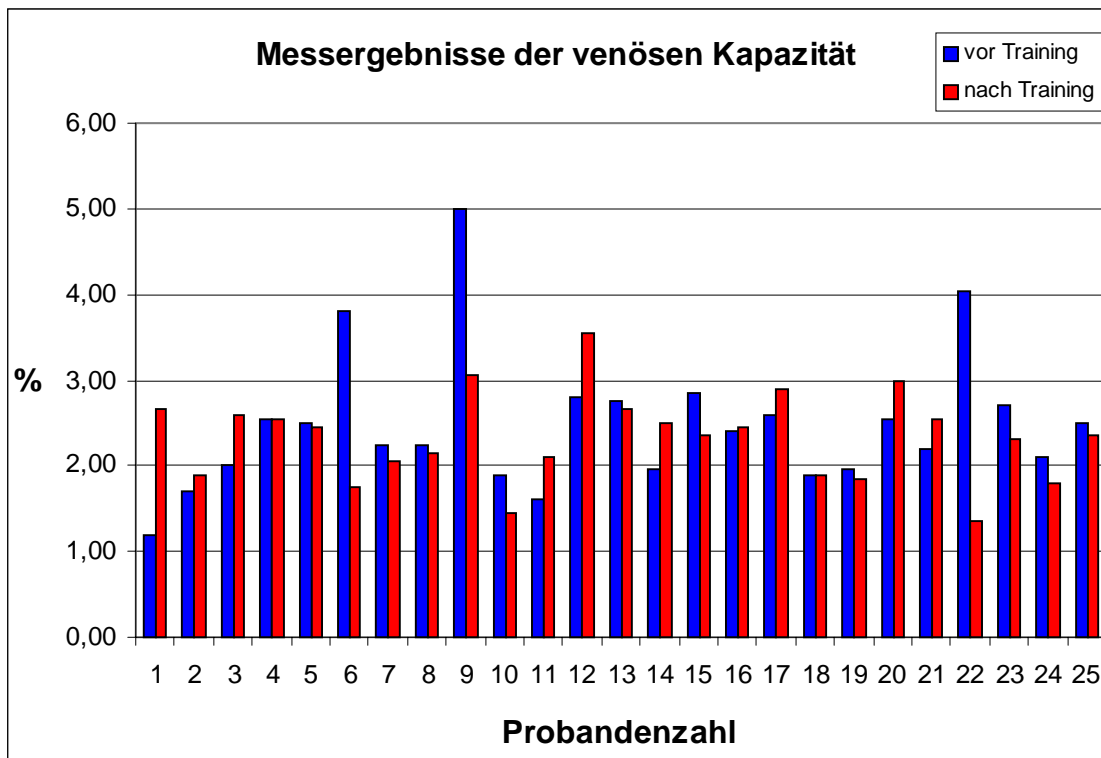


Diagramm 33. Venöse Kapazität angegeben als prozentuale Steigerung des Messsignals vom Beginn bis zum Ende der Stauperiode nach zwei Minuten. $P=0,260$

Es wurde bei 25 Probanden ohne terminale Niereninsuffizienz vor und nach dem Venentraining die venöse Kapazität am Unterarm bestimmt (s. Diagramm 33).

Bei 10 Probanden kam es zu einer Steigerung der venösen Kapazität, bei 13 zu einer Verringerung und bei zwei Probanden zu keiner Veränderung (s. Diagramm 34).

Die durchschnittliche Veränderung der venösen Kapazität aller Probanden beträgt **-0,19%**, was einer prozentualen Verringerung von **8%** vom Ausgangswert entspricht.

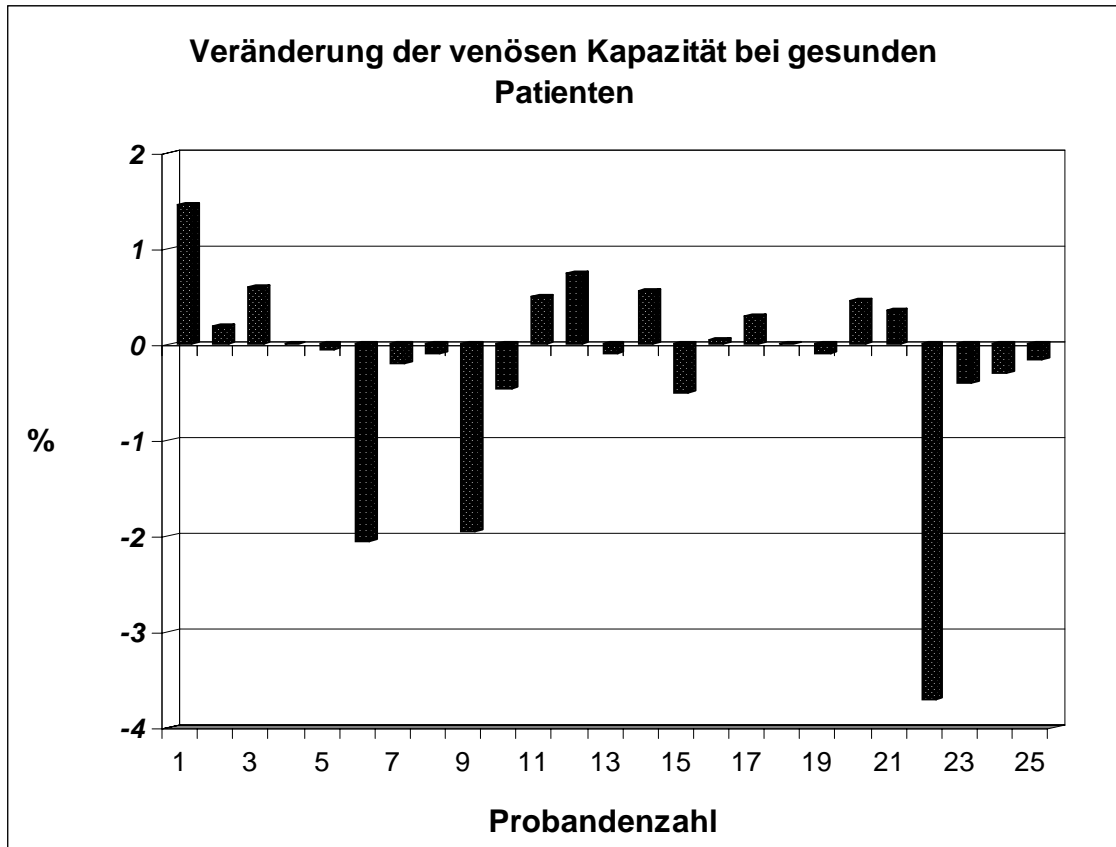


Diagramm 34. Venöse Kapazität angegeben als prozentuale Steigerung des Messsignals von Beginn bis zum Ende der Stauperiode nach zwei Minuten.

-- Probanden mit terminaler Niereninsuffizienz

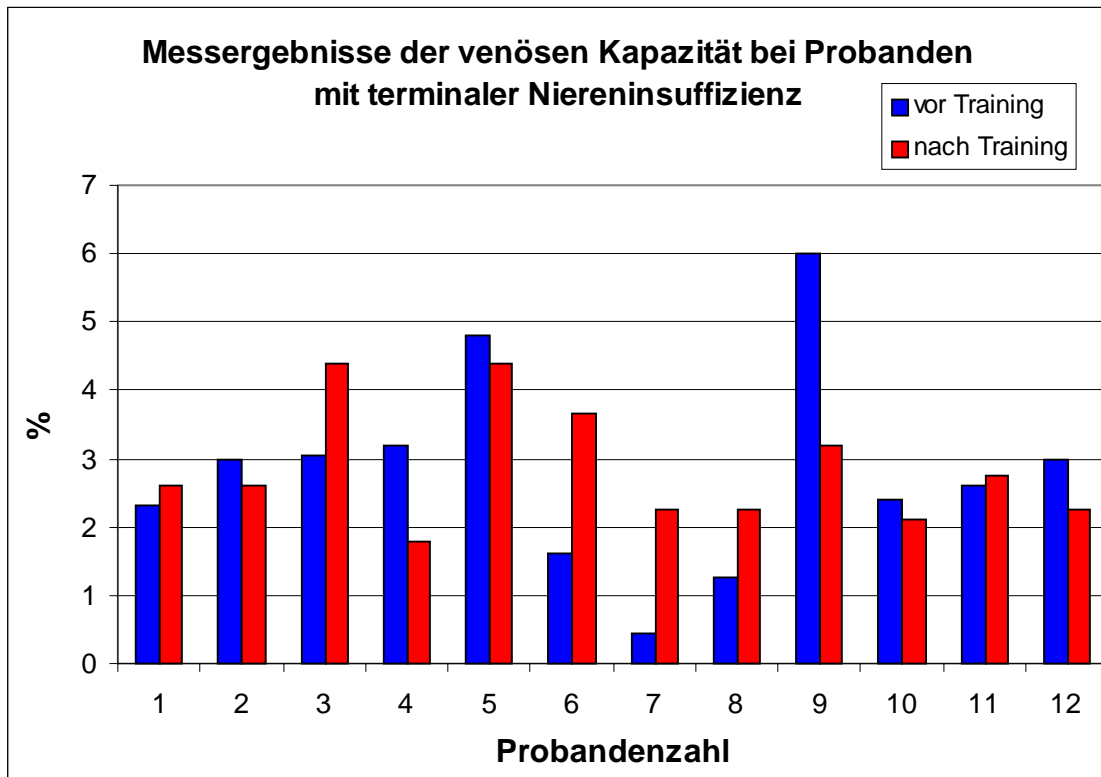


Diagramm 35. Venöse Kapazität angegeben als prozentuale Steigerung des Messsignals von Beginn bis zum Ende der Stauperiode nach zwei Minuten. $P=0,137$

Bei 12 Probanden mit terminaler Niereninsuffizienz wurde die venöse Kapazität vor und nach dem Venentraining bestimmt (s. Diagramm 35).

Bei 6 Probanden kam es zu einer Steigerung der VC,
bei 6 Probanden verringerte sie sich (s. Diagramm 36).

Die durchschnittliche Veränderung der VC aller 12 Probanden beträgt **0,05 %**, was einer prozentuale Steigerung von **2%** vom Ausgangswert entspricht.

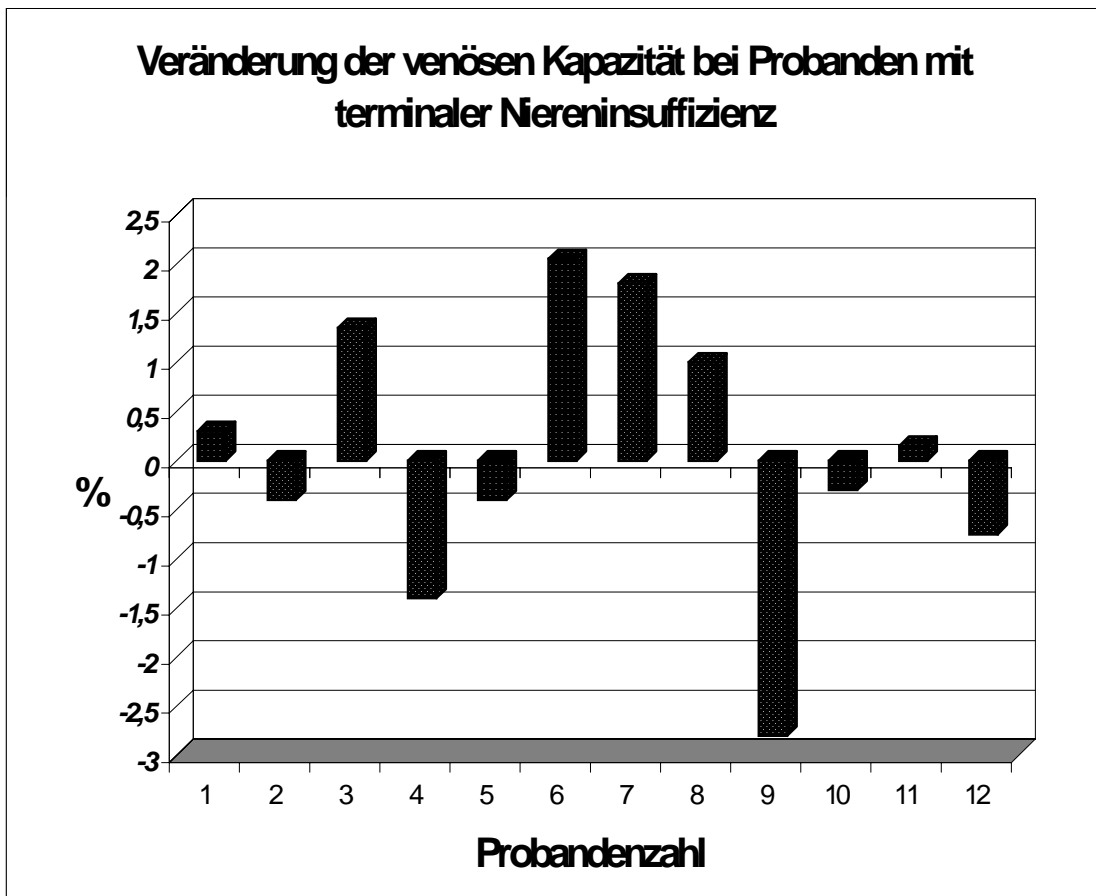


Diagramm 36. Venöse Kapazität angegeben als prozentuale Steigerung des Messsignals vom Beginn bis zum Ende der Stauperiode nach zwei Minuten.

3.3.3 Ergebnisse über die Beeinflussbarkeit des venösen Abstromes durch das Venentraining bei

-- Probanden ohne terminale Niereninsuffizienz

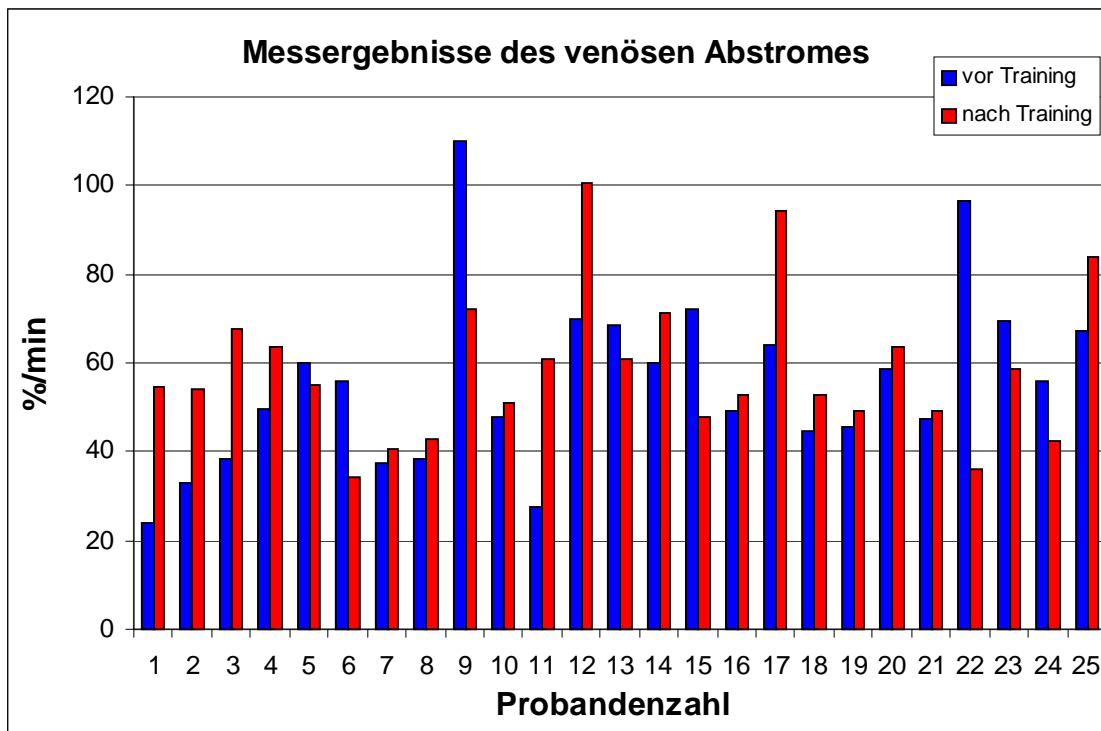


Diagramm 37. Der venöse Abstrom wird als prozentuale Signalabnahme vom Ende bis eine Minute nach der Stauungsperiode angegeben. $P=0,493$

Bei 25 Probanden ohne terminale Niereninsuffizienz wurde vor und nach dem Venentraining der venöse Abstrom aus dem Unterarm bestimmt (s. Diagramm 37).

Bei 17 Probanden kam es zu einer Steigerung des Abstroms, bei 8 zu einer Verringerung (s. Diagramm 38).

Die durchschnittliche Steigerung des venösen Abstroms aller Probanden beträgt 2,8%/min, was einer prozentualen Steigerung von 5% vom Ausgangswert entspricht.

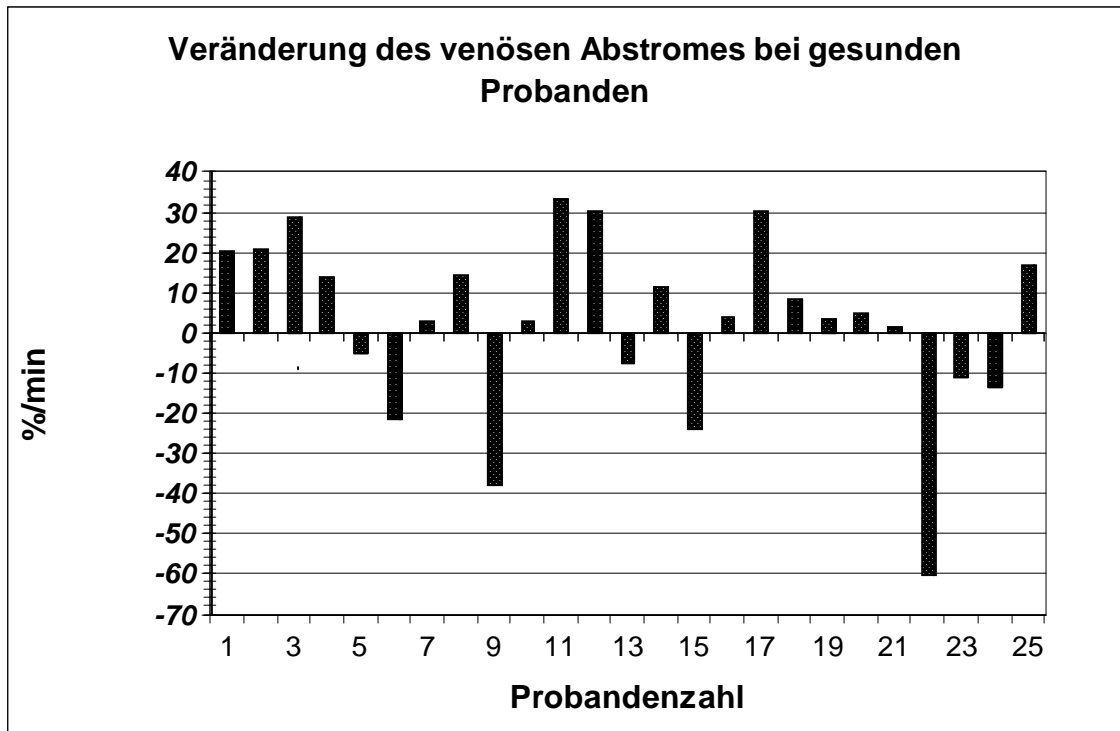


Diagramm 38. Der venöse Abstrom wird als prozentuale Signalabnahme vom Ende bis eine Minute nach der Stauungsperiode angegeben.

-- Probanden mit terminaler Niereninsuffizienz

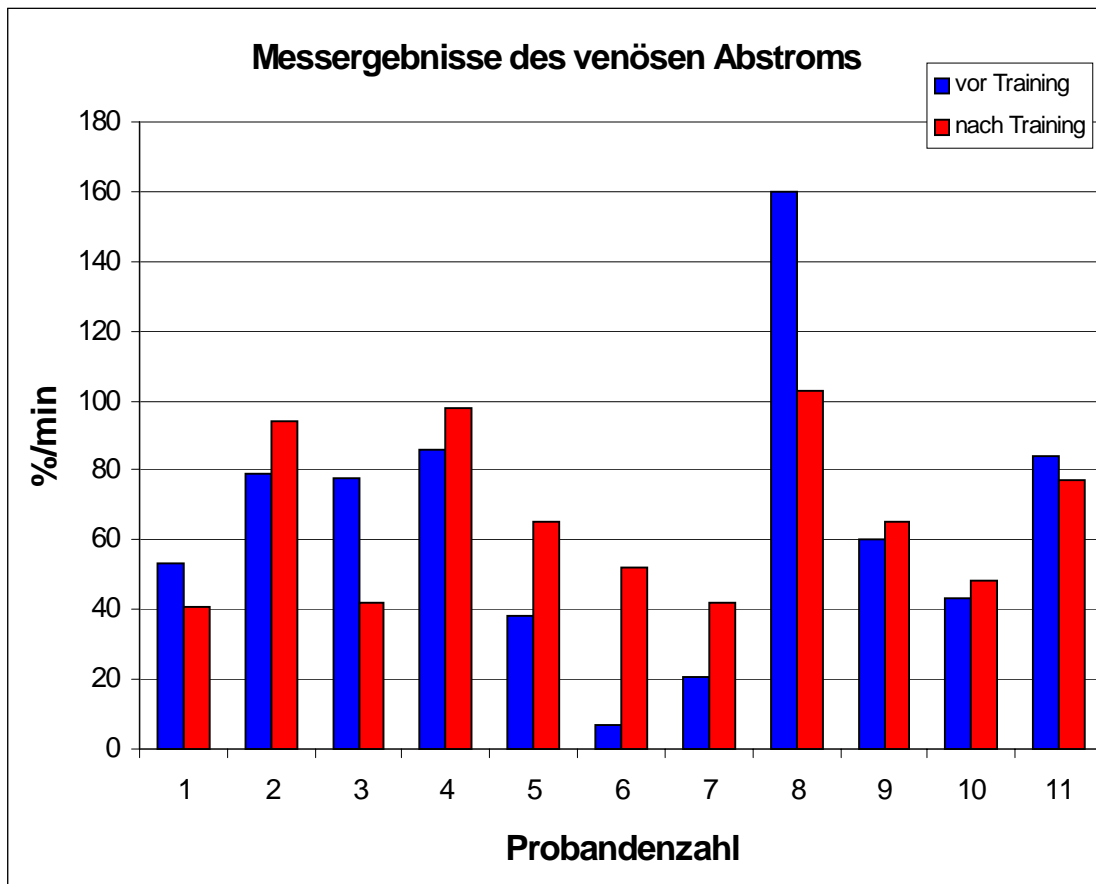


Diagramm 39. Der venöse Abstrom wird als prozentuale Signalabnahme vom Ende bis eine Minute nach der Stauungsperiode angegeben. $P=0,847$

Bei 11 Probanden mit terminaler Niereninsuffizienz wurde der venöse Abstrom vor und nach dem Venentraining bestimmt (s. Diagramm 39).

Bei 7 Probanden kam es zu einer positiven Beeinflussung des VA durch das Venentraining,

bei 4 Probanden zu einer negativen Beeinflussung (s. Diagramm 40).

Die durchschnittliche Veränderung des venösen Abstroms aller Probanden mit terminaler Niereninsuffizienz beträgt **1,63 %/min**, was einer prozentualen Steigerung von **3%** vom Ausgangswert entspricht.

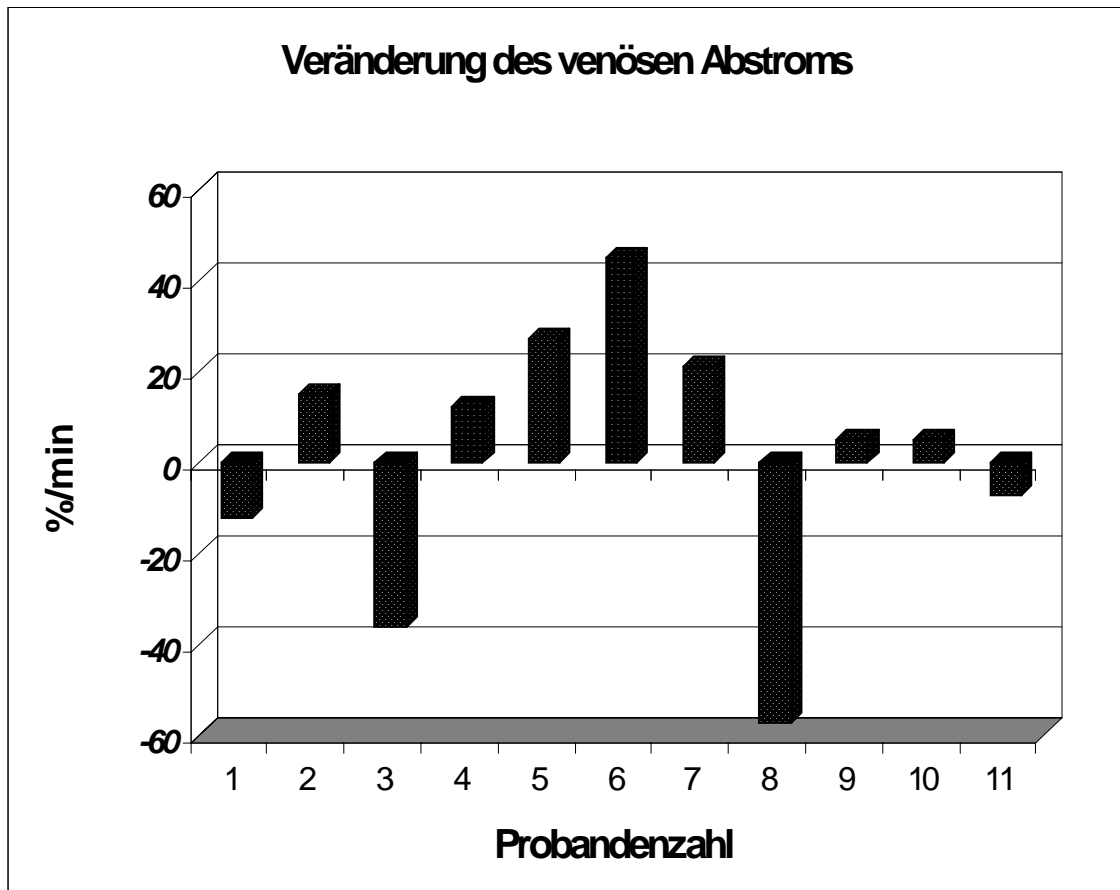


Diagramm 40. Der venöse Abstrom wird als prozentuale Signalabnahme vom Ende bis eine Minute nach der Stauungsperiode angegeben.

3.3.4 Ergebnis über die Beeinflussbarkeit der venösen Abstromkapazität durch das Venentraining bei

-- Probanden ohne terminale Niereninsuffizienz

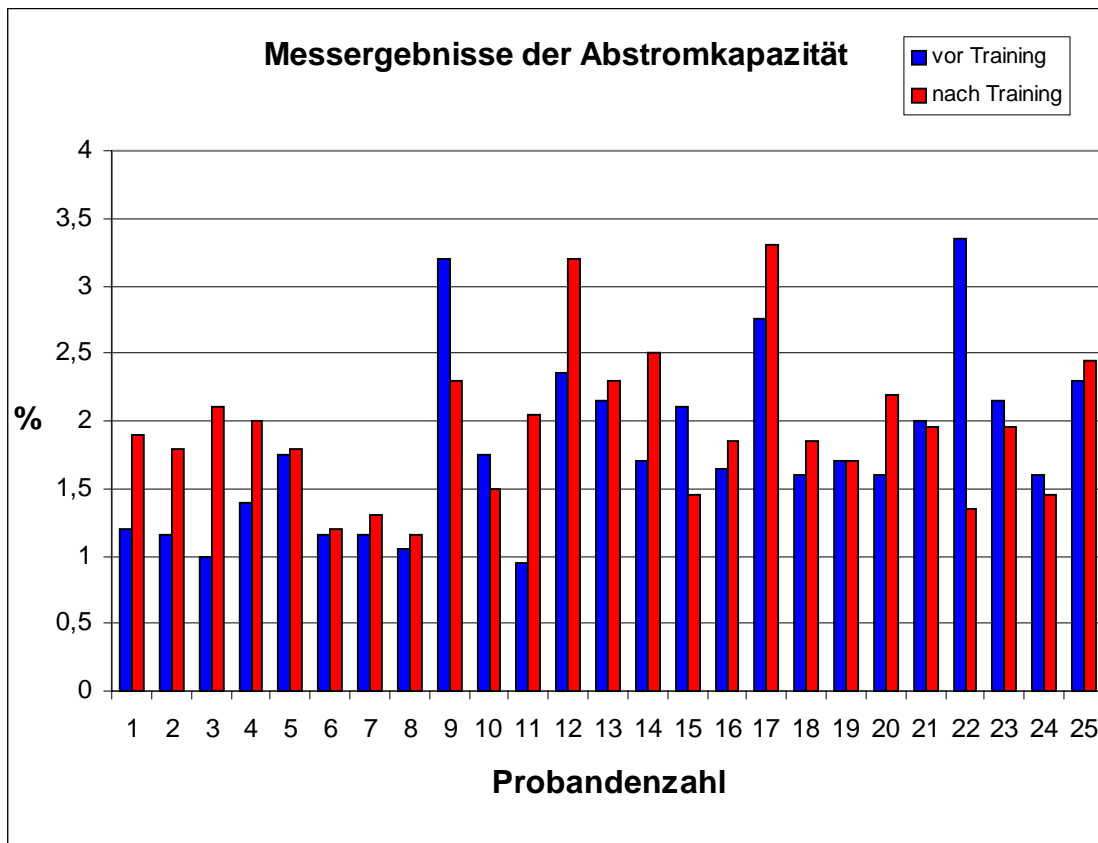


Diagramm 41. Abstromkapazität angegeben in prozentualer Signalveränderung vom Ende der Occlusionszeit zu 25 Sekunden danach. $P=0,513$

Bei 25 Probanden ohne terminale Niereninsuffizienz wurde vor und nach dem Venentraining die Abstromkapazität bestimmt (s. Diagramm 41).

Bei 17 Probanden kam es zu einer Steigerung, bei 7 zu einer Verringerung und bei einem Probanden zu keiner Veränderung (s. Diagramm 42).

Die durchschnittliche Steigerung der venösen Abstromkapazität aller Probanden beträgt **0,19 %**, was einer prozentualen Veränderung von **11%** vom Ausgangswert entspricht.



Diagramm 42. Abstromkapazität angegeben in prozentualer Signalveränderung vom Ende der Occlusionszeit zu 25 Sekunden danach

-- Probanden mit terminaler Niereninsuffizienz

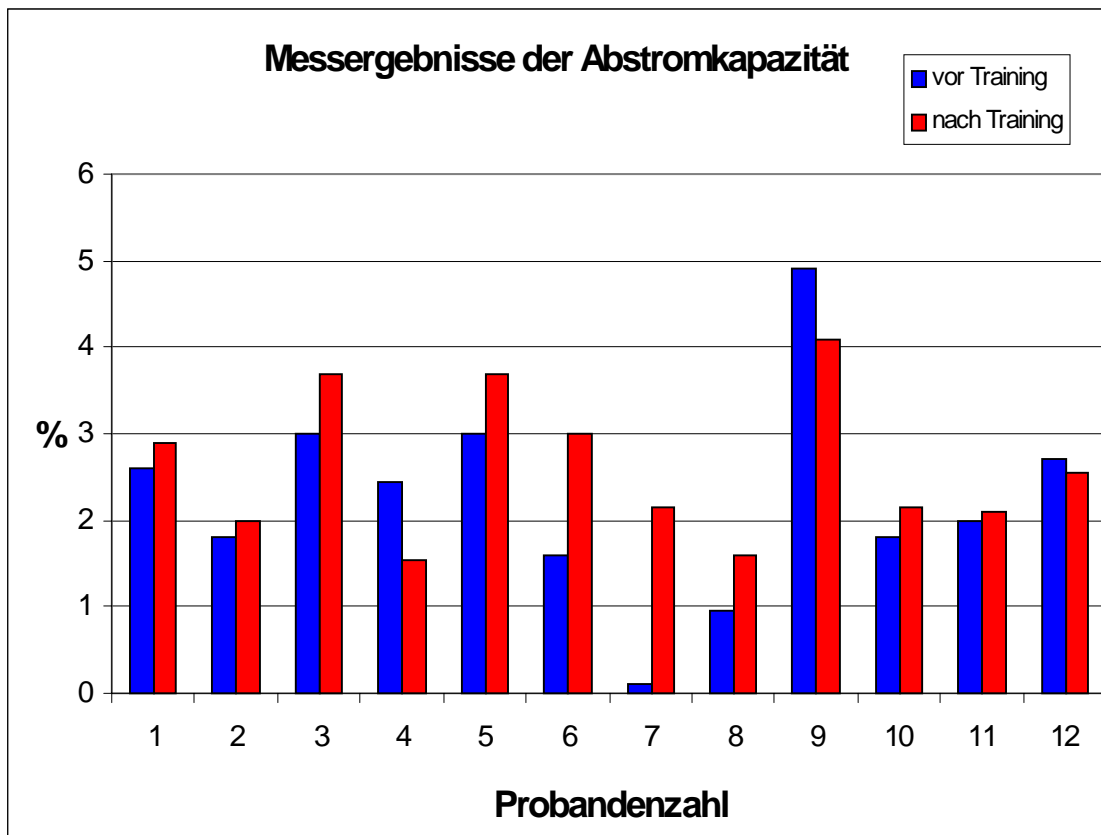


Diagramm 43. Abstromkapazität angegeben in prozentualer Signalveränderung vom Ende der Occlusionszeit zu 25 Sekunden danach. $P=0,903$

Bei 12 Probanden mit terminaler Niereninsuffizienz wurde die Abstromkapazität vor und nach dem Venentraining bestimmt (s. Diagramm 43).

Bei 9 Probanden steigerte sich die Abstromkapazität durch das Venentraining, bei 3 Probanden kam es zu einer Verringerung (s. Diagramm 44).

Die durchschnittliche Veränderung der Abstromkapazität aller 11 Probanden mit terminaler Niereninsuffizienz beträgt **0,38%**, was einer prozentualen Steigerung von **17%** vom Ausgangswert entspricht.

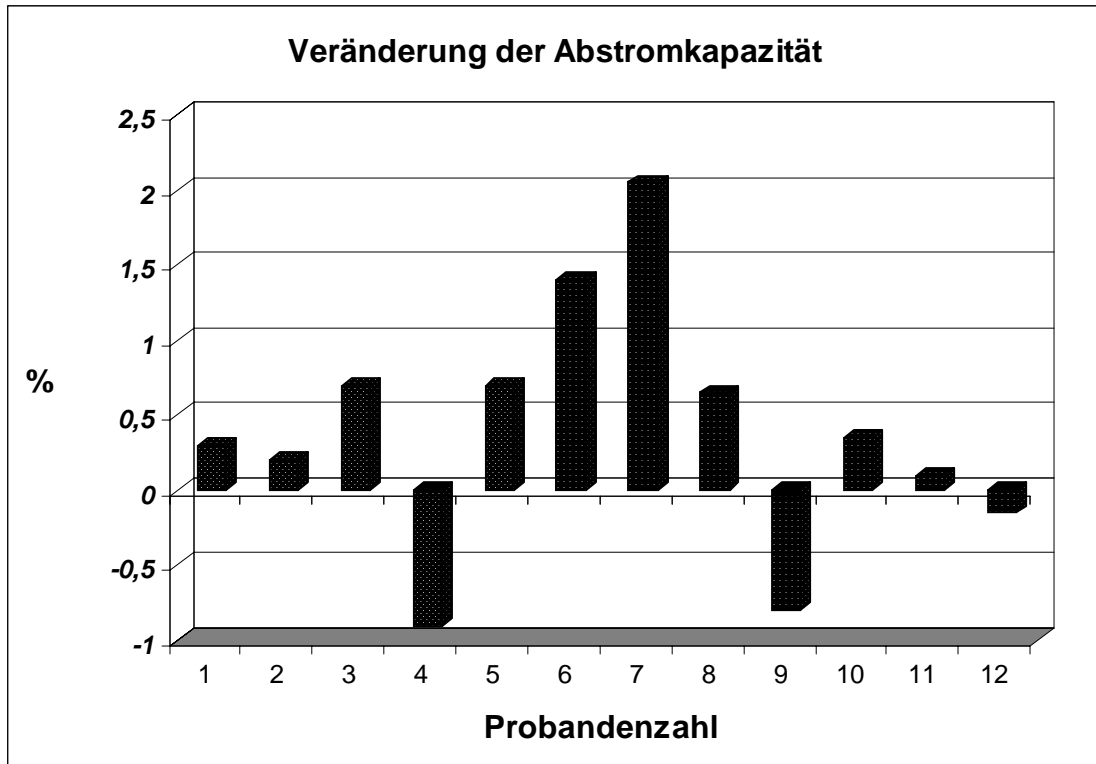


Diagramm 44. Abstromkapazität angegeben in prozentualer Signalveränderung vom Ende der Occlusi-
onszeit zu 25 Sekunden danach.

4. Diskussion

4.1. Kritische Bewertung der eigenen Messergebnisse unter Aufzeigen der Fehlermöglichkeiten und Schwachstellen

4.1.1 Fehlermöglichkeiten bei den Ultraschalluntersuchungen

Die farbkodierte Duplex-Sonographie hat sich im Laufe der letzten 10 Jahre als herausragendes Medium zur Beurteilung der Gefäßsituation in der Dialysehuntchirurgie etabliert. Die Einsatzmöglichkeiten beschränken sich nicht nur auf die Shuntkontrolle postoperativ, sondern dienen auch in hervorragender Weise zur praeoperativen Planung und „Staging“ der arteriovenösen Gefäßsituation (17, 18, 19, 20, 28). Dies trifft heute umso mehr zu, da sich die Bild- und Auflösungsqualität der jetzt erhältlichen und gängigen Sonographie-Geräte in den letzten Jahren deutlich gesteigert hat.

Trotz alledem bleibt die Ultraschalluntersuchung ein subjektives Untersuchungsverfahren. Die Qualität der Untersuchung und die korrekte Befundung der erhaltenen Bilder hängt extrem von der Erfahrung des Untersuchers ab.

Von daher begründen sich auch die möglichen Fehlerquellen im Rahmen dieser Studie.

So ist es trotz Wasservorlaufstrecke möglich, bei der Durchmesserbestimmung ein falsch negatives Ergebnis durch zu starke Kompression auf die Vene, insbesondere bei Probanden mit stark hervortretenden Venen, zu erhalten.

Auch wenn bei den Untersuchungen anatomische Leitstrukturen zur Orientierung und exakten Lokalisation der Messpunkte dienen, bestand trotzdem die Gefahr, dass die Lokalisation der Messung vor dem Training nicht exakt dem Venenanteil nach dem Training entsprach.

Um falsch positive Messergebnisse zu vermeiden, wurde der Venendurchmesser nicht im Querformat, sondern in längsverlaufender Richtung bestimmt. Trotz allem können hier falsche Werte auftreten, wenn der Schallkopf nicht exakt über

der Venenmitte gehalten wurde, sondern etwas nach lateral oder medial abgerutscht ist.

Falsch positive Werte ergeben sich durch unkorrektes Einsetzen der Messcursor zur automatischen Durchmesserberechnung.

Weitere Fehlerquellen bestehen in einer falschen Geräteeinstellung vor Untersuchungsbeginn.

Optimale Bedingungen erhält man durch eine möglichst geringe Eindringtiefe, und eine exakte Fokussierung des Schallkopfes in Höhe des zu messenden Gefäßes.

4.1.2 Fehlermöglichkeiten im Rahmen der VVP-Messungen

In der Venendiagnostik der unteren Extremität hat sich Venenverschlußplethysmographie längst als brauchbare und zuverlässige Untersuchungsmethode erwiesen. Es lassen sich dabei eine Reihe von Messparametern auf einfache Weise gewinnen.

So lag die Idee nur nahe, dieses Gerät auch zur Messung der venösen Flussdynamik an den oberen Extremitäten zu verwenden. Es verwundert daher nicht, dass bereits einige Studien durchgeführt wurden, die sich der Untersuchungsmöglichkeiten der venösen Verschlußplethysmographie am Arm bedienten (29). Mit dieser Methode untersuchte z.B. LINDQUIST M. at all (22) die veränderte Flussdynamik der Gefäße am Unterarm unter Beeinflussung von Betarezeptoren-Blockern und Atropin.

Eine weitere Studie von MARTIN A. at all (21) untersuchte mit der gleichen Methode die Beeinflussung der venösen Kapazität und des arteriellen Einstroms bei schwangeren Patienten.

Prinzipiell lassen sich mit dieser Messmethode relativ zuverlässige Werte gewinnen, wenn man wichtige Grundsätze beachtet.

So gilt es, den Probanden vor der Untersuchung gut darüber zu instruieren, an dem zu untersuchenden Arm während des Messvorganges keinerlei Bewegungen auszuführen.

Sollte dies trotzdem passieren, so haben die Bewegungsartefakte nicht immer Auswirkungen auf die Messergebnisse (siehe 2.3.3.1).

Weiterhin ist es wichtig, die Sensoren in der passenden Spannung um den Arm zu wickeln, um so eine korrekte Kalibrierung des Gerätes zu ermöglichen.

Bei den Untersuchungen selbst gab es gelegentlich technische Schwierigkeiten mit dem Kompressor in Form von gelegentlichen Funktionsausfällen und plötzlichen Druckabfällen.

Ebenfalls gab es Probleme wegen einer Leckage im Schlauchsystem der Straingaugemanschette, sowie Kontaktschwierigkeiten der Sensoren mit dem Sensorkopf.

All diese möglichen Fallstricke haben die Messergebnisse letztendlich nicht beeinflusst, da die Messreihen so oft wiederholt wurden, bis reguläre Untersuchungsbedingungen mit auswertbaren Kurvenverläufen vorlagen.

Die Berechnung der einzelnen Messparameter erfolgte automatisch durch den Computer, so dass auch hier Rechenfehler ausgeschlossen werden können.

Die Durchführung der Messungen erfolgte ausschließlich durch den Autor selbst.

4.1.3 Schwachstellen im Studien-Design durch

- A) beeinflussbare und
- B) nicht beeinflussbare äußere Faktoren

A) Zu den beeinflussbaren Faktoren zählte die Temperatur der Untersuchungsräume. Um hier eine Beeinflussung auszuschliessen, mussten die Probanden vor den Untersuchungsreihen an die jeweiligen Raumtemperaturen akklimatisiert werden, wobei sich im Untersuchungsraum für die Sonographie eine Klimaanlage befand mit konstanter Regulation der Raumtemperatur von 20 Grad. Im Untersuchungsraum II für die VVP-Untersuchungen befand sich keine Klimaanlage. Es wurde jedoch darauf geachtet, eine gleichmäßige Zimmertemperatur ohne übermäßiges Aufwärmen oder zu starke Frischluftzufuhr durch Öffnen der Fenster aufrecht zu erhalten.

Neben der Adaptation an die Raumtemperatur war es auch wichtig, den Kreislauf des Probanden in einem relativen Ruhezustand zum Untersuchungszeitpunkt zu erhalten.

Denn niedrige Temperaturen, sowie eine gesteigerte Atemleistung führen über den Weg des zentralen Nervensystems und über den Sympathikus zu einer Stimulation der Alpha-Rezeptoren der Gefäße und dort zur Vasokonstriktion.

Eine direkte Einflusnahme auf die Vasokonstriktion über die Alpha-Rezeptoren der Venen erfolgt in Phasen körperlichen und psychischen Stresses durch Ausschüttung von Adrenalin (14 – Seite 178).

B: Die nicht beeinflussbaren Faktoren traten im Rahmen dieser Studie ausschließlich bei der Probandengruppe mit terminaler Niereninsuffizienz auf. Arteriosklerotische Gefäßveränderungen, in der Regel hervorgerufen durch Diabetes mellitus, bestimmen zunehmend den Eintritt in die Dialysepflichtigkeit (7) in Deutschland. Diese Faktoren, zusammen mit dem hohen Probandenalter

(57 Jahre), sind es, die die Ergebnisse der Studie nicht unerheblich beeinflussten. Sie führen zu einer Rigidität der Arterien sowie der Venen.

Ebenfalls führt ein prolongierter Krankheitsverlauf zu häufigen Venenpunktionen und in Folge zu erheblichen Veränderungen der Elastizität der Venen am Unterarm.

Weitere Probleme traten bei denjenigen Patienten auf, die bereits dialysiert werden und bei der Studie am noch nicht voroperierten Arm ein Venentraining durchführten. So erzeugt eine Dialysebehandlung hämodynamischen Veränderungen im Niederdrucksystem, die durch postdialytisch auftretenden Hypotoniephasen verstärkt werden. So wurde z.B. bei Proband 7 der Krankenkontrollgruppe bei der Erstuntersuchung kaum noch ein arterieller Einstrom in die Venen beobachtet. Die Ursache lag darin, dass der Proband einen systolischen Blutdruck von kaum 80 mm/Hg zum Untersuchungszeitpunkt aufwies, was dem Druck der Straingaugemanschette entsprach.

Nicht zu vernachlässigen ist auch die Störgröße, die durch Einnahme von Medikamenten hervorgerufen wird. Bereits zuvor wurde auf eine Studie von LINDQUIST et al (22) hingewiesen, mit der die Beeinflussung der Flussdynamik am Unterarm durch Beta-Blocker und Atropin nachgewiesen werden konnte. UEDA S. (23) et al wies den vasodilatativen Effekt von Insulin, ausgelöst durch die lokale Glucoseaufnahme, nach.

Weiter wird pharmakologisch durch Gabe von ACE-Hemmern die Wirkung von Angiotensin 2 auf den Gefäßtonus ausgenutzt (14 – Seite 152 und 24).

All diese Faktoren beeinflussen den Venentonus der Probanden und müssen bei der Ergebnisinterpretation mit berücksichtigt werden.

4.2 Darstellung und Interpretation der Messergebnisse

Um eine differenzierte Beurteilung der Messergebnisse zu erreichen, müssen zwei Parameter in Zusammensicht betrachtet werden:

Zum eine die durchschnittliche Veränderung der Messergebnisse aller Probanden, zum anderen wie viele Probanden von den positiven Veränderungen profitierten, und wie viele nicht.

Damit lässt sich ausschließen, dass einem Parameter ein positiver Trainingseffekt zugesprochen wird, bei dem sich zwar der Durchschnittswert positiv beeinflussen ließ, aber nur wenige Probanden vom Trainingserfolg profitierten.

Dieser Effekt tritt dann auf, wenn sich die Parameter weniger Probanden weit überdurchschnittlich positiv entwickelten, während bei den restlichen nur eine vergleichsweise geringe Verschlechterung auftrat.

Gleiches gilt natürlich auch bei umgekehrten Voraussetzungen.

4.2.1 Messergebnisse bei der Venendurchmesserbestimmung

In der Gruppe der Probanden **ohne terminale Niereninsuffizienz** zeigte sich an allen Venenabschnitte eine deutliche Zunahme des Durchmessers nach Training. Trotz der unter 4.1.1 genannten Fehlermöglichkeiten dokumentiert nicht nur der Gesamtdurchschnittswert den Erfolg, sondern auch die Tatsache, dass bei den meisten Probanden eine Zunahme nachweisbar war.

An der VCD zeigten 20 von insgesamt 25 Probanden einen Trainingseffekt, an der VCP 22 von insgesamt 23 Probanden, an der VB 16 von insgesamt 21 Probanden und an der VMC 16 von insgesamt 19 Probanden.

An der Vena basilica wurden im Mittel die größten Durchmesser-Zuwächse ermittelt. Dies scheint nicht verwunderlich, da gerade diese Vene einen besonders dünnen Wandkaliber aufweist und wegen der hohen Zerreißlichkeit intraoperativ besondere Sorgfalt und Können beim Präparieren vom Operateur abverlangt (25).

Als Schlußlicht der Veränderungen in Millimeter-Angaben erscheint die distale Vena cephalica. Hier beträgt die Veränderung zur Vena basilica im Mittel nicht einmal die Hälfte. Doch die distale Vena cephalica ist in der Regel das Gefäß mit dem geringsten Durchmesserwerten aller 4 untersuchten Venen. So muss als Vergleichswert die prozentuale Durchmesserzunahme in Relation zum Ausgangswert gebracht werden, was die Ergebnissituation der distalen V. cephalica deutlich bessert (Angaben in %).

- Zusammenfassung über die Beeinflussbarkeit der Venendurchmesser durch das Venentraining. Neben den Durchschnittswerten **aller** Probanden stehen in Abbildung 15 auch die Durchschnittswerte der Probanden mit positivem Trainingseffekt.

		VCD	VCP	VMC	VB
alle Probanden	1/10 mm	3,7	6,8	6,1	7,3
	%	12	19	17	30
Prob. mit pos. Trainingseffekt	1/10 mm	6,1	7,3	8,5	10,4
	%	19	20	19	39

Abb.15: Ergebnisse über die Steigerung des Venendurchmessers durch das Venentraining bei Probanden ohne terminaler Niereninsuffizienz.

Es war auffällig, dass schlechte Messergebnisse durchgehend bei den gleichen Probanden auftraten. Dies könnte ein Hinweis auf einen eher gering ausgeprägten Trainingseifer der betroffenen Probanden sein.

Unter Vergegenwärtigung der Punkte 4.1.1 und 4.1.3 müssen die Ergebnisse bei den Probanden **mit terminaler Niereninsuffizienz** differenzierter betrachtet werden. Nur bei 4 der insgesamt 12 Probanden konnte sowohl klinisch als auch duplex-sonographisch eine zur Messung verwertbare Vena basilica gefunden werden, eine verwertbare Vena mediana cubiti nur bei 6 Probanden. Es kam aber bei der distal und proximal gemessenen Vena cephalica zu positiven Trainingsergebnissen.

- Zusammenfassung über die Beeinflussbarkeit der Venendurchmesser durch das Venentraining. Neben den Durchschnittswerten **aller** Probanden stehen in Abbildung 16 auch die Durchschnittswerte der Probanden mit positiven Trainingsergebnissen.

		VCD	VCP
alle Probanden	1/10 mm	2,01	4,1
	%	9,1	15,7
Prob. mit pos. Trainingseffekt	1/10 mm	5,7	8,16
	%	19,2	28

Abb. 16: Ergebnisse über die Steigerung des Venendurchmessers durch das Venentraining bei Probanden mit terminaler Niereninsuffizienz.

Die relativ guten Ergebnisse der VCP sind hauptsächlich auf zwei herausragende Kaliberzunahmen bei Proband 5 und 9 zurückzuführen.

Unter Vergegenwärtigung der Punkte 4.1.1 und 4.1.3 stimmen auch diese Ergebnisse durchaus positiv, zumal die Trainingsdauer nur zwei Wochen betrug und man sich zur Verbesserung der Venensituation praeoperativ einen wesentlich längeren Trainingszeitraum vorstellen kann.

4.2.2 Messergebnisse der maximalen systolischen Flussgeschwindigkeit

Ein positiver Trainingseffekt konnte an keinen der drei gemessenen Arterienabschnitten, weder bei der gesunden, noch bei der kranken Probandengruppe nachgewiesen werden. Im Rahmen der venösen Stauung mit Erweiterung der Venen hätte man sich einen dilatierenden Effekt auf die Arterien erwartet, was sich in einer Abnahme der maximalen systolischen Geschwindigkeit niedergelegt hätte. Lediglich die distale A. ulnaris der Probandengruppe mit terminaler Niereninsuffizienz zeigte bei 9 von 11 Probanden diesen positiven Trainingseffekt. Da sich dieses Ergebnis nicht mit dem der gesunden Probandengruppe deckte, verliert der Trainingseffekt an Bedeutung.

Wahrscheinlich sind die Arterienwände zu kräftig, um einen positiven Effekt durch venöses Stautraining zuzulassen.

4.2.3 Erörterung der Meßergebnisse des arteriellen Einstroms und der venösen Kapazität

Diese beiden Werte werden direkt miteinander verglichen, da sie unmittelbar in Zusammenhang stehen. Während der arterielle Einstrom die Signalveränderung pro Zeiteinheit zu Beginn der VVP-Messung repräsentiert, gibt die venöse Kapazität den Endzustand der Signalveränderung, hervorgerufen durch den arteriellen Einstrom, an.

Weder bei den gesunden Probanden, noch bei der kranken Kontrollgruppe kam es hier zu signifikanten Veränderungen durch das Venentraining. Diese Tatsache verwundert ein wenig, da ja bei dieser Arbeit bereits die Kaliberzunahme der Venen durch das Training nachgewiesen wurde. Ein erweitertes Venengefäßsystem hätte demnach, bei im wesentlichen unveränderter arterieller Flussgeschwindigkeit, einen beschleunigten Einstrom in das venöse System zur Folge und da-

mit auch eine Volumenvermehrung. Eine Erklärung dafür könnte sein, dass die Kapillaren als Widerstandsgefäße einen zu großen Widerstand darstellen und der Sog durch das erhöhte venöse Fassungsvermögen nicht ausreicht, um diesem Widerstand entgegenzuwirken.

Es mag sein, dass hierfür die Trainingsphase von zwei Wochen als zu kurz angesetzt war. Zudem ist die Störanfälligkeit der Messwerte durch die besondere Einflussnahme des vegetativen Nervensystems auf die Wandspannung der Kapillaren nicht unerheblich.

4.2.4 Erörterung der Messergebnisse des venösen Abstroms und der Abstromkapazität

Wie auch arterieller Einstrom und venöse Kapazität hängen venöser Abstrom und die venöse Abstromkapazität unmittelbar zusammen. Die Abstromkapazität bezeichnet den niedrigsten Signalwert 25 Sekunden nach Occlusionsende. Es kam dabei durchaus vor, dass dieser Wert unter den Wert des Ausgangssignals zu Stauungsbeginn lag. Es bedingt sich, dass sich ein schneller Volumenabfluss pro Zeiteinheit direkt proportional zu einem Signal-Volumenwert verhält, der zu einem bestimmten Zeitpunkt, in diesem Fall 25 Sekunden nach Occlusionsende, bestimmt wird.

Bei beiden Werten kam es vor allen Dingen bei der gesunden Probandengruppe zu einer signifikanten Erhöhung der Werte und somit zu einem positiven Trainingseffekt.

Die Abstromkapazität der gesunden Probanden verbesserte sich bei 17 gegenüber 6, die sich verschlechterten.

Der venöse Abstrom steigerte sich bei den gleichen 17 Probanden, 8 verschlechterten sich.

Bei kritischer Betrachtung der Ergebnisse der Probanden 9 und 22 der gesunden Probandengruppe fällt auf, dass sich deren Werte in allen Bereichen der VVP-Messungen deutlich verschlechtert hatten. Die Fehler sind in den Messungen vor dem Training zu sehen, da hier Werte erreicht wurden, die von anderen Probanden nie auch nur annähernd erzielt wurden.

Deshalb divergieren die Durchschnittswerte aller Probanden deutlich mit denen der Gruppe mit ausschliesslich positiver Trainingsleistung (s. Abb.17).

		Venöser Abstrom %/min	Abstromkapazität %
alle Probanden	Messwert	2,8	0,19
	prozent. Veränderung	5%	11%
Prob. mit pos. Trainingsergebnis	Messwert	14,7	0,52
	prozent. Veränderung	26%	29%

Abb. 17: Zusammenfassung der Steigerung des venösen Abstromes und der Abstromkapazität der Probandengruppe ohne terminale Niereninsuffizienz.

Ähnlich gute Ergebnisse wurden bei der Kontrollgruppe der kranken Probanden erzielt.

9 von 12 Probanden steigerten die Abstromkapazität durch das Venentraining. Dabei kam es im Mittelwert zu einer Verbesserung von 0,38, was einer prozentualen Steigerung von 28 % entspricht.

Nicht ganz so beeindruckend waren die Veränderungen des venösen Abstroms. Hier kam es bei 7 von 11 Probanden zu einem positiven Trainingserfolg. Hier lag

der Mittelwert der Veränderungen bei 1,6 % pro Minute, was einer prozentualen Steigerung von nur 3 % entspricht. Zieht man jedoch die beiden Negativausreisser Proband Nr. 3 und 8 ab, kommt es auch hier zu einer deutlich positiven Ergebniskorrektur (12,3%/min, entsprechend einer prozentuale Steigerung von 19%).

4.2.5 Zusammenfassung der Ergebnisinterpretation

Insgesamt sind die Veränderungen bei den gesunden Probanden deutlicher ausgefallen als bei der kranken Vergleichsgruppe. Das Venentraining für die Dauer von 2 Wochen hat in diesem kurzen Zeitraum zu einem positiven Effekt bei den gemessenen Venendurchmessern geführt, aber auch zu einer Steigerung der venösen Abstromkapazität und des venösen Abstroms. Keine Veränderung war hingegen bei der maximal gemessenen systolischen Flussgeschwindigkeit nachweisbar, sowie beim arteriellen Einstrom und der venösen Kapazität.

4.3 Diskussion der Ergebnisse mit bereits veröffentlichten Arbeiten

Es gibt derzeit nur eine veröffentlichte wissenschaftliche Arbeit, die sich wissenschaftlich dem Thema des praeoperativen Venentrainings vor Anlage einer AV-Fistel zu Dialysezwecken widmet. Es handelt sich hierbei um die Habilitationsschrift von KRÖNUNG (11), dessen Erkenntnisse einen wichtigen Grundstein zu dieser Dissertationsarbeit legten.

Er lieferte auf die entscheidene Frage die entscheidende Antwort: Wird durch das Anlegen einer Oberarm-Staumanschette oder –Staubinde ein dilatativer Effekt, eine hyperplastische Dilatation (sekundäre Varicose) auf die Venen ausgeübt?

Den dilatativen Effekt wies er (11, Seite 82) bei diesen Venen ab einem intravenösen Druck von 50 – 60 mm/Hg nach.

Durch periphere intravenöse Venendruckmessungen am Unterarm (11, Seite 98) zeigte er, dass bereits ein leichter venöser Stau am Oberarm beim liegenden Probanden Druckwerte von über 60 mmHg erzielt. Dieser Wert verdoppelte sich beinahe durch isotonische Muskelarbeit.

Unterstützt wurden diese Kenntnisse durch Mitteilungen von STEINBRÜCK (12) und BRACKMANN (26) über die Beobachtung einer sekundären Varicosis bei Gewichthebern durch intrathorakale Druckerhöhung, bzw. die Beobachtung der besseren Punktierbarkeit bei Patienten mit dauerhaften, kräftigen, rhythmischen Kompressionen mit dem Handtrainingsschwamm.

Ohne die heutigen Möglichkeiten durch hochauflösende Ultraschallbilder und genaueste VVP-Messungen, blieb KRÖNUNG als einzige Kontrollmöglichkeit den Erfolg des Venentrainings zu beurteilen, die Inspektion der Venen am gestauten Arm und der Vergleich zur Gegenseite, die nicht trainiert wurde.

Betrachtet wurde **nur** die distale V. cephalica. Hinzu kommt, dass diese „Venengutachtung“ nicht ausschließlich durch ihn selbst, sondern durch die Ärzte der jeweiligen Dialysestationen durchgeführt wurden. Die Ergebnisse der Arbeit von KRÖNUNG müssen daher sehr kritisch betrachtet werden, da er weitgehend nur auf Schätzwerte und keine konkreten Messzahlen zurückgreifen kann. Demzufolge waren auch die Ergebnisse sehr ernüchternd. Lediglich bei 7 Patienten von insgesamt 46 konnte eine Zunahme des Durchmessers geschätzt werden. Eine Ergebniskorrektur erfolgte dadurch, dass auch der Trainingseifer berücksichtigt wurde. Somit gingen nur noch 11 Probanden in die Bewertung ein.

Beinhaltet die Arbeit von KRÖNUNG nur den optischen Größenvergleich der distalen V cephalica vor und nach Training, erhält man durch die eigene Arbeit erstmals einen, durch klare Zahlenwerte objektivierbaren, positiver Trainings-

nachweis der Unterarmvenen. Es wurden dabei **alle** Patienten im Ergebnis berücksichtigt, unabhängig von äußeren Störfaktoren, wie Trainingsmotivation, Hypotonie, u.s.w. (siehe 4.1).

Weiter wurde bei dieser Arbeit nicht nur der Größenvergleich **eines** Venenabschnittes bei dialysepflichtigen Patienten gestellt, sondern ein Reihe anderer Messpunkte und Messwerte bei kranken und gesunden Probanden.

Der Wert der Ergebnisse ist noch um so höher anzusehen, da sich die Trainingsdauer nur über einen Zeitraum von 2 Wochen erstreckte.

In Zusammenfassung der eigenen Ergebnisse und in Ergänzung mit den Einschätzungen von KRÖNUNG ist die Frage der Trainierbarkeit oberflächlicher Venen am Arm beantwortet.

4.4 Klinische Konsequenz

Zur Verbesserung der Eingangskriterien vor AV-Fistelanlage wurde bisher von nur zu wenig Autoren (17, Seite 5; 10, Seite 46; 27, Seite 51; 11) in der praedialytischen Phase ein intensives Venentraining empfohlen.

All die Einschätzungen über den positiven Effekt eines Venentrainings beruhten bisher nicht auf „evidence based medicin“, sondern auf der großen Erfahrung der Autoren im Umgang mit Dialysepatienten. Das war bisher ein Grund dafür, dass ein langfristig angesetztes intensives Venentraining in der praeoperativen Phase nicht als Standardvorbereitung vor AV-Fistelanlage praktiziert wurde. Es ist zu hoffen, dass es durch diese Arbeit bei Nephrologen und Chirurgen zu einem Umdenken kommen wird.

Tatsächlich ist bereits nach einer Zeit von 2 Wochen ein positiver Trainingseffekt nachweisbar.

Ein positiver Nebeneffekt wäre die Förderung des „Shuntvenenbewußtsein“ beim Patienten und beim behandelnden Dialyse-Arzt sowie ein Nachdenken über die Wichtigkeit und über die Bedeutung der Unterarmvene als zukünftige Lebensader.

5 Zusammenfassung

Durch die stetig wachsende Zahl von Patienten, die neu in die Dialysebehandlung eintreten, gewinnt ein gut und lang funktionierender Haemodialyse-Shunt als „Lifeline“ weiter an Bedeutung. Ideale arterielle und venöse Gefäßbedingungen zum Operationszeitpunkt bilden den Grundstock eines komplikationsarmen Shuntlebens. Nur zu selten wird auf die Möglichkeiten des praeoperativen Shunt-Venentrainings hingewiesen, da bisher keine objektivierbaren Daten vorlagen, die den Nutzen eines solchen beweisen. Ziel der Arbeit war es, zunächst Messverfahren zu finden, die sensibel genug waren, bereits kleine Veränderungen im arterio-venösen System am Arm zu dokumentieren um dann die Sinnfähigkeit des Venentrainings mit positiven Ergebnissen zu untermauern.

Die Ultraschalluntersuchungen belegten eine Zunahme des Venendurchmessers bei gesunden Probanden bereits nach einer zweiwöchigen Trainingszeit an der Vena cephalica distal von 12 %, der Vena cephalica proximal von 19 %, der Vena basilica von 30 % und der Vena mediana cubiti von 19 %. Etwas schlechtere Ergebnisse erreichte die Kontrollgruppe der Probanden mit terminaler Niereninsuffizienz bei einer Zunahme des Venendurchmessers von 9,1 % bei der Vena cephalica distal und 15,7 % bei der proximalen Vena cephalica. Ebenfalls verbesserte sich die Abstromkapazität und der venöse Abstrom beider Probandengruppen. Trotz der kurzen Trainingsdauer und der vielen beeinflussbaren Variablen im Studiendesign konnte der Trainingseffekt nachgewiesen werden. Ein praeoperatives Venentraining, im Idealfall von sechs Monaten, sollte in Zukunft als Standard in die Operationsvorbereitung der AV-Fistelanlage eingehen – zum Nutzen des Chirurgen, zum besseren Gebrauch für den Nephrologen und als Lebensader für den Dialysepatienten.

6. Literaturverzeichnis

1. Abel, J., J., Rowntree, L., C.,

On the removal of diffusible substances from the circulating blood of dialysis.

Trans. Assoc. Am. Physicians. (1913) 28-35

2. Bedienungsanleitung

Vasoquant VQ 4000

Quantitative Plethysmographie

3. Brackmann, H., H.

Persönliche Mitteilung

In: Habilitationsschrift

Krönung, G., 1985, S. 97

4. Brescia, M. J., Cimino, J., E., Appel, K., Hurwich, B., J.

Chronic hemodialysis using venipuncture and surgically created arteriovenous fistula.

N. Engl. J. Med. (1966) 275-1098

5. Brittinger, W., D.

Qualität der Erstanlage

In: „Hämodialyse Shuntchirurgie“

von Sommoggy, S., Druck- u. Verlagshaus OHG

Trostberg 1998, 1. Auflage, 25-29

6. Davidson, I., J., A.

Primary Arterio-venous Fistulas (PAVF)

In “On call In...Vascular Access”

Davidson, I., J., A. (Ed.) R.G. Landes Company

Georgetown, Texas, 1996, 29-36

7. Gahl, G., M., Frei, U.

Geschichtliche Entwicklung der Hämodialysebehandlung

In: „Dialyseshunts“

Hepp, W., Hegenscheid, M. (Hrsg.), Steinkopff Verlag,

Darmstadt, 1998, erste Auflage, 3 – 7

8. Haefeli, W., E., Linder, L., Luscher, T., F.

Quinaprilat induces arterial vasodilation mediated by nitric oxide in humans

Hypertension (United States), Oct 1997, 30 (4) 912-917

9. Hepp, W.

Klinische Planung

In: "Dialyseshunt"

Hepp, W., Hegenscheid, M. (Hrsg.), Steinkopff Verlag,
Darmstadt, 1998, erste Auflage, 46-49

10. Hofmann, W., Bauer, K., Garaguly, G.

Welche Faktoren beeinflussen die Funktionsdauer eines Dialyseshunts?

In: "Hämodialyse Shuntchirurgie"

v. Sommoggy, S., Druck und Verlagshaus Alois Erdl OHG
Trostberg 1995, S. 91-95

11. Kolff, W., J., Berk, H., Th., J., ter Welle, M., van der Ley, A., J., W.,

van Dijk; E., C., van Noordwijk, J.

The artificial kidney, a dialyzer with a great area.

Acta. Med. Scand. (1944) 117-121

12. Konner, K.

Qualität der Erstanlage

In: "Hämodialyse Shuntchirurgie"

v. Sommoggy, S., Druck und Verlagshaus Alois Erdl OHG
Trostberg 1998, S. 31-41

13. Krönung, G.

„Die Eigendynamik der für den Gefäßzugang arterialisierten subcutanen Arm-
venen und ihre klinischen Konsequenzen“

Habilitationsschrift, Bonn 1985

14. Krum, H., Katz, S., D.

Effect of endothelin –1 on exercise-induced vasodilation in normal subjects and
in patients with heart failure

Am J Cardiol (United States), Feb 1998, 81 (3) 355-358

**15. Langeveld, A., P., M., Leunissen, K., M., L., Eikelboom, B., C.,
Kitslaar, P., J., E., H., M., Tordoir, J., H., M.**

Duplex ultrasound detection of stenosis in newly created AV fistulas

In: Progress in Access Surgery,

proceedings of the 2nd International Congress on Access Surgery.

Tordoir, J., H., M., Kitslaar, P., J., H., E., M., Kootstra, G.

Maastricht, 14-17 November 1990, S. 145-151

16. Lindqvist, M., Melcher, A., Hjemdahl, P.

Attenuation of forearm vasodilator responses to mental stress by regional
beta-blocker, but not by atropine

Acta Physiol Scand (England), Oct 1997, 161 (2) 135-140

17. Martin, A., Brown, M., A., Bucci, J., Withworth, J., A.
Measuring venous capacitance and blood flow in pregnancy
Aust N Z J Obstet Gynaecol , Aug. 1997, 37(3) 335-339

18. Martin, S., P., Bubb, K., S.
Color flow doppler physics and clinical approaches
In: “ Vascular Access for Hemodialysis – V”
Henry, M., L., Ferguson, R., M.
W.L. Gore & Associates, Inc., and Precept Press
1993, Tuscon, Arizona, S. 81-94

19. Prischl, F., C.
Die Qualität des Shuntchirurgen oder prognostische Faktoren, die für die
Langzeitfunktion einer Hämodialyfefistel entscheidend sind
In: “Hämodialyse Shuntchirurgie”
v. Sommoggy, S., Druck und Verlagshaus Alois Erdl OHG
Trostberg 1998, S. 45-52

20. „QuaSi-Niere“ (Projektgruppe Qualitätssicherung in der Nierenersatztherapie
in Deutschland)
Erhebung 1995
Unveröffentliche Daten, 1996, Berlin

21. Quinton, W., Dillard, D., Scribner B., H.
Cannulation of blood vessels for prolonged hemodialysis.
Trans. Am. Soc. Artif. Intern. Organs (1960) 6-104

22. Oakes, D., D., Sherck, J., P., Cobb, L., F.
Brescia Cimino Fistula 1966-96: Lessons from The Past and Challenges for The
Future
In “Vascular Access for Hemodialysis-V”
Proceedings of the Symposium on Dialysis Access,
Mitchel, L., H., Ferguson; M., R. (Ed)
W.L. Gore & Associates, Inc., and Precept Press
1996, Tuscon, Ariz., 286-291

23. Sands, J., J.
Use of doppler ultrasonography
in management of hemodialysis access
In: “ Vascular Access for Hemodialysis – V”
Henry, M., L., Ferguson, R., M.
W.L. Gore & Associates, Inc., and Precept Press
1997, Tuscon, Arizona, S. 3-10

24. Silbernagel, S., Despopoulos, A.,
Taschenatlas der Physiologie
Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1983

25. Steinbrück, K
Hochleistungssport –Varikose
In: „Die venöse Hämodynamik“
Klücken, N., Brändle, J., Stemmler, R.
F.K. Schattauer , Stuttgart 1980

26. Strauch B., S., O`Connel, R., S., Geoly, K., L., Grundlehner, M.,
Yakub, Y., N., Tietjen, D., P.
Clinical use of color flow doppler
In: “ Vascular Access for Hemodialysis – V”
Henry, M., L., Ferguson, R., M.
W.L. Gore & Associates, Inc., and Precept Press
1993, Tuscon, Arizona, S. 102-108

27. Thieler, H.
Dialyse und Nierentransplantation- eine statistische Übersicht
In: „Dialyseshunts“
Hepp, W., Hegenscheid, M. (Hrsg.), Steinkopff Verlag ,
Darmstadt, 1998, erste Auflage, 34-42

28. Ueda, S., Petrie, J., R., Cleland, S., J., Elliott, H., L., Conell, J., M.
The vasodilating effect of insulin is dependent on local glucose uptake: a double
blind, placebo controlled study
J Clin Endocrinol Metab (United States), Jun 1998, 83 (6) 2126-2131

29. Weise, A., Segerer, W.
Shunt-Management mittels Dopplersonographie
In: "Hämodialyse Shuntchirurgie"
v. Sommogy, S., Druck und Verlagshaus Alois Erdl OHG
Trostberg 1995, S. 69-75

7. Abbildungsverzeichnis

Abb1: Scribnershunt, aus Krönung, G.

„Die Eigendynamik der für den Gefäßzugang arterialisierten subcutanen Arm-
venen und ihre klinischen Konsequenzen“

Habilitationsschrift, Bonn 1985, S. 13

Abb.2: Tabatierenfistel, aus Scholz, H

Der adäquate AV-Gefäßzugang für die Hämodialyse

Bard Impra, München 1995, S. 24

Abb. 3: Distale Basilicafistel, aus Scholz, H

Der adäquate AV-Gefäßzugang für die Hämodialyse

Bard Impra, München 1995, S. 26

Abb.4: Cephalicafistel am Oberarm, aus Scholz, H

Der adäquate AV-Gefäßzugang für die Hämodialyse

Bard Impra, München 1995, S.32

Abb. 5: Ursachen, die zur Dialysepflichtigkeit führen, Daten aus Thieler, H.

Dialyse und Nierentransplantation- eine statistische Übersicht

In: „Dialysehunts“

Hepp, W., Hegenscheid, M. (Hrsg.), Steinkopff Verlag ,

Darmstadt, 1998, erste Auflage, S. 35

Abb.6: Ultraschallgerät der Firma ATL mit der Modellbezeichnung HDI 3000

Eigene Fotoquelle.

Abb.7: Linearschallkopf. Eigene Fotoquelle.

Abb. 8: VVP-Gerät, Firma ELCAT, Modell Vasoquant VQ 4000
Eigene Fotoquelle.

Abb.9: Messsensor und Silberdrähtchen. Eigene Fotoquelle.

Abb.10: Ultraschallmesspunkte am Unterarm. Eigene Fotoquelle.

Abb.11: Abbildung einer Unterarmvene im Ultraschallbild.
Eigene Fotoquelle.

Abb.12: Messpunkte zur Bestimmung des Venendurchmessers.
Eigene Fotoquelle.

Abb.13: Lagerung des Unterarmes bei der VVP-Messung.
Eigene Fotoquelle.

Abb.14: Schema des VVP-Messablaufes, aus Bedienungsanleitung
Vasoquant 4000

Abb. 15: Ergebnis über die Beeinflussbarkeit des Venendurchmessers durch das
Venentraining bei Probanden ohne terminale Niereninsuffizienz.

Abb. 16: Ergebnis über die Beeinflussbarkeit des Venendurchmessers durch das
Venentraining bei Probanden mit terminaler Niereninsuffizienz.

Abb. 17: Zusammenfassung der Messergebnisse des venösen Abstroms und der
Abstromkapazität der Probandengruppe ohne terminale Niereninsuffizienz.

8. Verzeichnis über Abkürzungen

AF	arterieller Einstrom
AR	Arteria radialis
AU	Arteria ulnaris
Abrach	Arteria brachialis
OC	Abstromkapazität
PSV	maximale arterielle systolische Flussgeschwindigkeit
VB	Vena basilica
VC	venöse Kapazität
VCD	distale Vena cephalica
VCP	proximale Vene cephalica
VO	venöser Abstrom
VVP	venöse Verschlussplethysmographie

9. Dankvermerk

Mein herzlicher Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. Stefan v. Sommoggy für die Überlassung des Themas und dafür, dass er mich maßgeblich in der Durchführung und Vollendung dieser Arbeit unterstützte und mit Rat zur Seite stand.

Zuletzt vielen Dank an Lena und Conny für ihre Liebe und Geduld.