

Aus der Medizinischen Poliklinik, Campus Innenstadt  
Klinikum der Ludwig-Maximilians Universität München  
Komm. Direktor: Prof. Dr. med. Martin Reincke

**Blutdruckmessung am bekleideten und unbekleideten Arm:  
Einfluss auf sphygmomanometrische und oszillometrische  
Messwerte bei Hypertonikern**

Dissertation  
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin  
an der Medizinischen Fakultät der  
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von  
Moritz Johann Christoph Eder  
aus  
München

2008

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. med. J. Bogner

Mitberichterstatter: Priv. Doz. Dr. Wolfgang Erl

Mitbetreuung durch den  
promovierten Mitarbeiter:

-----

Dekan: Prof. Dr. Dr. h.c. M. Reiser, FACR

Tag der mündlichen Prüfung: 20.11.2008

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	4
1.1	Definition und Klassifikation der Hypertonie	5
1.1.1	Definition der Hypertonie	5
1.1.2	Klassifikation der Hypertonie	6
1.2	Die Blutdruckmessung	9
1.3	Durchführung der Blutdruckmessung	10
1.4	Zielsetzung der Arbeit	11
<b>2</b>	<b>Material und Methoden</b>	13
2.1	Material	13
2.1.1	Charakteristik der Probanden	13
2.1.2	Blutdruckmessgeräte	17
2.2	Methoden	18
2.2.1	Versuchsaufbau	18
2.2.2	Statistik	23
<b>3</b>	<b>Ergebnisse</b>	24
3.1	Deskriptive Statistik	24
3.1.1	Beschreibung der Stichprobe	24
3.1.2	Beschreibung der Messdaten	27
3.2	Analysierende Statistik	32
3.2.1	Äquivalenztest	32
3.2.2	Bland-Altman plot	33
<b>4</b>	<b>Diskussion</b>	35
4.1	Diskussion von Versuchsaufbau und Stichprobe	35
4.1.1	Einflussmöglichkeiten von Bekleidung auf die Messwerte	35
4.1.1.1	Oszillometrische Messung	35
4.1.1.2	Sphygmomanometrie	37
4.1.2	Verblindung	38
4.1.3	Wahl des Probandenkollektivs	38
4.2	Publikationen zum Thema	40
4.2.1	Holleman et al. 1993	40
4.2.2	Kahan et al. 2003	41
4.2.3	Liebl et al. 2004	44

4.3	Relevanz und praktische Bedeutung der Arbeit.....	49
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>51</b>
6	Tabellenverzeichnis.....	52
7	Abbildungsverzeichnis.....	53
8	Literaturverzeichnis.....	54
Anhang:		
	Erklärung.....	61
	Danksagung.....	62
	Lebenslauf.....	63

**Abkürzungsverzeichnis**

BMI	Body-Mass-Index
cm	Zentimeter
DBP	diastolischer Blutdruck
Dias	Diastole
h	Stunde
kg	kg
mm	Millimeter
mmHg	Millimeter Quecksilbersäule
MW	Mittelwert
n	Anzahl
NOSL	unbekleidete Messung
osz	oszillometrisch
RR	Blutdruck
SBP	systolischer Blutdruck
SL	bekleideter Arm
SP	Spannweite
sph	sphygmomanometrisch
Stand	standardisierter Ärmel
Syst	Systole

# 1 Einleitung

In der Vielzahl der medizinisch geprägten Berufe ist wohl keine Tätigkeit derart selbstverständlich etabliert wie die Blutdruckmessung. Kaum eine andere Handlung dürfte den Arbeitsalltag aller ärztlich oder pflegerisch Tätigen ähnlich kontinuierlich begleiten. Die Blutdruckmessung wird neben der Messung von Puls und Körpertemperatur zur Erhebung der menschlichen Vitalparameter angewendet und ist elementarer Bestandteil der klinischen Untersuchung. Sie dient der Kreislaufkontrolle und bildet die Grundlage vieler diagnostischer Überlegungen.

Durch den zunehmenden Gebrauch automatisierter Messgeräte (oszillometrische Geräte) hält die Blutdruckmessung neben dem Einsatz in stationären oder ambulanten Einrichtungen auch vermehrt im Privaten im Rahmen von Patientenselbstmessungen Einzug. Die ambulante Selbstmessung bildet mittlerweile eine wichtige Säule im Rahmen der Blutdruckdiagnostik (Takayoshi et al 1998, Tholl et al 2004).

Besondere Bedeutung kommt der Blutdruckmessung bei der Diagnose und Therapiekontrolle des Bluthochdrucks zu. Dies wird vor folgendem Hintergrund deutlich:

In den westlichen Industrienationen führen Folgeerkrankungen der Hypertonie und die damit verbundenen Endorganschädigungen zu annähernd der Hälfte aller Todesfälle (Pocock et al. 2001, European Society of Hypertension Working Group on Blood Pressure Monitoring 2003). Auch in Deutschland zählen mit dem Risikofaktor Hypertonie assoziierte Erkrankungen wie koronare Herzkrankheit, akuter Myokardinfarkt, Herzinsuffizienz und Schlaganfall zu den fünf häufigsten Todesursachen (Statistisches Bundesamt Fachserie 12, Reihe 4 2006). Eine konsequente Blutdruckkontrolle mit den verschiedenen zur Verfügung stehenden Messmethoden ist für die Prävention, bzw. den Verlauf einer antihypertensiven Therapie unerlässlich, da der erhöhte Blutdruck einen therapeutisch gut beherrschbaren Risikofaktor darstellt (Frohlich 1995, Sharma et al. 2004).

Die Definition, Klassifizierung und Diagnostik -hier besonders die Messmethodik- der Hypertonie ist also von großer Relevanz. (European Society of Hypertension 2003).

## 1.1 Definition und Klassifikation der Hypertonie

Die Hypertonie stellt durch ihre hohe Prävalenz einen entscheidenden Risikofaktor und Prädiktor für kardiovaskuläre Morbidität dar (Wolf-Maier et al. 2003). Dies erfordert eine einheitliche und konsensfähige Empfehlung im Umgang mit der Hypertonie, die auf aktuellsten wissenschaftlichen Erkenntnissen beruht und Informationen sowie Handlungsanleitungen bietet. Diese Vorgaben erfüllen die Leitlinien zur Diagnostik und Behandlung der arteriellen Hypertonie (Guidelines Committee 2003)

### 1.1.1 Definition der Hypertonie

Der Suche nach einer Definition des zu hohen Blutdrucks muss eine Größe zugrundeliegen, an deren Grenze sich der normale Blutdruck in einem Bereich bewegt, der als gesundheitsgefährdend anzusehen ist. Bei diesen Gefährdungen handelt es sich vor allem um das erhöhte Risiko kardiovaskulärer und zerebrovaskulärer Erkrankungen (Prospective Studies Collaboration 2002).

Es stehen zwei verschiedene Messgrößen zur Verfügung, anhand derer sich eine Definition der Hypertonie ableiten lässt:

- der systolisch gemessene Blutdruckwert
- der diastolisch gemessene Blutdruckwert.

In der Vergangenheit wurde insbesondere dem diastolischen Wert eine entscheidende Rolle als Prädiktor bzw. Risikofaktor für die aus dem Bluthochdruck resultierenden Endorganschädigungen beigemessen. So wurden in den großen Studien der Hypertonieforschung in den vergangenen dreißig bis vierzig Jahren Hypertoniker mit isoliert erhöhten systolischen Werten zumeist nicht berücksichtigt. Als relevanter Marker für einen erhöhten Blutdruck und die damit verbundenen Folgeerkrankungen wurde vor allem der erhöhte diastolische Wert angesehen (Collins et al. 1990). Im weiteren Verlauf konnte jedoch aufgezeigt werden, dass auch der systolische Blutdruckwert in engem Zusammenhang mit der Entstehung kardio- und zerebrovaskulärer Erkrankungen steht (Mac Mahon et al. 1990, Prospective Studies Collaboration 2002). Dies konnte anhand einer engen Beziehung von hohen systolischen

Werten und dem Auftreten von Schlaganfällen nachgewiesen werden, wobei die koronare Herzkrankheit, gemessen an der Sterblichkeitsrate, die gravierendere Folge des erhöhten Blutdrucks darstellt. Bei der Definition der Hypertonie, abhängig von erhöhten systolischen und diastolischen Blutdruckwerten und den daraus resultierenden Risiken, sollte man noch kurz auf einen weiteren Aspekt eingehen. Es konnte beobachtet werden, dass sich die Blutdruckwerte aufgrund von Gefäßveränderungen im Alter unterschiedlich verhalten (O' Rourke 2002). So steigt der systolische Wert mit zunehmendem Alter an, während der diastolische Wert bei Männern um das sechzigste und bei Frauen um das siebzigste Lebensjahr ein Maximum erreicht, um dann wieder abzufallen. Hier ist auch der Pulsdruck (Blutdruckamplitude; systolischer Wert minus diastolischer Wert) von Bedeutung. Durch diesen Wert lässt sich in einer zunehmend alternden Gesellschaft auch der Zusammenhang von kardiovaskulären Erkrankungen und erhöhten Blutdruckamplituden besser erklären. Der Pulsdruck wurde auch gegenüber isolierten systolischen und diastolischen Werten als der bessere Prädiktor kardiovaskulärer Erkrankungen diskutiert (Franklin et al. 1999, Millar et al. 1999).

Die Zusammenschau der Erkenntnisse lässt schlussfolgern, dass systolischer und diastolischer Blutdruck unabhängige Prognosefaktoren für kardio-, und zerebrovaskuläre Erkrankungen darstellen, wobei ab dem 55. Lebensjahr die Bedeutung des Pulsdrucks berücksichtigt werden sollte (Prospective Studies Collaboration 2002). Systolischer und diastolischer Blutdruckwert bilden also die Grundlage für die Klassifikation der Hypertonie und deren Therapie in der täglichen Praxis.

### 1.1.2 Klassifikation der Hypertonie

Die Hypertonie sollte in ihrer Definition und Klassifikation idealerweise Blutdruckwerten folgen, bei denen Diagnostik und Therapie sinnvoll für den Patienten erscheinen (Evans et al. 1971). Die Notwendigkeit für diese Maßnahmen wäre aber bei jedem Patienten jenseits der gemessenen Blutdruckwerte von dessen persönlichem Risikoprofil (Rauchen, Dislipidämie, Bauchfettleibigkeit, Diabetes mellitus, vorbestehende Herz-, oder Nierenerkrankung, Familienanamnese, etc.) abhängig. Die Praxis erfordert

jedoch verbindliche und auf die Bevölkerung verallgemeinerbare Richtwerte, die vor allem im Hinblick auf antihypertensive Therapien feste Zielvorgaben beinhalten sollten. So ist eine numerische Klassifizierung, die in ihren festen Intervallen den Schweregraden des erhöhten Blutdrucks folgt, unverzichtbar (Chobanian et al. 2003, Deutsche Hochdruckliga 2002, Deutsche Hochdruckliga 2001). Hierbei kann im Grenzbereich zweier Kategorien dem individuellen Risikoprofil der Patienten Rechnung getragen werden. So wäre beispielsweise ein *hoch normaler* Blutdruck bei einem Patienten mit erhöhtem kardiovaskulärem Risikoprofil bereits als Stufe-1-Hypertonie einzustufen, während selbiger Wert bei Patienten ohne erhöhtes Risikoprofil noch zu tolerieren wäre. Sollten systolischer und diastolischer Blutdruckwert in verschiedene Kategorien fallen, ist stets die höhere Kategorie gültig. (Tab. 1)

**Tabelle 1: Klassifikation der Blutdruckstufen [mm Hg]**

<b>Kategorie</b>	<b>Systole</b>	<b>Diastole</b>
<b>Optimal</b>	< 120	< 80
<b>Normal</b>	120-129	80-84
<b>Hoch Normal</b>	130-139	85-88
<b>Stufe 1 Hypertonie (leicht)</b>	140-159	90-99
<b>Stufe 2 Hypertonie (mittel)</b>	160-179	100-109
<b>Stufe 3 Hypertonie (stark)</b>	≥ 180	≥ 110
<b>Isolierte systolische Hypertonie</b>	≥ 140	< 90

Bei der Klassifikation der Hypertonie nach den in Tabelle 1 beschriebenen Intervallen ist allerdings ergänzend zu beachten, in welchem Umfeld bzw. mit welchem Messverfahren die Messwerte erhoben worden sind. In diesem Zusammenhang sollten die drei Säulen der Hypertoniediagnostik genannt werden:

- die wiederholten Gelegenheitsmessungen durch den Arzt
- die Selbstmessung durch den Patienten
- die 24h-Langzeitblutdruckmessung.

Bei jedem dieser Messverfahren ist mit leicht unterschiedlichen Messwerten zu rechnen. So liegt der mittlere Blutdruckwert bei der 24h-Langzeitblutdruckmessung in der Regel unterhalb eines durch die Gelegenheitsmessung ermittelten Wertes. Auch die Blutdruckselbstmessung liefert meist leicht niedrigere Werte als die Messung in der Praxis oder Klinik. (Tab. 2). An dieser Stelle sei kurz die sogenannte Weißkittelhypertonie (Praxishypertonie) erwähnt. Dieses Phänomen ist bei Patienten zu beobachten, bei denen die in der Klinik oder Praxis durchgeführten Messungen isoliert erhöhte Werte produzieren, während die in der Selbst-, oder 24h-Messung ermittelten Werte im Normbereich liegen (Botomino et al. 2005; Parati et al. 1998; Pickering et al. 2002). Dieser Effekt lässt sich bei ungefähr zehn Prozent der Allgemeinbevölkerung beobachten (Pickering et al. 1999).

**Tabelle 2: Hypertoniegrenzwerte in Abhängigkeit von verschiedenen Messverfahren**

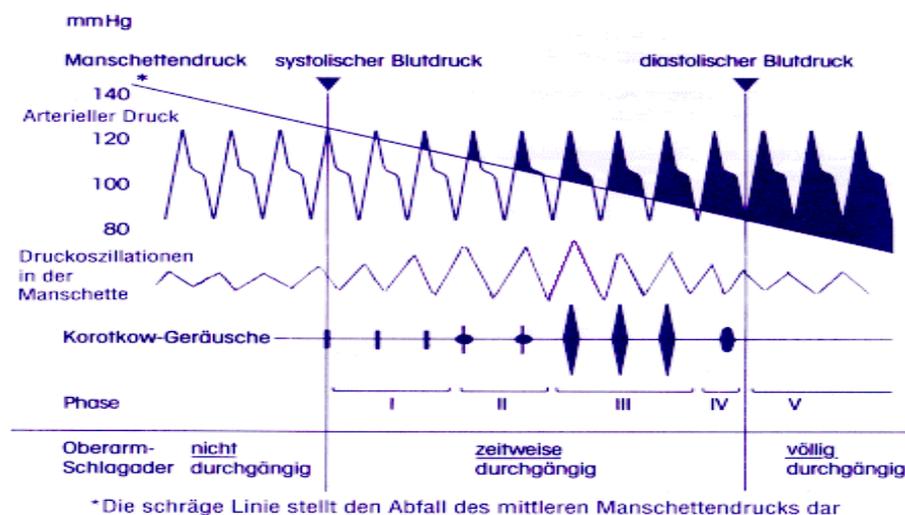
<b>Messverfahren</b>	<b>SBP</b>	<b>DBP</b>
<b>Praxis/Klinik</b>	140	90
<b>24h-Messung (gesamt)</b>	130	80
<b>Selbstmessung</b>	135	85

SBP, systolischer Blutdruck; DBP, diastolischer Blutdruck

## 1.2 Die Blutdruckmessung

Für die Messung des Blutdrucks stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung. Diese orientieren sich an dem intraarteriell gemessenen Wert, der die auf die Gefäßwand wirkende Kraft angibt. Diese Kraft ergibt sich aus dem linksventrikulär ausgeworfenen Blutvolumen, das gegen das gefüllte Gefäßsystem gepumpt wird. Hierbei handelt es sich zwar um eine direkte und damit sehr genaue, doch gleichzeitig auch um eine invasive Messmethode, die meist nur unter intensivmedizinischen Bedingungen durchführbar ist. Die Praxis erfordert Verfahren, mit deren Hilfe Blutdruckmessungen unkompliziert, routinemäßig und anwenderfreundlich zur alltäglichen Kreislaufkontrolle und Diagnostik durchgeführt werden können. Hier haben sich zwei indirekte und nicht invasive Techniken etabliert:

- Die *auskultatorisch sphygmomanometrische* Blutdruckmessung ist die am häufigsten angewandte Methode, die als der Standard der indirekten Blutdruckmessung bezeichnet werden kann (Deutsche Liga zur Bekämpfung des hohen Blutdrucks e.V. 2001). Die Grundlagen dieses Verfahrens wurden durch die Einführung einer aufblasbaren Oberarmmanschette in Verbindung mit einem Manometer bereits 1896 durch Riva-Rocci gelegt und zu Beginn des 20. Jahrhunderts durch die Auskultation der Arterie unterhalb der Messmanschette von Korotkoff ergänzt (Raftery et al. 1991; Cunningham 2003, Abb.1).



**Abbildung 1: Entstehung der Korotkoff- Geräusche**

(Deutsche Hochdruckliga e.V., Leitfaden für Arzt-Patient-Seminare)

- Seit einigen Jahren gewinnt eine weitere Messmethode zunehmend an Bedeutung: die automatische *oszillometrische Messung*. Hierbei werden durch eine aufblasbare Manschette, die eine Komprimierung und daraus folgend Pulsationen der Arterie bewirkt, Oszillationen (Schwingungen) erzeugt, die in der Manschette Druckschwankungen hervorrufen. Aus dem Verlauf dieser Druckverhältnisse können der systolische und diastolische Blutdruckwert digital bestimmt werden. Die Messautomaten finden vor allem in der Patientenselbstmessung und der ambulanten 24h-Langzeitblutdruckmessung - neben der Gelegenheitsmessung durch den Arzt zwei der drei Säulen der Hypertoniediagnostik (Deutsche Liga zur Bekämpfung des hohen Blutdrucks e.V. 2001; O'Brien et al. 2003)- große Verbreitung.

Diese beiden Messverfahren können aufgrund ihrer indirekten Technik die Blutdruckwerte nur näherungsweise bestimmen. Sie entsprechen also nicht gänzlich dem intraarteriellen Vergleichswert, da verschiedene Einflüsse interindividuell auf sie wirken. So beeinflussen beispielsweise arteriosklerotische Gefäßveränderungen, unterschiedlich große Armdurchmesser oder unterschiedliche Dichtewerte des Armgewebes die Messwerte (Belmin et al. 1995; Guidelines Committee 2003; Raftery 1991).

### 1.3 Durchführung der Blutdruckmessung

Um Außeneinflüsse auf die Blutdruckmessung zu minimieren und möglichst exakte Blutdruckmesswerte zu erhalten, haben sich verschiedene Fachgesellschaften auf Vorgaben geeinigt, die bei der Blutdruckmessung zu beachten sind (O'Brien et al. 2003).

Grundlage jeder Messung muss natürlich die Wahl eines Messgerätes sein, dessen Messgenauigkeit nach einem anerkannten Protokoll validiert wurde (Nichtinvasive Blutdruckmessgeräte –Tel 4 2004; O'Brien 1993; Working Group of Blood Pressure Monitoring of the European Society of Hypertension 2002). Weiterhin wurden folgende Empfehlungen ausgesprochen:

- Vor Beginn jeder Messung sollte der Patient einige Minuten ruhig sitzen.
- Neben der Standardmessmanschette sollten auch Manschetten für besonders große, oder kleine Armdurchmesser bereitgehalten werden.

- Unabhängig von der Körperhaltung des Patienten sollte die Messmanschette auf Herzhöhe platziert werden (auch bei oszillometrischen Handgelenkmessgeräten).
- Die erste Messung sollte an beiden Armen erfolgen. Ergeben sich hierbei signifikante Unterschiede, dann entspricht der höher gemessene Wert dem Referenzwert.
- Es sollten zumindest zwei Messungen im Abstand von ca. zwei Minuten erfolgen. Besteht zwischen beiden Werten eine erhebliche Differenz, sollten weitere Messungen durchgeführt werden.
- Die Blutdruck-Selbstmessung sollte nicht öfter als viermal pro Tag erfolgen.
- Im Rahmen der Blutdruck-Selbstmessung sollte der Patient angehalten werden ein standardisiertes Tagebuch (Blutdruckpass) zu verwenden.

#### 1.4 Zielsetzung der Arbeit

Die Diagnostik und Therapie der Hypertonie ist in den westlichen Industrienationen von großer Bedeutung; zeichnen die mit erhöhtem Blutdruck assoziierten Erkrankungen doch für annähernd die Hälfte aller Todesfälle verantwortlich (Pocock et al. 2001; European Society of Hypertension Working Group on Blood Pressure Monitoring 2003). In diesem Zusammenhang spielt die Blutdruckmessung eine entscheidende Rolle, da nur durch sie ein erhöhter Blutdruck diagnostiziert oder der Erfolg einer antihypertensiven Therapie beurteilt werden kann. Die Wichtigkeit dieser simplen Maßnahme wird auch durch die Tatsache unterstrichen, dass verschiedene Fachgesellschaften Leitlinien zur Prävention, Diagnostik und Therapie der Hypertonie verfasst haben (Guidelines Committee 2003; Deutsche Liga zur Bekämpfung des hohen Blutdrucks e.V. 2001; O'Brien et al. 2005). Demnach sollte bei der Blutdruckmessung die Messmanschette am unbekleideten Arm des Patienten angebracht werden.

In der täglichen Praxis wird diese Vorgabe jedoch oftmals unterlaufen. So wird der Untersucher aus Gründen der Routine, Effizienz oder Zeitnot verleitet, die Messmanschette über der Bekleidung des Patienten zu platzieren, weil dieser

evt. schwer mobilisierbar ist oder weil zu enge Bekleidung das Entkleiden erschwert. Auch die notfallmäßige Blutdruckmessung zur Kreislaufkontrolle erlaubt oft kein Entkleiden des Armes. Bisweilen hindern religiöse Vorschriften den Untersucher daran den Arm des Patienten zur Messung zu entblößen.

Die Blutdruckmessung am bekleideten Arm erscheint also durchaus zweckmäßig und effizient, doch dürfen die so erhobenen Messwerte durch den Einfluss der Bekleidung nicht in ihrer Validität beeinträchtigt werden. Nur sehr wenige Publikationen beschäftigen sich mit diesem Problemfeld.

Die vorliegende Arbeit soll mit vergleichenden oszillometrischen und sphygmomanometrischen Blutdruckmessungen am unbekleideten und am bekleideten Arm, sowie über einem standardisierten Baumwollärmel den Einfluss von Bekleidung auf die Blutdruckmessung speziell bei Hypertonikern untersuchen.

## 2 Material und Methoden

### 2.1 Material

#### 2.1.1 Charakteristik der Probanden

Im Rahmen der Studie wurden an 203 Probanden Blutdruckmessungen durchgeführt. Die Probanden waren ausschließlich ärztlich diagnostizierte Hypertoniker in stationärer Rehabilitationsbehandlung der kardiologischen Abteilung der Klinik Höhenried gGmbH. Zur genaueren Charakterisierung der Patienten wurden anhand eines Fragebogens anamnestische Daten wie Name (freiwillige Angabe, um auch Anonymität zu gewährleisten), Geschlecht, Alter, Geburtsdatum, Größe und Gewicht erhoben. Weiterhin wurde erfragt, wie lange die Hypertonie bereits besteht und ob bzw. wie lange sie schon medikamentös therapiert wird. Hierfür wurden die Probanden speziell nach ihrer antihypertensiven Medikation befragt (Abb. 2, 3).

Voraussetzungen für die Teilnahme an den Messungen waren folgende Kriterien, die zum Ein- oder Ausschluss führten:

Einschlusskriterien:

- Einverständniserklärung der Probanden (informed consent).  
Hierfür wurden die Probanden über den Versuchsaufbau, den Inhalt und die Zielsetzung der Studie aufgeklärt, worauf die Zustimmung zur Teilnahme an den Messungen erfolgte.
- Ärztlich diagnostizierte Hypertonie.

Ausschlusskriterien:

- Jeder Armumfang, der nicht mit den zu den Messungen verwendeten Standardmanschetten (ERKA Profi, Kallmeyer Medizintechnik; bosomedicus prestige, Bosch und Sohn) kompatibel war.
- Der Konsum von Tabakwaren und koffeinhaltigen Getränken vor den Messungen (Frohlich 1995).

- Einnahme von Mahlzeiten vor den Messungen (Jansen et al. 1995).
- Herzrhythmusstörungen.

Rhythmusstörungen können bei den oszillometrischen Messungen zu Fehlermeldungen führen. Bei den sphygmomanometrischen Messungen führen besonders Bradyarrhythmien zu schwer bestimmbareren Messwerten.

- Körperliche Anstrengung vor den Messungen.

Fortlaufende Nr.: ____	Datum: __.__.____	
Name: _____	Vorname: _____	
Geschlecht: <input type="radio"/> männlich / <input type="radio"/> weiblich		
Alter: _____	Geburtsdatum: __.__.____	
Größe: _____ cm	Gewicht: _____ kg	
Wie lange ist Hypertonie bekannt? _____		
Hypertonie medikamentös eingestellt: <input type="radio"/> ja / <input type="radio"/> nein		
Wie lange ist Hypertonie behandelt? _____		
Medikation:	ja	nein
Betablocker (Beloc, Concor, Sotalol,...)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Diuretikum (Lasix, Aquaphor, Moduretik,...)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ACE-Hemmer (Delix, Xanef, Lopirin,...)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Calciumantagonist (Adalat, Isoptin Sensit,...)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
AT1-Rez.Antagonist (Lorzaar, Diovan, Blopress,...)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Weitere	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Welche? _____	

**Abbildung 2: Fragebogen/Anamnestische Daten**

### Messung

Dicke SL: \_\_\_\_ mm

Dicke SL standard: \_\_\_\_ mm

Armumfang: \_\_\_\_ mm

RR (osz)	Sys	Dias	
1. Messung	_____	_____	O SL O NOSL
2. Messung	_____	_____	O SL O NOSL
3. Messung	_____	_____	O SL O NOSL
RR (sph)	Sys	Dias	
1. Messung	_____	_____	O SL O NOSL
2. Messung	_____	_____	O SL O NOSL
3. Messung	_____	_____	O SL O NOSL

Puls: \_\_\_\_\_

**Abbildung 3: Fragebogen/Messungen**

## 2.1.2 Blutdruckmessgeräte

Bei den Blutdruckmessungen kamen zwei verschiedene Messgeräte zum Einsatz.

Für die auskultatorische Messmethode wurde ein Aneroid-Sphygmomanometer (*ERKA Profi*, Kallmeyer Medizintechnik, Bad Tölz) verwendet. Die Auskultation der Korotkoff-Geräusche erfolgte mit einem handelsüblichen Stethoskop (*Littmann Classic II S.E.*).

Zur Messung nach der oszillometrischen Methode diente ein automatisches Gerät (*boso-medicus prestige*, Bosch und Sohn, Jungingen), das mit dem Qualitätssiegel für Messgenauigkeit von der Deutschen Hochdruckliga ausgezeichnet ist. Hierbei handelt es sich um ein Zertifikat, das die Deutsche Hochdruckliga, basierend auf nationalen und internationalen Normen, vergibt (Tholl et al. 2004): Klinischer Test nach DIN 58130/EN 1060 (Bosch und Sohn GmbH u. Co); American National Standard der AAMI (US Association for the Advancement of Medical Instrumentation 1993); British Hypertension Society (BHS) protocol for the evaluation of blood pressure measuring devices (O'Brien et al. 2000; O'Brien et al. 1993).

Da nach Vorgabe des Studiendesigns die Blutdruckmessungen sowohl über einem standardisierten Baumwollärmel als auch über der Bekleidung der Probanden durchgeführt werden mussten, war es zur Bewertung der Messergebnisse nötig, die Dicke der jeweils von den Patienten getragenen Kleidungsstücke zu bestimmen. Hier kam eine konventionelle Schieblehre zum Einsatz.

## 2.2 Methoden

### 2.2.1 Versuchsaufbau

Grundlegend für die Zielsetzung und somit auch für den Versuchsaufbau der vorliegenden Arbeit ist die vergleichende Blutdruckmessung am bekleideten und am unbekleideten Arm mit den oben genannten Messgeräten. Die Messungen wurden durch zwei Personen gleichzeitig durchgeführt (Bediener des Aneroid-Manometers/Auskultierender und Messassistent).

Zu Beginn jeder Werteerhebung mussten die Probanden die korrekte Sitzposition einnehmen: ruhig, aufrecht, die Ellenbogen auf einem Tisch abgestützt. Die Stuhl- und Tischhöhe wurde bei jeder Messung an den 203 Probanden unverändert beibehalten. Somit sollte ein Einfluss der Körperhaltung auf die Messwerte möglichst gering gehalten werden (Netea et al. 2003; Reeves 1995; McMahon et al. 2005). Um für die Kategorie der bekleideten Messung -neben der Messung über der jeweils vom Probanden getragenen Kleidung mit stets unterschiedlicher Stoffdicke und -qualität- über 203 Durchläufe hinweg äquivalent reproduzierbare Verhältnisse zu gewährleisten, wurde ein standardisierter Baumwollärmel von 2 mm Dicke eingesetzt. Somit ergaben sich drei verschiedene Messkategorien:

- Messung am unbekleideten Arm
- Messung mit der Messmanschette über der Bekleidung des Probanden
- Messung mit der Messmanschette über dem standardisierten Baumwollärmel

Vor Versuchsbeginn wurde die Reihenfolge der drei genannten Messkategorien für jeden Probanden randomisiert, um einen möglichen Einfluss der Messabfolge auf die Messwerte zu eliminieren.

Nach einer fünfminütigen Ruhepause und der Einwilligung der Probanden an der Versuchsreihe teilzunehmen wurde mit der ersten Messung gemäß der zuvor zugelosten Abfolge begonnen. Die Messungen erfolgten über sämtliche Kategorien hinweg zeitgleich an beiden Armen: die Messmanschette des Aneroid Manometers samt Stethoskop stets am rechten, die Messmanschette des Oszillometers am linken Arm (Abb. 4). Auf „Inter-Arm-Vergleiche“ der

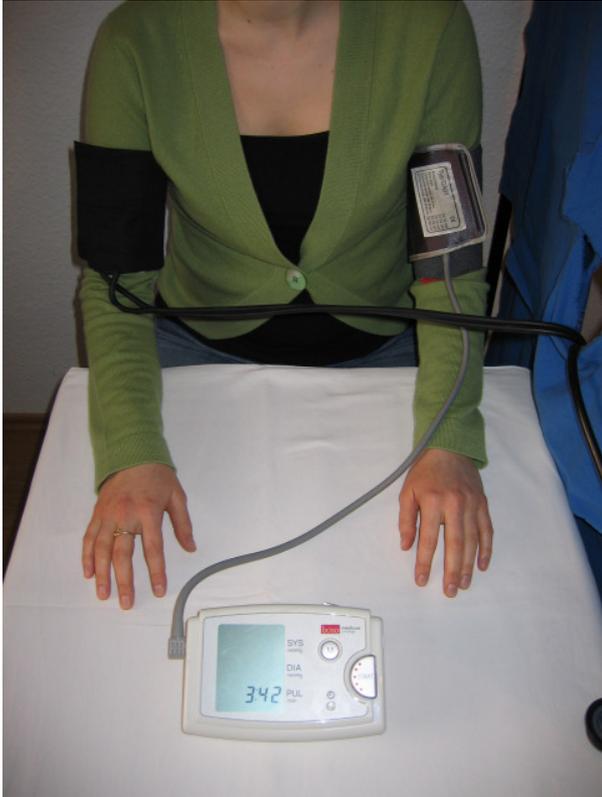
jeweils mit diesen beiden Methoden erhobenen Werte wurde verzichtet, da mögliche Blutdruckdifferenzen zwischen rechtem und linkem Arm nicht ausgeschlossen werden konnten. Durch die simultane Wertebestimmung konnten jedoch eventuell auftretende Messartefakte erkannt werden. Die 609 Auskultationen (203 Probanden; 3 Messkategorien je Proband) nach der sphygmomanometrischen Methode erfolgten ausnahmslos durch dieselbe Person, die speziell für diese Tätigkeit geschult war. So konnten Verfälschungen der einzelnen Werte durch die subjektiven Gewohnheiten verschiedener auskultierender Personen vermieden und die Testreliabilität über die gesamte Versuchsreihe hinweg gewährleistet werden. Vor allem die Auskultationen der Korotkoff-Geräusche und somit die Bestimmung des diastolischen Blutdruckwertes sind sehr von den individuellen Gewohnheiten des Untersuchers abhängig (Reeves 1995).

Die Verwendung eines sphygmomanometrischen Blutdruckmessgerätes erforderte also eine Verblindung des Versuchsaufbaus, was bei der Nutzung des oszillometrischen Gerätes durch dessen automatisierte Funktionsweise nicht nötig war. Genauer: der jeweilige Bekleidungsstatus des Probanden und die durch die oszillometrische Methode erhobenen Werte mussten gegenüber dem Bediener des Sphygmomanometers verblindet werden.

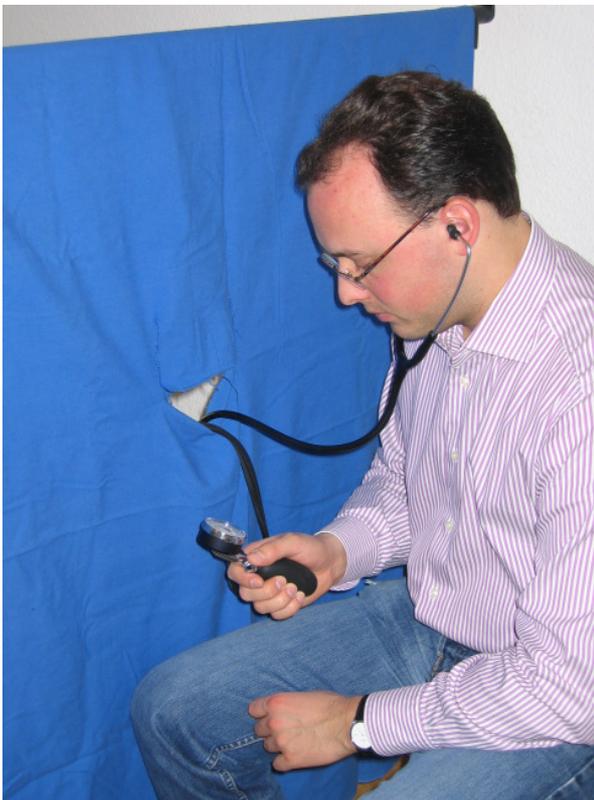
Der Bediener des Aneroid-Manometers wurde durch einen mit einem geschlitzten Tuch bespannten Paravent vom Probanden, vom Messassistenten und vom Rest der Versuchsanordnung separiert (Abb. 5). Die Schläuche von Stethoskop und Aneroid-Manometer wurden durch die Stoffbespannung geführt und kamen auf der Probandenseite des Paravents neben dem oszillometrischen Gerät zu liegen (Abb. 6). Aufgabe des Messassistenten war es nun die Messmanschetten beider Geräte an den Oberarmen und die Membran des Stethoskops des Sphygmomanometers in der Ellenbeuge der Probanden zu platzieren. Anschließend wurde dem Bediener des Aneroid-Manometers verbal der Beginn der Messung signalisiert und das Oszillometer gestartet. Weiterhin verständigten sich Messassistent und Proband stillschweigend (Verblindung gegenüber dem Bediener des Sphygmomanometers) über den zuvor randomisiert zugewiesenen Bekleidungsstatus.

In den Kategorien der Messung über der Bekleidung des Probanden bzw. der Messung über dem standardisierten Baumwollärmel wurde neben der Manschette auch die Membran des Stethoskops auf der Bekleidung angebracht (Abb. 7; Kantola et al. 2005).

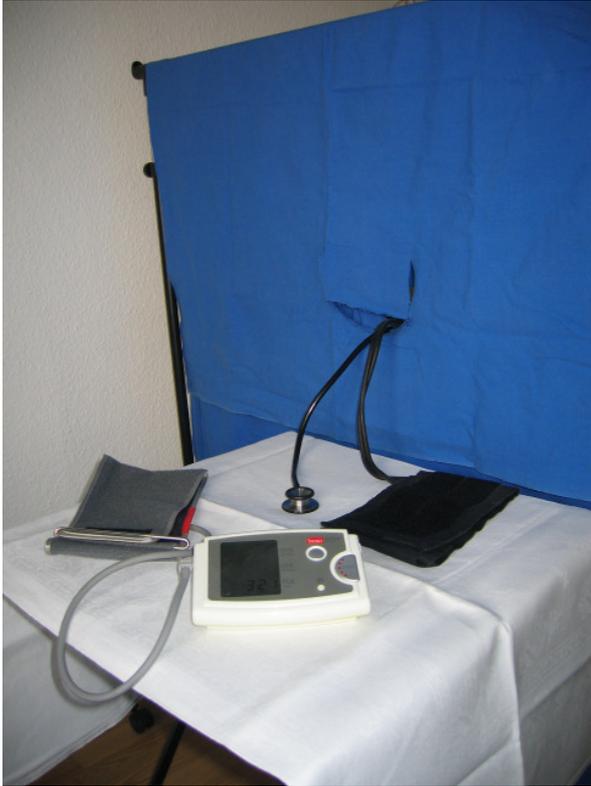
Nach Beendigung der Messungen der ersten Kategorie erfolgte eine zweiminütige Pause, in der die Probanden anhand eines Fragebogens nach anamnestischen Daten befragt wurden. So wurde sichergestellt, dass die folgenden Messwerte nicht durch eine zu rasche Abfolge der Messdurchläufe verfälscht werden. Aus gleichem Grund erfolgte auch nach Beendigung des zweiten Messdurchlaufs eine zweiminütige Pause, die dazu genutzt wurde die Dicke der Bekleidung des Probanden mit einer Schieblehre zu bestimmen.



**Abbildung 4:** Sphygmomanometrische und oszillometrische Messung über der Bekleidung



**Abbildung 5:** Verblindung



**Abbildung 6: Versuchsaufbau**



**Abbildung 7: Sphygmomanometrische Messung über standardisiertem Baumwollärmel**

## 2.2.2 Statistik

Die Berechnung der Stichprobengröße erfolgte in Erwartung einer potentiellen Standardabweichung von maximal 20 mmHg (systolisch) und einer geschätzten Testdifferenz von 4 mmHg. Dies ergab  $n=198$  (Power Calculator, URL).

Die deskriptive Auswertung aller bestimmten Merkmale geschah mittels skalenadäquater Maßzahlen.

Für die Messungen am unbedeckten und bedeckten Arm bzw. oberhalb einer standardisierten Baumwollmanschette wurden 95%- und 90%-Konfidenzintervalle der mittleren Differenzen der Messwerte der jeweiligen Kategorien gebildet. So wurden Abweichungen zwischen den Messungen interferenzstatistisch untersucht. Weiterhin fand ein zweiseitiger Äquivalenztest mit einem  $\alpha$ -Niveau von 5% Anwendung. Hierfür wurde ein a priori definiertes Äquivalenzintervall von  $\pm 4$  mmHg mit den Grenzen der 90%-Konfidenzintervalle der mittleren Differenzen der verschiedenen Messkategorien verglichen. Zur Beurteilung eines möglichen proportionalen Fehlers, der von der Höhe der Messwerte abhängt, wurde die Methode nach Bland und Altman angewendet. Auch Tendenzen innerhalb der Messkategorien zur Über- oder Unterbefundung konnten so beurteilt werden. (Bland et al. 1986; Bland et al. 1999).

Sämtliche Grafiken und statistische Auswertungen wurden mittels des Programms SPSS 13.0.1 (SPSS Inc.) erstellt.

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Deskriptive Statistik

#### 3.1.1 Beschreibung der Stichprobe

Bei den 203 in die Studie eingeschlossenen Probanden wurden anhand eines Fragebogens verschiedene anamnestische Daten wie Geschlecht, Alter, Größe und Gewicht erfragt (Tab. 3). Aus den Werten zu Größe und Gewicht wurde der Body-Mass-Index (BMI) berechnet ( $\text{Körpergewicht [kg]} / [\text{Körpergröße [m]}]^2$ ) (Tab. 4). In der Zusammenschau der Werte fällt auf, dass 83,6 % der Probanden männlich mit einem Durchschnittsalter von 52 Jahren (jüngster Patient: 16 Jahre; ältester Patient 81 Jahre) waren und einen mittleren BMI von 29,8 hatten.

Alle Probanden waren ärztlich diagnostizierte Hypertoniker -oft Langzeithypertoniker-, die ohne Ausnahme antihypertensiv behandelt wurden und sich in kardiologisch-rehabilitativer Behandlung befanden.

Der typische durch unsere Stichprobengröße erfasste Hypertoniker war demnach männlich, über 50 Jahre alt und hatte einen hoch übergewichtigen Körpermasseindex (Abb. 8, Tab. 3).

**Tabelle 3: Daten zu Demographie und Diagnose**

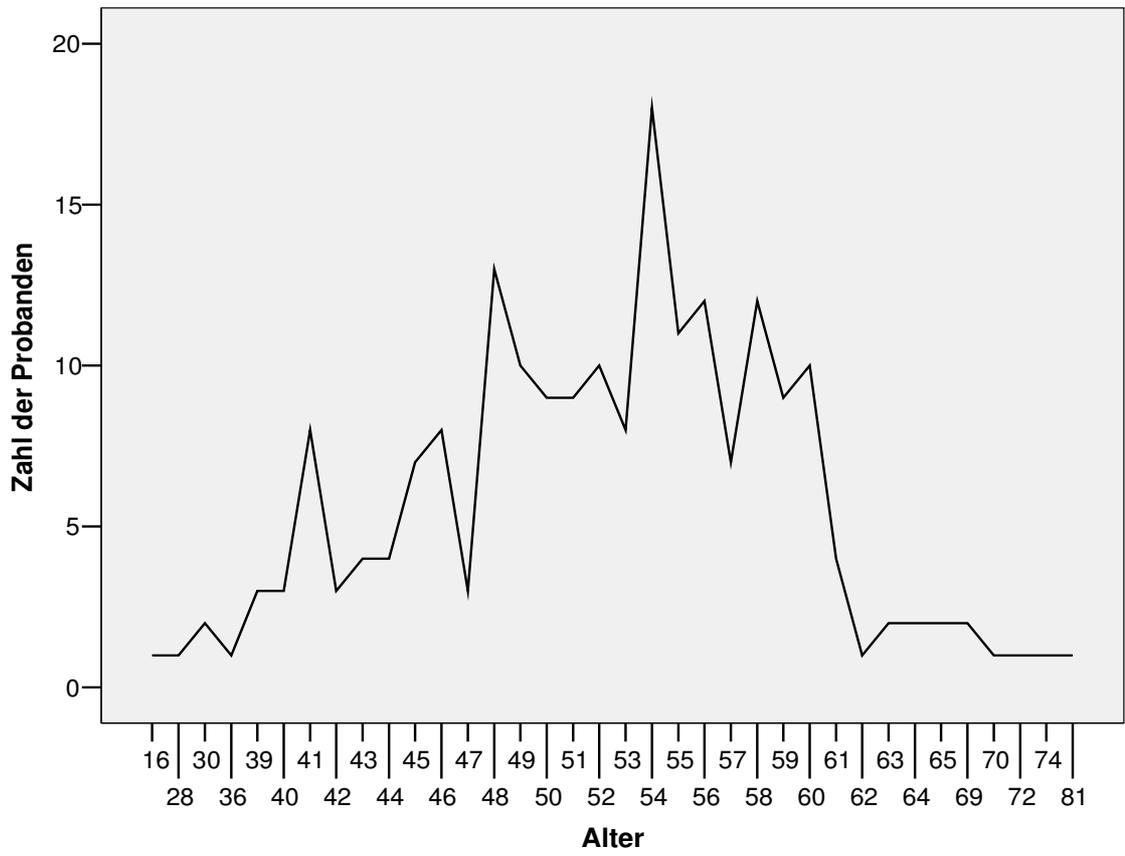
n	203
Geschlecht / männlich	83,6 %
Alter – MW ( SP )	52,1 ( 16 – 81 )
BMI – MW ( SP )	29,8 ( 18,8 -51,6 )
Diagnose <i>arterielle Hypertonie</i>	100 %
in Rehabilitation	100 %
antihypertensiv behandelt	100 %

n, Gesamtzahl der Probanden  
 MW, Mittelwert  
 SP, Spannweite  
 BMI, body mass index

**Tabelle 4: Body-Mass-Index (BMI)**

BMI	Normalgewicht	Übergewicht	Adipositas
♂	20-25	> 25	> 30
♀	19-24	> 24	> 30

Body-Mass-Index (BMI): Körpergewicht [kg] / (Körpergröße [m])<sup>2</sup>



**Abbildung 8: Altersverteilung der Probanden**

### 3.1.2 Beschreibung der Messdaten

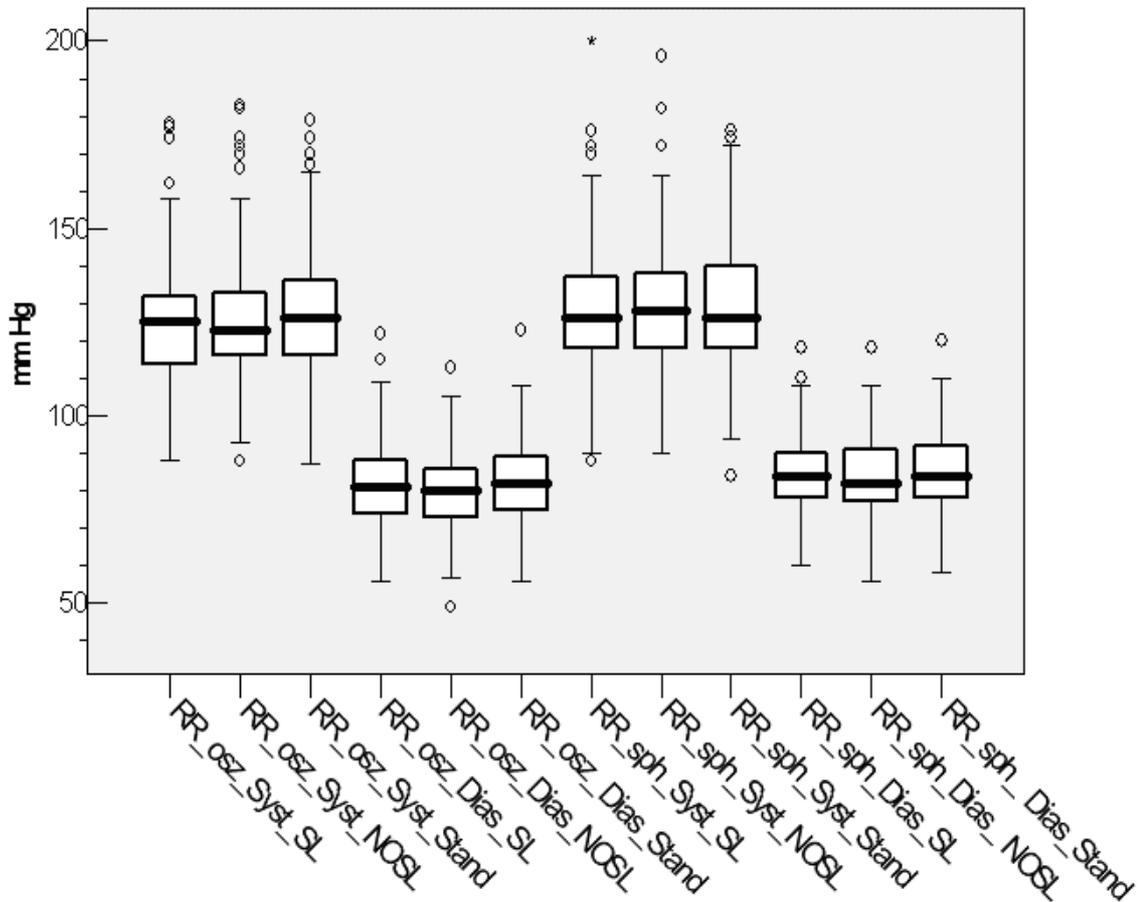
Bei den 203 Probanden wurden jeweils drei oszillometrische und drei sphgmomanometrische Blutdruckmessungen (einmal pro Bekleidungskategorie) durchgeführt, was 1218 Messwerte ergab. Diese Werte wurden nun für jeden der drei Bekleidungszustände (SL: *sleeved*, Messung am bekleideten Arm; NOSL: *non sleeved*, Messung am unbekleideten Arm; Stand: *standard*, Messung über standardisierter Manschette) in Systolen und Diastolen unterschieden.

Dies führte zu einer Unterteilung der 1218 Messwerte in zwölf Messkategorien (Abb. 9):

- Oszillometer Systolen bekleidet: osz Syst SL
- Oszillometer Systolen unbekleidet: osz Syst NOSL
- Oszillometer Systolen standardisiert: osz Syst Stand
- Oszillometer Diastolen bekleidet: osz Dias SL
- Oszillometer Diastolen unbekleidet: osz Dias NOSL
- Oszillometer Diastolen standardisiert: osz Dias Stand
- Sphygmomanometer Systolen bekleidet: sph Syst SL
- Sphygmomanometer Systolen unbekleidet: sph Syst NOSL
- Sphygmomanometer Systolen standard: sph Syst Stand
- Sphygmomanometer Diastolen bekleidet: sph Dias SL
- Sphygmomanometer Diastolen unbekleidet: sph Dias NOSL
- Sphygmomanometer Diastolen standard: sph Dias Stand.

Die Messungen in der Kategorie SL erfolgten über gewöhnlichen, handelsüblichen Materialien wie Wolle, Baumwolle oder synthetischen Textilien. Diese Gewebe wiesen zum Großteil eine geringere Stoffdicke als 1mm auf (Abb. 10). Für die standardisierte Baumwollmanschette wurde bewusst eine dickere Stoffqualität gewählt, die bei 2mm lag.

Zur weiteren Beurteilung der Messwerte wurden die Korrelationskoeffizienten nach Pearson gebildet. Diese bewegten sich zwischen 0,83 in sph Dias Stand/ssph Dias SL und 0,94 in sph Syst Stand/sph Syst NOSL.



**Abbildung 9: Mediane aller Messwerte im Vergleich**

Dias, Diastole

NOSL, unbekleideter Arm

osz, oszillometrisch

RR, Blutdruck

SL, bekleideter Arm

sph, sphygmomanometrisch

Stand, standardisierter Ärmel (Baumwolle 2 mm)

Syst, Systole

Boxplots:

Box, Quartile

Balken innerhalb Box, Median

Oberer Whisker, höchster (nicht Ausreißer) Wert

Unterer Whisker, niedrigster (nicht Ausreißer) Wert

Kreis, Ausreißer

Stern, Extremwert

Die Messwerte aller zwölf Kategorien korrelierten also in hohem Maße miteinander. Die Korrelationen waren auf einem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant (Tab. 5).

Zur weiteren Spezifizierung der Werte wurden die mittleren Differenzen zwischen den einzelnen Kategorien sowie die Standardabweichungen bestimmt (Tab. 6).

Aus Tabelle 7 sind die jeweiligen 95%-Konfidenzintervalle ersichtlich.

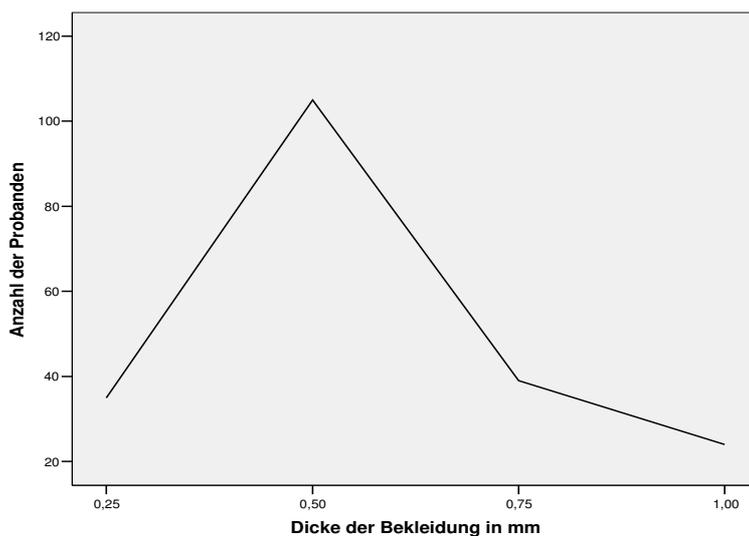
**Tabelle 5: Korrelationskoeffizient nach *Pearson***

Korrelationen	Korrelationskoeffizient Pearson
osz Syst SL / osz Syst NOSL	0,90
osz Syst Stand / osz Syst NOSL	0,91
osz Syst Stand / osz Syst SL	0,88
osz Dias SL / osz Dias NOSL	0,84
osz Dias Stand / osz Dias NOSL	0,86
osz Dias Stand / osz Dias SL	0,84
sph Syst SL / sph Syst NOSL	0,93
sph Syst Stand / sph Syst NOSL	0,94
sph Syst Stand / sph Syst SL	0,93
sph Dias SL / sph Dias NOSL	0,85
sph Dias Stand / sph Dias NOSL	0,88
sph Dias Stand / sph Dias SL	0,83

Auf Niveau von 0,01 (zweiseitig) signifikant.

**Tabelle 6: Mittlere Differenzen aller Kategorien**

	mittlere Differenzen (mmHg)	Standardabweichungen (mmHg)
osz Syst SL - NOSL	- 0,9	7,4
osz Syst Stand - NOSL	1,1	7,2
osz Syst Stand - SL	2,1	8,2
osz Dias SL - NOSL	1,2	6,0
osz Dias Stand - NOSL	2,0	5,6
osz Dias Stand - SL	0,8	6,1
sph Syst SL - NOSL	0,2	6,2
sph Syst Stand - NOSL	1,0	5,8
sph Syst Stand - SL	0,9	6,1
sph Dias SL - NOSL	0,6	5,8
sph Dias Stand - NOSL	1,8	5,1
sph Dias Stand - SL	1,8	6,3

**Abbildung 10: Übersicht Stoffdicke**

**Tabelle 7: 95 % - Konfidenzintervalle der mittleren Differenzen**

mittlere Differenzen (mm Hg)	95% - Konfidenzintervalle (mm Hg)
osz Syst SL – NOSL	- 1,98 ; 0,05
osz Syst Stand – NOSL	0,19 ; 2,19
osz Syst Stand – SL	1,03 ; 3,29
osz Dias SL – NOSL	0,40 ; 2,07
osz Dias Stand – NOSL	1,25 ; 2,81
osz Dias Stand – SL	- 0,05 ; 1,64
sph Syst SL – NOSL	- 0,71 ; 1,00
sph Syst Stand – NOSL	0,24 ; 1,86
sph Syst Stand –SL	0,06 ; 1,75
sph Dias SL – NOSL	- 0,20 ; 1,41
sph Dias Stand – NOSL	1,06 ; 2,48
sph Dias Stand – SL	0,30 ; 2,04

## 3.2 Analysierende Statistik

### 3.2.1 Äquivalenztest

Zur Analyse der oben beschriebenen Daten fand ein Äquivalenztest Anwendung. Hierfür wurden die 90%-Konfidenzintervalle (Vertrauensbereiche) für die bereits errechneten mittleren Differenzen der einzelnen Messkategorien gebildet und mit einem a priori definierten Äquivalenzintervall von  $\pm 4$  mmHg verglichen. Somit liegt ein zweiseitiger Äquivalenztest mit einem  $\alpha$ -Niveau (Signifikanzniveau) von 0,05 vor.

Die berechneten Konfidenzintervalle lagen ohne Ausnahme eindeutig innerhalb der durch das Äquivalenzintervall von  $\pm 4$  mmHg geforderten Grenzen (Tab. 8). Es besteht also kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den oszillometrischen und sphygmomanometrischen Blutdruckmessungen am unbekleideten und bekleideten Arm bzw. über Baumwollstoff mit einer Dicke bis zu 2mm. Die Messungen sind als gleichwertig anzusehen.

**Tabelle 8: Äquivalenztest**

mittlere Differenzen (mm Hg)	90% - Konfidenzintervalle (mm Hg)
osz Syst SL – NOSL	- 1,82 ; - 0,11
osz Syst Stand – NOSL	0,35 ; 2,03
osz Syst Stand – SL	1,21 ; 3,10
osz Dias SL – NOSL	0,53 ; 1,93
osz Dias Stand – NOSL	1,38 ; 2,68
osz Dias Stand – SL	0,09 ; 1,51
sph Syst SL – NOSL	- 0,57 ; 0,87
sph Syst Stand – NOSL	0,37 ; 1,73
sph Syst Stand – SL	0,19 ; 1,61
sph Dias SL – NOSL	- 0,07 ; 1,28
sph Dias Stand – NOSL	1,18 ; 2,37
sph Dias Stand – SL	0,44 ; 1,90

Äquivalenzintervall [-4;+4], Äquivalentest zweiseitig,  $\alpha$ -Niveau 0,05

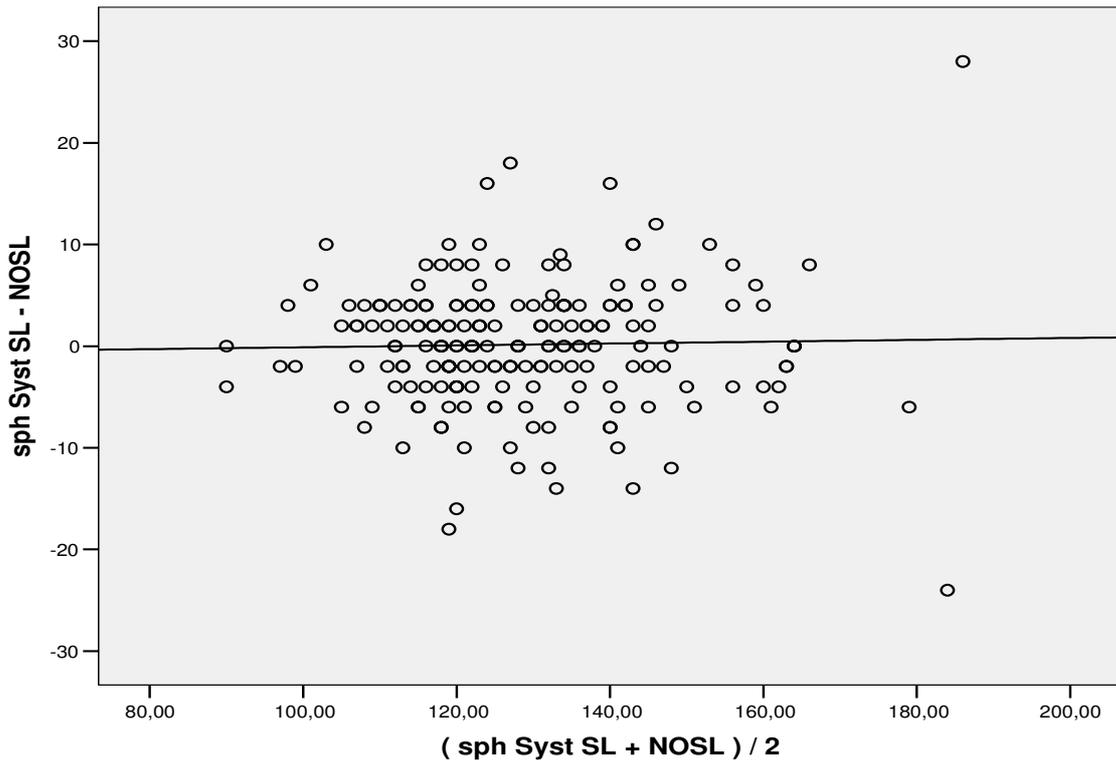
### 3.2.2 Bland-Altman plot

Die weitere Analyse der Messdaten erfolgte mit Hilfe der Methode nach Bland und Altman. So konnten die einzelnen Messkategorien auf eine Tendenz zur Über- bzw. Unterbefundung sowie auf einen möglichen proportionalen Fehler, der abhängig von der Höhe der gemessenen Werte entsteht, beurteilt werden. Sprich: Führen höhere Blutdruckwerte zu größeren mittleren Differenzen?

Grundlage dieser graphischen Methode ist der Vergleich zweier Interventionen (hier: Messkategorien). Hierfür werden die Differenzen von Wertepaaren (hier: mittlere Differenzen der Messkategorien) der beiden Interventionen gegenüber deren Mittelwerten aufgetragen. Es entstanden somit zwölf verschiedene plots (pro Messkategorie ein plot). In Abbildung 11 ist ein plot exemplarisch dargestellt. Aus der entstehenden Punktwolke lässt sich die lineare Regression errechnen. Der Regressionskoeffizient (Steigung der Geraden) stellt das Maß für den proportionalen Fehler dar und die Lage der Geraden lässt eine mögliche Tendenz zur Über- oder Unterbefundung erkennen.

Die Regressionskoeffizienten lagen zwischen -0,046 in osz Syst SL-NOSL und 0,069 in osz Syst Stand-SL. Es liegt also kein signifikant proportionaler Fehler vor. Bis auf wenige Ausreißer lagen auch alle Differenzwerte innerhalb der 1,96fachen Standardabweichung der mittleren Differenzen.

Somit liegt nach der Methode nach Bland und Altman kein klinisch relevanter Unterschied innerhalb der einzelnen Messkategorien vor.



**Abbildung 11: Bland-Altman plot**

Exemplarisch für: sph Syst SL-NOSL

in mm Hg; Gerade = Regressionsgerade; Regressionskoeffizient ~ Steigung = 0,0091;

zu ergänzen: mittlere Differenz  $\pm$  1,96fache Standardabweichung =  $0,15 \pm 12,13$

## 4 Diskussion

Laut Empfehlung verschiedener Hypertoniefachgesellschaften soll für die korrekte Blutdruckmessung die Messmanschette am unbedeckten Arm platziert werden (Guidelines Committee 2003; Deutsche Liga zur Bekämpfung des hohen Blutdrucks e.V. 2001; Pickering et al. 2005). Dennoch wird diese Vorgabe in der täglichen Praxis oft vernachlässigt und die Blutdruckmessung am bedeckten Arm durchgeführt, ohne den potentiellen Einfluss der Bekleidung auf die Messwerte zu kennen. Bis heute wurde diese Problematik nur in sehr wenigen Publikationen thematisiert, die zumeist methodische oder statistische Mängel aufwiesen. Vor allem ein möglicher Einfluss der Bekleidung auf die Messung bei Hypertonikern konnte bislang nicht geklärt werden.

Zunächst soll die Methodik der vorliegenden Arbeit kritisch beleuchtet werden. Anschließend folgt die Vorstellung der bisherigen Publikationen zum Thema. Hier werden die Arbeiten von Wood et al., Hollemann et al., Kahan et al. und Liebl et al. diskutiert. Abschließend soll die praktische Bedeutung der vorliegenden Arbeit erörtert werden.

### 4.1 Diskussion von Versuchsaufbau und Stichprobe

#### 4.1.1 Einflussmöglichkeiten von Bekleidung auf die Messwerte

##### 4.1.1.1 Oszillometrische Messung

Wie in 1.2 kurz erwähnt, basiert die oszillometrische Messmethode auf Schwingungen, die durch arterielle Pulsationen hervorgerufen werden und die innerhalb der Messmanschette zu Druckschwankungen führen. Der einzige mögliche Einfluss von Bekleidung, der als geräteunabhängig zu werten ist, liegt im Bereich der Signalaufnahme in der Manschette. Die Übertragung der Schwingungen von der Haut auf die Innenseite der Manschette könnte so

gestört sein. Abhängig von der Stoffdicke und -qualität der Bekleidung wäre eine Schwächung oder Absorption der Oszillationen denkbar. Hier ist allerdings anzumerken, dass auf gleicher Ebene auch bei der unbekleideten Messung anatomische bzw. physiologische Faktoren eine Rolle spielen. So wirken sich der Armumfang, die Zusammensetzung des Gewebes am Arm oder arteriosklerotisch veränderte Gefäßwände bei jedem Patienten auf die Signaltransduktion aus (Belmin et al. 1995; Guidelines Committee 2003; Messerli et al. 1985).

In der vorliegenden Studie wurde ein oszillometrisches Gerät verwendet, das den strengen Vorgaben zur Gerätevalidierung verschiedener Fachgesellschaften genügt und mit dem Qualitätssiegel für Messgenauigkeit der Deutschen Hochdruckliga ausgezeichnet ist (Deutsche Liga zur Bekämpfung des hohen Blutdrucks e.V. 2001; US Association for the Advancement of Medical Instrumentation 1993; O'Brien et al. 2001). Würde die Bekleidung unterhalb der Messmanschette nennenswerte Artefakte verursachen, wäre mit einer Fehlermeldung des Messgerätes (ERROR) zu rechnen. Derartige Fehlermeldungen traten während der Studie nur äußerst selten auf und waren meist offensichtlich auf Bewegungen der Patienten oder unsauber platzierte Manschetten zurückzuführen. Diese Messungen wurden wiederholt. Auch in der Zusammenschau der oszillometrischen Messwerte konnten in den bekleideten Kategorien nicht mehr Ausreißer oder Extremwerte ermittelt werden als in der unbekleideten Kategorie. Teilweise ergab die Messung sogar weniger Extremwerte als in der unbekleideten Kategorie (Abb. 9). Auch die Ausreißer sind somit wohl nicht auf die Kleidung unterhalb der Manschette zurückzuführen.

#### 4.1.1.2 Sphygmomanometrie

Auch bei der sphygmomanometrischen Messmethode wären störende Einflüsse durch eine Messung am bekleideten Arm denkbar. Zunächst könnte die Auskultation über der Ellenbeuge des Patienten durch Bekleidung beeinträchtigt werden. So wäre ein mit zunehmender Dicke der Bekleidung steigender Einfluss auf die Beurteilung der Korotkoff-Geräusche möglich. Bei dünnen Stoffqualitäten, die sich der Armkontur gut anpassen, dürfte die Auskultation wohl kaum beeinträchtigt sein. Bei dickeren Stoffen, wie dem hier verwendeten 2mm dicken Standard-Baumwollärmel, wäre ein relevanter Einfluss eher denkbar. Hier könnte das Signal bei der Übertragung auf die Stethoskopmembran abgeschwächt oder sogar absorbiert werden. Die Folge wäre eine fehlerhafte Auskultation der Korotkoff-Geräusche. Vor allem die Bestimmung des diastolischen Blutdruckwertes (Korotkoff 5, Abb. 1) wäre erschwert.

Abhängig vom Druck, der bei der Auskultation auf die Stethoskopmembran ausgeübt wird, sind auch Artefakte in Form von Nebengeräuschen, wie Rascheln oder Knistern des jeweiligen Stoffes, denkbar.

Die genannten Einflussfaktoren könnten die sphygmomanometrische Messung erschweren oder sogar unmöglich machen. In vorliegender Studie gab die auskultierende Person verbal zu erkennen, wenn die Bestimmung der Korotkoff-Geräusche nicht eindeutig möglich war. Dieser Fall trat jedoch in weit weniger als 5 % der Messungen auf und war durch eine nicht korrekte Platzierung der Manschette durch den Messassistenten zu erklären.

Auch eine Beeinträchtigung der Ablesegenauigkeit des Manometers durch diskontinuierlichen Druckabfall wegen der Bekleidung wäre denkbar. Dicke oder wallende Stoffe, die sich der Kontur des Armes nur schwer anpassen, könnten sich unter der Messmanschette ungleichmäßig aufwerfen und eine ungleichmäßige Manschettendeflation verursachen.

Wie in Abbildung 9 gut ersichtlich, liegen die sphygmomanometrischen Messungen der bekleideten Kategorien auf dem gleichen Level wie die unbekleideten Messungen. Dies wird vom Äquivalenztest auch statistisch untermauert (Tab. 8). Die Bekleidung beeinflusst die Sphygmomanometrie also nicht signifikant.

### 4.1.2 Verblindung

Im Versuchsaufbau der vorliegenden Studie wurde nach einer Möglichkeit gesucht, um die sphygmomanometrischen Messungen frei vom Einfluss möglicher Messgewohnheiten des Auskultierenden durchzuführen. Um dieses Problem zu lösen, wurde eine Verblindung eingeführt, d.h. die Auskultationen wurden gegen den Bekleidungsstatus des Patienten verblindet (Abb. 5).

So konnte der durch einen Paravent vom Patienten getrennte Untersucher nicht sehen, ob die jeweils durchgeführte Messung am bekleideten oder am unbekleideten Arm stattfand. Akustisch wäre dies eventuell doch möglich. Manschette und Stethoskop wurden zwar durch einen Messassistenten über der Bekleidung des Patienten angebracht, über die „knisternden“ Geräusche, die beim Aufsetzen der Membran auf den Stoff entstehen, wäre der Auskultierende aber dennoch imstande, zwischen den Kategorien *bekleidet* und *unbekleidet* zu unterscheiden. Derartige Artefakte sind beim Platzieren der Stethoskopmembran in der unbekleideten Ellenbeuge nicht zu erwarten. Da es anhand der durch den Stoff verursachten Störgeräusche jedoch sicher nicht möglich ist, verschiedene Stoffdicken voneinander zu differenzieren, ist der beschriebene Effekt zu vernachlässigen. Eine akustische Unterscheidung der standardisierten Baumwollmanschette von der Bekleidung des Patienten scheint nicht möglich.

### 4.1.3 Wahl des Probandenkollektivs

Die wenigen zum Thema veröffentlichten Studien arbeiten mit gemischten normotensiven und hypertensiven Probandenkollektiven (Holleman et al. 1993; Kahan et al. 2003; Liebl et al. 2004). Für die praktische Relevanz der Frage nach dem Einfluss von Bekleidung auf die Blutdruckmessung -im Rahmen von Primär- und Sekundärprävention- ist es jedoch nötig, die Messmethodik in Bezug zur Hypertonie, also der Hypertoniediagnostik oder Therapieüberwachung zu setzen.

Folglich sollte ein rein hypertensives Probandenkollektiv untersucht werden. Obwohl der erhöhte Blutdruck eine zentrale Rolle bei der Entstehung der

typischen Wohlstandserkrankungen der westlichen Welt spielt, wurden die Hypertoniker in den oben genannten Arbeiten vernachlässigt (Pocock et al. 2001; European Society of Hypertension Working Group on Blood Pressure Monitoring 2003). So wurden in die vorliegende Studie nur ärztlich diagnostizierte Hypertoniker eingeschlossen. Gleichzeitig wurden die Probanden aber ausnahmslos antihypertensiv behandelt. Dies hatte zur Folge, dass abgesehen von wenigen Extremwerten bzw. Ausreißern nur wenige hypertone Messwerte erhoben werden konnten. Interessant wäre auch der alleinige Einschluss von Probanden gewesen, die an einer nicht therapierten Hypertonie leiden. Hierfür müssten die Probanden während der Versuchsreihe erstmals als Hypertoniker diagnostiziert werden. Um so im Rahmen von Messungen an einem gemischten Kollektiv von Normalpersonen eine Fallzahl von über 200 nicht therapierten Hypertonikern zu erreichen, wäre ein immenser Messaufwand nötig, der die Zahl der Messungen der vorliegenden Arbeit um ein Vielfaches überschreiten würde. Dies scheint kaum realisierbar.

## 4.2 Publikationen zum Thema

### 4.2.1 Holleman et al. 1993

Bei Holleman et al. wurden bei 36 Probanden vergleichende Blutdruckmessungen am bekleideten und unbekleideten Arm durchgeführt (Holleman et al. 1993). Mit einem oszillometrischen Messgerät wurde der Blutdruck an beiden Armen je dreimal gemessen. Der linke Arm blieb über die gesamte Messreihe hinweg unbekleidet. So konnte ein Referenzwert gegenüber der bekleideten Messung garantiert werden. Während des ersten Durchlaufs wurden die Blutdruckwerte am rechten Arm in unbekleidetem Zustand erhoben. Die zweite Messung erfolgte über einem dünnen Ärmel (*shirt*), die dritte Messung über zwei dünnschichtigen Ärmeln, also über insgesamt dickerer Stoffqualität (*shirt-plus-sweater*). Die erhobenen Messwerte des linken Arms wurden von den Werten des rechten Arms subtrahiert und anschließend die mittleren Differenzen der jeweiligen Kategorien gebildet. Um den Einfluss der Bekleidung auf die Messwerte zu eruieren, wurde jeweils die mittlere Differenz der ersten unbekleideten Messung von den mittleren Differenzen der beiden bekleideten Kategorien (*shirt*; *shirt-plus-sweater*) subtrahiert. Für diese Differenzen wurden die 95%-Konfidenzintervalle berechnet. Der Einfluss der Bekleidung auf die Messwerte wurde folgendermaßen beschrieben:

- Systole: In der Kategorie *shirt* ließ sich ein Einfluss von -1,7 mmHg [95% Konfidenzintervall: -5,3/1,9], in der Kategorie *shirt-plus-sweater* ein Einfluss von +0,5 mmHg [95%-Konfidenzintervall: -3,0/+4,1] berechnen.
- Diastole: In der Kategorie *shirt* ließ sich ein Einfluss von -2,2 mmHg [95%-Konfidenzintervall: -4,4/+0,1], in der Kategorie *shirt-plus-sweater* ein Einfluss von -0,8 mmHg [95%-Konfidenzintervall: -3,1/+1,4] berechnen. Die Konfidenzintervalle schließen jeweils die Null mit ein und sind somit nicht signifikant.

Aus diesen Ergebnissen wird der Schluss gezogen, dass Bekleidung keinen signifikanten Einfluss auf die oszillometrische Blutdruckmessung ausübt. Nähern sich die Messwerte aber auf ca. 4-5 mmHg (entspricht näherungsweise

den berechneten mittleren Differenzen) einem diagnostisch oder therapeutisch relevanten Schwellenwert, wird eine wiederholte Messung am unbekleideten Arm empfohlen.

Bei genauer Betrachtung der Studie werden einige Faktoren vernachlässigt, die für die zugrunde liegende Fragestellung von Bedeutung wären. So wird bereits die Probandenstichprobe unzureichend beschrieben. Es werden keinerlei Angaben zu Ein- bzw. Ausschlusskriterien -wie dem Armumfang der Probanden, oder den Verhaltensrichtlinien der Patienten unmittelbar vor und während der Messungen- gemacht. Weiterhin bleibt ungeklärt, ob in der Stichprobe Hypertoniker inkludiert waren. Auch Versuchsaufbau und -durchführung werden nicht zufriedenstellend beschrieben. Die Entscheidung, die Reihenfolge der Messkategorien nicht zu randomisieren, bleibt fragwürdig. Bezüglich der Bekleidung werden weder Angaben zur genauen Stoffdicke noch zur Stoffqualität gemacht. Die statistische Analyse wird zwar schlüssig beschrieben, bei einer Stichprobengröße von nur 36 Probanden lassen sich aber wohl kaum allgemeingültige Schlussfolgerungen ableiten. Eine entscheidende Schwäche der Studie liegt jedoch in der Wahl der Messgeräte. Die Sphygmomanometrie wird gänzlich vernachlässigt und für die oszillometrische Methode kam ein Gerät zum Einsatz, das wegen des Alters der Studie und gemessen an den heutigen Validitätsstandards vermutlich keine validen Werte produziert.

Die Studie kann die Frage nach einem potentiellen Einfluss von Bekleidung auf die Blutdruckmessung aufgrund erheblicher methodischer Mängel nicht zufriedenstellend beantworten.

#### 4.2.2 Kahan et al. 2003

Die Studie vergleicht Blutdruckmessungen am unbekleideten Arm, am bekleideten Arm und Messungen am Arm mit hochgekrempelem Ärmel. Bei 201 Probanden wurden in jeder Bekleidungskategorie drei Messungen durchgeführt. Dies ergab neun Messungen pro Proband, die in Dreierblöcken zusammengefasst und unmittelbar nacheinander durchgeführt wurden. Die Reihenfolge innerhalb der Blöcke wurde randomisiert, wobei die ersten drei Messungen des gesamten Durchlaufs für jeden Probanden verworfen wurden.

Weiterhin wurden der Körpermasseindex (KMI; BMI) sowie die Dicke von Bekleidung und Haut bestimmt. Für die statistische Analyse wurden die mittleren Differenzen zwischen den verschiedenen Messkategorien (*bare arm/ rolled sleeve/ sleeve*) gebildet. Faktoren wie Messreihenfolge, Alter, Geschlecht, Medikation, Körpermasseindex und Dicke der Bekleidung wurden mittels einer Varianzanalyse bezüglich ihres Einflusses auf die Messungen untersucht. Mit der Methode nach Bland und Altman wurden die mittleren Differenzen der Messkategorien mit deren jeweiligen Mittelwerten verglichen. Unter Anwendung der oben genannten Methoden wurden folgende Ergebnisse beschrieben:

Für die systolisch ermittelten Messwerte wurde in den Kategorien *bare arm* gegenüber *rolled sleeve* eine mittlere Differenz von -0,54 [Standardabweichung 7,4 mmHg], für die diastolischen Werte eine mittlere Differenz von 0,56 mmHg [Standardabweichung 4,6 mmHg] berechnet. Analog wurden für die Kategorien *bare arm* gegenüber *sleeve* und *sleeve* gegenüber *rolled sleeve* mittlere Differenzen von systolisch 0,02 mmHg [SA 7,6mmHg] bzw. 0,51 mmHg [SA 7,5 mmHg] und diastolisch 1,27 mmHg [SA 5,6 mmHg] bzw. -0,7 mmHg [SA 5,8 mmHg] ermittelt. Die Konkordanz der jeweiligen Messwerte wurde durch einen Vergleich der Differenzen mit den Grenzwerten aus den AAMI- (Association for the Advancement of Medical Instrumentation) und den BHS-Kriterien (British Hypertension Society) zur Validierung von Blutdruckmessgeräten bewertet. Nach den AAMI Kriterien konnte eine *gute Übereinstimmung* der Messwerte attestiert werden. Nach der BHS fielen die systolischen Werte in die Kategorie A (*gute Übereinstimmung*) und die diastolischen Werte in die Kategorie B (*akzeptable Übereinstimmung*). Die Analyse mittels Bland-Altman plot ließ in der Kategorie *bare arm* gegenüber *rolled sleeve* höhere Differenzwerte bei Blutdruckwerten jenseits von 140 mmHg vermuten. Laut Varianzanalyse konnte ein signifikanter Einfluss der Messreihenfolge oder der Covariablen (Alter, BMI, Dicke der Bekleidung) auf die Messwerte ausgeschlossen werden.

Aus diesen Ergebnissen wurde der Schluss gezogen, dass weder Messungen am bekleideten noch Messungen bei hochgekrempeltem Ärmel die Messwerte der Blutdruckmessung signifikant beeinflussen. Bei erhöhten Blutdruckwerten wurde im Vergleich zu normotonen Werten eine größere Abweichung der mittleren Differenzen in der bekleideten Kategorie vermutet. Eine größere

Abweichung des unter der Bekleidung gemessenen Wertes vom unbedeckt gemessenen konnte bei Hypertonikern also nicht ausgeschlossen werden. Aus diesem Grund schlagen die Autoren vor, bei erhöht gemessenen Blutdruckwerten oder bei Patienten mit bekannter Hypertonie, die Messungen unter standardisierten Bedingungen -am unbedeckten Arm- durchzuführen. Dies entspricht auch den Empfehlungen von Holleman et al.

Mit der Studie von Kahan et al. liegt im Gegensatz zu Holleman et al. eine Arbeit vor, die gemessen an der Fallzahl von 201 Probanden die nötige statistische Aussagekraft besäße, um den potentiellen Einfluss von Bekleidung auf die Blutdruckmessung hinreichend zu klären. Das Studiendesign scheint dem Versuchsaufbau von Holleman et al. überlegen. So ist die konsequente Messung in jeder Kategorie an beiden Armen in randomisierter Reihenfolge sicher sinnvoll, da sich so mögliche Inter-Arm-Differenzen im statistischen Mittel eliminieren lassen. Mit der Einführung der Kategorie *rolled sleeve* wird neben der bedeckten Messung ein weiterer interessanter Aspekt beleuchtet, der dem Ansatz von Wood et al. folgt (Wood et al. 1990). Bei eingehender Betrachtung offenbart jedoch auch diese Studie erhebliche methodische und statistische Mängel. Bereits bei der Beschreibung der Probandenstichprobe werden weder Ein- noch Ausschlusskriterien benannt. Im Gegensatz zu Holleman et al. sind Hypertoniker in die Studie eingeschlossen. Die Dicke der Bekleidung wird zwar gemessen und deren Einfluss als Covariable der ANOVA berechnet, doch leider fehlen hier eine genaue Beschreibung in Zahlenwerten und Angaben zur Messmethodik. Eine entscheidende Schwäche stellt auch in dieser Arbeit die Wahl des Messgerätes dar. Zwar wird ein modernes oszillometrisches Gerät verwendet, doch die nötigen Angaben zur Erfüllung der Validitätsstandards, wie sie durch die hypertensiologischen Fachgesellschaften gefordert werden, fehlen gänzlich. Wie Holleman et al. verzichteten auch Kahan et al. auf die sphygmomanometrische Messmethode. Im Abstract der Arbeit wird der Einfluss von Bekleidung auf die Sphygmomanometrie abschließend bewertet, obwohl diese Messmethode in der Studie keine Anwendung fand. Die Übertragung der durch die Oszillometrie gewonnenen Erkenntnisse auf die Sphygmomanometrie ist unzulässig.

Die neun Einzelmessungen wurden ohne Pause durchgeführt, was den aktuellen Empfehlungen aller Fachgesellschaften widerspricht. Eine

Unterbrechung -wenigstens zwischen den einzelnen Bekleidungskategorien- wäre hier sicher sinnvoll gewesen.

Auch die Analyse der erhobenen Daten weist einige Schwachstellen auf. Die Autoren verzichten auf die Anwendung statistischer Tests für den Interventionsvergleich und vergleichen lediglich die mittleren Differenzen der einzelnen Messkategorien mit den von der BHS und AAMI ermittelten Grenzwerten von Protokollen für Messgerätevalidierung. Die Anwendung der Methode nach Bland und Altman ist für die Suche nach möglichen proportionalen Fehlern gut geeignet. Die Autoren folgern aus dem Bland-Altman-plot, dass in der Kategorie *rolled sleeve* systolische Blutdruckwerte jenseits von 140 mmHg höhere mittlere Differenzen zur Folge haben. Ein Nachweis durch die Angabe des Regressionskoeffizienten fehlt jedoch.

Obwohl die Autoren im Gegensatz zu Holleman et al. aufgrund der ausreichenden Stichprobengröße und einem solideren Studiendesign in der Lage gewesen wären, aussagekräftige Ergebnisse zu liefern, um die Frage nach dem Einfluss von Bekleidung auf die Blutdruckmessung zu beantworten, gelingt dies nicht. Grund hierfür sind vor allem methodische Mängel, wie die fehlenden sphygmomanometrischen Messungen, fehlende Messpausen und die beschriebenen Schwächen in der statistischen Analyse.

#### 4.2.3 Liebl et al. 2004

Liebl et al. führten bei 201 Probanden Blutdruckmessungen am bekleideten und am unbekleideten Arm durch. Bei jeder Messung wurde gleichzeitig ein sphygmomanometrisches und ein oszillometrisches Messgerät verwendet. Letzteres erfüllt die aktuellsten Standards der AAMI (US Association for the Advancement of Medical Instrumentation) und BHS (British Hypertension Society) zur Validierung von Blutdruckmessgeräten. Einschlusskriterien für die Studie waren die Volljährigkeit der Probanden sowie deren Einverständniserklärung. Herzrhythmusstörungen und ein zu großer Armumfang führten zum Ausschluss. Vor Beginn der Messungen wurden die Patienten instruiert aufrecht, die Ellbogen auf einem Tisch abgestützt zu sitzen. Nach fünfminütiger Pause wurde mit den Messungen begonnen. Die

oszillometrischen Werte wurden regelhaft am rechten Arm, die sphygmomanometrischen Werte gleichzeitig am linken Arm erhoben. Die Reihenfolge der bekleideten und unbekleideten Messungen wurde randomisiert, wobei zwischen beiden Messungen eine Pause von einer Minute eingelegt wurde. Die Auskultationen für die sphygmomanometrische Methode erfolgten ausnahmslos durch dieselbe Person, die speziell für die Studie geschult wurde. Weiterhin wurden die Ergebnisse der oszillometrisch erhobenen Werte und der Bekleidungsstatus der Probanden gegenüber dem Auskultierenden durch eine Trennwand verblindet. Messmanschette und Stethoskop wurden durch einen Messassistenten am Arm des Probanden platziert. Die Messungen in der bekleideten Kategorie erfolgten über Bekleidung mit einer Dicke von maximal zwei Millimetern. Es handelte sich hierbei um gewöhnliche Stoffqualitäten wie Baumwolle, Synthetikgewebe oder dünne Wolle. Die Dicke der Bekleidung wurde mit einer Schieblehre bestimmt. 77% der Stoffe waren dünner, als ein Millimeter. Die Messwerte beider Messkategorien wurden durch Korrelationen nach Pearson, die Standardabweichung der mittleren Differenzen und durch 95%-Konfidenzintervalle beschrieben. Die statistische Analyse erfolgte mittels eines Äquivalenztests. Wie bei Kahan et al. wurde die Methode nach Bland und Altman angewendet, um einen möglichen mit der Höhe der Messwerte assoziierten proportionalen Fehler zu entlarven.

Die Werte der bekleideten und unbekleideten Messungen wurden in vier Kategorien miteinander verglichen: *sphygmomanometric systolic (SPH SYS)*, *sphygmomanometric diastolic (SPH DIA)*, *oscillometric systolic (OSC SYS)*, *oscillometric diastolic (OSC DIA)*. Der Korrelationskoeffizient nach Pearson lag zwischen 0,79 in SPH DIA und 0,90 in SPH SYS. Die einzelnen Kategorien korrelierten also in hohem Maße miteinander, wobei die Werte innerhalb der einzelnen Kategorien annähernd normalverteilt waren. Die weitere Spezifizierung der Werte durch Standardabweichungen ergab folgende Ergebnisse: 6.3mm Hg (SPH DIA), 6.5mm Hg (OSC DIA), 8.6mm Hg (SPH SYS), 9.3mm Hg (OSC SYS). Weiterhin wurden für die mittleren Differenzen der Messkategorien „bekleidet minus unbekleidet“ [1,0mm Hg (SPH SYS), 0,8mm Hg (SPH DIA), 1,1mm Hg (OSC SYS), 0,5mm Hg (OSC DIA)] die 95%-Konfidenzintervalle [mm Hg] bestimmt: [-0,2;+2,1] SPH SYS, [-0,1;+1,7] SPH DIA, [-0,2;+2,4] OSC SYS, [-0,4;+1,4] OSC DIA. Sowohl in der

Sphygmomanometrie als auch bei den oszillometrischen Messungen konnten so Tendenzen zu leicht erhöhten Werten in der bekleideten Kategorie festgestellt werden. Signifikante Unterschiede lagen jedoch nicht vor. Die weitere Analyse erfolgte mittels eines Äquivalenztests. Hier wurden die 90%-Konfidenzintervalle der mittleren Differenzen zwischen den Messkategorien mit einem a priori definierten Äquivalenzintervall von  $\pm 4$  mm Hg verglichen. Dies entspricht einem zweiseitigen Äquivalenztest mit einem  $\alpha$ -Niveau von  $\pm 4$  mmHg. Die Berechnung der Intervalle ergab Werte von  $[-0;+2,0$  mmHg] SPH SYS,  $[+0,1;+1,5$  mmHg] SPH DIA,  $[+0;+2,2$  mmHg] OSC SYS,  $[-0,2;+1,3$  mmHg] OSC DIA. Die Werte lagen ausnahmslos innerhalb des a priori definierten Äquivalenzintervalls von  $\pm 4$  mmHg. Die Analyse der Bland-Altman-plots ergab Regressionskoeffizienten zwischen 0.023 (SPH SYS) und 0.048 (OSC SYS). So konnte auch ein signifikant proportionaler Fehler innerhalb der Messkategorien ausgeschlossen werden. Für die 54 in die Studie eingeschlossenen Hypertoniker wurde eine Subgruppenanalyse durchgeführt. Hier lagen die mittleren Differenzen zwischen -0,7 und +2,8 mmHg. SPH SYS, SPH DIA und OSC DIA erfüllten das a priori definierte Äquivalenzintervall. OSC SYS lag mit  $[+0;+5,6$  mm Hg] außerhalb der geforderten  $\pm 4$  mmHg.

Die Autoren schlussfolgern aus den Ergebnissen des Bland-Altman plots und des Äquivalenztests, dass die Blutdruckmessung mit der Messmanschette über der Bekleidung nicht signifikant von der Messung am unbekleideten Arm abweicht. Dies sei für Normo- und Hypertoniker zutreffend.

Mit der Studie von Liebl et al. wurde erstmals eine Studie publiziert, die in der Lage ist, den möglichen Einfluss von Bekleidung auf die Blutdruckmessung suffizient zu bewerten. Die Arbeit ist Holleman et al. sowie Kahan et al. in Methodik und statistischer Analyse eindeutig überlegen. Entscheidend ist hier unter anderem, dass Liebl et al. neben der oszillometrischen Messung auch konsequent die sphygmomanometrische Messmethode verwenden. Die Beschreibung der Probandenstichprobe ist sehr präzise und erfolgt unter genauer Bezeichnung der Ein- bzw. Ausschlusskriterien. Im Gegensatz zu Holleman et al. und Kahan et al. wird in dieser Studie ein oszillometrisches Messgerät verwendet, das den aktuellen Standards aus den Protokollen der Fachgesellschaften zur Validierung von Blutdruckmessgeräten entspricht. Auch das Studiendesign scheint gegenüber den bisherigen Publikationen

ausgereifter. So wird wegen der Einführung der Sphygmomanometrie ein verblinderter Testaufbau gewählt. Dies hat zur Folge, dass die Messungen durch zwei Personen erfolgen müssen, wobei eine Person speziell für die Auskultationen in der Sphygmomanometrie geschult wurde. Dieser Ansatz trägt sicher zur Aussagekraft der erhobenen Messwerte bei. Gegenüber Kahan et al. folgen die Messungen in den einzelnen Kategorien nicht unmittelbar aufeinander, sondern wurden durch einminütige Pausen getrennt. Dies entspricht den gängigen Empfehlungen der hypertensiologischen Fachgesellschaften. Auch auf die verwendeten Textilien und deren Qualität wird näher eingegangen. Während dieser Aspekt bei Kahan et al. nicht näher mit Zahlen belegt oder weitergehend diskutiert wird, wird in dieser Arbeit die jeweilige Stoffdicke der Bekleidung des Probanden mit einer Schieblehre bestimmt. In der statistischen Analyse erscheint die Arbeit von Liebl et al. gemessen an den bisherigen Publikationen ebenfalls fundierter. So findet neben der Methode nach Bland und Altman ein statistisch aussagekräftiger Test (Äquivalenztest) Anwendung. Dieses Vorgehen ist dem schlichten Vergleich der Messwerte mit den Grenzwerten aus den Gerätevalidierungsprotokollen bei Kahan et al. sicherlich vorzuziehen.

Doch auch in dieser Studie werden einige Aspekte der zugrunde liegenden Fragestellung nicht hinreichend geklärt.

In der Diskussion der Ergebnisse wird ein möglicher Einfluss von verschiedenen Stoffmaterialien auf die Blutdruckmesswerte erwähnt. Verschiedene Stoffqualitäten könnten die durch die arteriellen Pulsationen generierten Oszillationen in der automatisierten Blutdruckmessung unterschiedlich stark absorbieren. Mit der alleinigen Messung der Stoffdicke der Probandenbekleidung ist dieser Problematik nicht beizukommen. Hier könnte die Verwendung eines möglichst dicken Stoffes von handelsüblicher Qualität (z.B. Baumwolle), der in einer weiteren bekleideten Messkategorie bei allen 201 Probanden zum Einsatz käme, Klarheit schaffen. Grundsätzlich wurde der Ansatz der Verwendung eines gleich dicken Stoffes für alle Probanden bereits von Holleman et al. angedacht. Die Umsetzung mit zwei dünnenschichtigen Ärmeln übereinander schien hier jedoch unzureichend.

Der entscheidende Mangel der Arbeit von Liebl et al. liegt allerdings in der Deutung der Ergebnisse für die in der Studie eingeschlossenen Hypertoniker.

Für diese 54 Probanden erfolgte eine Subgruppenanalyse. Obwohl eine der vier Messkategorien die Vorgaben des a priori definierten Äquivalenzintervalls von  $\pm 4$  mmHg nicht erfüllt, erklären die Autoren den Einfluss der Bekleidung auch auf die Messung bei Hypertonikern als nicht signifikant. Diese Schlussfolgerung ist weder zulässig noch nachvollziehbar. Unabhängig von dem nicht erfüllten Äquivalenztest in der Kategorie OSC SYS, ist das Ergebnis der Subgruppenanalyse allein aufgrund der sehr niedrigen Stichprobengröße von sehr eingeschränkter Aussagekraft. Mit der Nennung von arteriosklerotischen Gefäßveränderungen -die bei Hypertonikern gehäuft auftreten- als möglichem Einflussfaktor auf die Messungen liefern die Autoren selbst ein weiteres Argument gegen eine vorschnelle Verallgemeinerung der bei Normotonikern gewonnenen Erkenntnisse auf Hypertoniker.

Insgesamt liegt mit der Studie von Liebl et al. die erste Arbeit vor, die dank einer ausreichend großen Stichprobengröße, einer ausgereiften Methodik und einer aussagekräftigen statistischen Analyse die Frage nach dem Einfluss von Bekleidung unterhalb der Messmanschette auf die Blutdruckmessung nachhaltig beantworten kann. Die Blutdruckmessung am bekleideten Arm weicht nicht signifikant von der Messung am unbekleideten Arm ab.

Ob dies auch grundsätzlich für Messungen bei Hypertonikern zutrifft, bleibt wie schon bei Holleman et al. und Kahan et al. offen.

### 4.3 Relevanz und praktische Bedeutung der Arbeit

Durch die vordergründig einfache Fragestellung, die dieser Arbeit zugrunde liegt, könnte vorschnell der Vorwurf der Banalität erhoben werden. Dies offenbart zugleich ein allgemeines Problem im Umgang bzw. der Bewertung der Blutdruckmessung. Sowohl medizinisches Personal als auch Patienten laufen Gefahr, einer gewohnheitsmäßig durchgeführten Handlung zu wenig Bedeutung beizumessen. Gerade die Blutdruckmessung stellt eine derartige Untersuchung dar, die aufgrund ihrer alltäglichen Anwendung leicht als Routinemaßnahme unterschätzt wird. Die Tatsache, dass es sich zudem um eine einfache, nicht invasive Methode handelt, trägt dazu bei, das diagnostische Gewicht der Blutdruckmessung zu verkennen. Vor dem Hintergrund der Hypertoniediagnostik bzw. der Therapieüberwachung antihypertensiver Maßnahmen erschließt sich die Bedeutung der Blutdruckmessung ganz offensichtlich, denn nur durch ihre Anwendung können erhöhte Blutdruckwerte erfasst und die daraus resultierenden Spätschäden abgewendet werden.

Dies gewinnt zusätzlich an Relevanz, da in der westlichen Welt annähernd die Hälfte aller Todesursachen durch Folgeerkrankungen der Hypertonie und deren Endorganschädigungen bedingt ist (Pocock et al. 2001; European Society of Hypertension Working Group on Blood Pressure Monitoring 2003; Statistisches Bundesamt Fachserie 12, Reihe 4 2006). Um in der Hypertoniediagnostik valide Messwerte zu garantieren, muss besonderes Augenmerk auf der korrekten Messmethodik liegen. Nach Empfehlung der hypertensiologischen Fachgesellschaften sollte die Messmanschette am unbedeckten Arm angelegt werden (Guidelines Committee 2003; Deutsche Liga zur Bekämpfung des hohen Blutdrucks e.V. 2001; Pickering et al. 2005). Es stellt sich jedoch die Frage, ob die strikte Umsetzung dieser Vorgabe in der Praxis zweckmäßig und alltagsgerecht ist bzw. ob nicht auch die Messung am bedeckten Arm valide Werte liefert. Für die Blutdruckmessung bei Hypertonikern konnte dies bis heute nicht geklärt werden. Im medizinischen Alltag wird das Personal oftmals verleitet die gängigen Empfehlungen zu umgehen. Dies geschieht beispielsweise aus Gründen der Zeitnot, der Effizienz, bei schwer mobilisierbaren Patienten, infolge religiöser Vorschriften, bei besonders eng

anliegender Bekleidung oder in Notfallsituationen. In all diesen Fällen wird die Blutdruckmessung am bekleideten Arm des Patienten durchgeführt, ohne den genauen Einfluss der Bekleidung auf die Messwerte zu kennen.

Die akribischen Vorgaben der hypertensiologischen Fachgesellschaften zur Durchführung der Blutdruckmessung bergen ein weiteres Problem in sich. So wird der Eindruck erweckt, dass unter Einhaltung aller geforderten Maßnahmen bereits bei einmaliger Blutdruckmessung ein aussagekräftiger, valider Messwert zu erheben sei. Hier würde die einzelne Messung jedoch überinterpretiert. In der Konsequenz wäre es widersinnig von einem Einzelmesswert her diagnostische oder therapeutische Konsequenzen abzuleiten. Der menschliche Blutdruck unterliegt einer physiologischen Variabilität, die bereits von Herzschlag zu Herzschlag unterschiedliche Werte zur Folge haben kann (Mancia et al. 1997; O'Brien et al. 2003). Die entscheidendere Bedeutung ist also der wiederholten Blutdruckmessung in Form von Praxis-, Selbst- oder 24h-Langzeitmessung beizumessen. Die einzelne Gelegenheitsmessung sollte natürlich mit gebotener Sorgfalt erfolgen.

Die vorliegende Studie konnte nun erstmals zeigen, dass auch bei Hypertonikern die Blutdruckmessung am bekleideten Arm (bis 2mm) zulässig ist und innerhalb eines Äquivalenzbereiches zu gleichwertigen Messergebnissen wie die unbekleidete Messung führt. Die Messwerte in der unbekleideten und der bekleideten Kategorie bis 2mm zeigten keinen statistisch signifikanten Unterschied. In allen bisher veröffentlichten Publikationen bestand hierüber noch Unsicherheit (Holleman et al. 1993; Kahan et al. 2003; Liebl et al. 2004).

Nicht nur die Blutdruckmessung in Praxen und Kliniken ist von diesen Ergebnissen betroffen, auch die Patientenselbstmessung als wichtige Säule der Hypertoniediagnostik profitiert von dieser methodischen Vereinfachung. Dies könnte positiv zur Patienten-Compliance im Rahmen der Selbstmessung beitragen und das Problembewusstsein gegenüber der Hypertonie schärfen.

Mögliche Bedenken bezüglich der Validität der über Bekleidung erhobenen Messwerte seitens des Untersuchers können somit ebenfalls ausgeräumt werden, wie die Sorge der Patienten um mangelnde Sorgfalt des Untersuchers, der die Blutdruckmessung am bekleideten Arm durchführt. Diese Erkenntnis ist also für Arzt und Patient von Vorteil und erleichtert die erforderlichen engmaschigen Blutdruckmessungen bei Hypertonikern.

## 5 Zusammenfassung

In der aktuellen Literatur konnte bislang nicht geklärt werden, ob Bekleidung unterhalb der Messmanschette die Blutdruckmessung bei Hypertonikern beeinflusst.

Um diese Frage zu beantworten, wurden in der vorliegenden Arbeit bei 203 Hypertonikern jeweils drei oszillometrische und sphygmomanometrische Blutdruckmessungen an beiden Armen gleichzeitig durchgeführt. Die Messungen erfolgten in randomisierter Reihenfolge am unbedeckten Arm, über der Bekleidung der Probanden (handelsübliche Materialien bis 2mm Dicke) und über einem standardisierten, 2mm dicken Baumwollärmel (entsprechend einem Bademantelärmel). Die Sphygmomanometrie wurde gegenüber den oszillometrischen Messwerten und dem Bekleidungsstatus der Probanden verblindet.

Die Messwerte wurden durch die mittleren Differenzen zwischen den jeweiligen Messkategorien und die zugehörigen 95%-Konfidenzintervalle näher beschrieben. Über alle zwölf Messkategorien hinweg ergab sich im Mittel eine Tendenz von 1,05 mmHg erhöht gemessenen Werten.

Zur weiteren Analyse der Messwerte fand ein Äquivalenztest Anwendung. Sämtliche Messkategorien erfüllten die Grenzen des a priori definierten Äquivalenzintervalls von  $\pm 4$  mm Hg. Innerhalb dieses Äquivalenzintervalls können bekleidete und unbedeckte Blutdruckmessungen als gleichwertig angesehen werden. Auch ein mit der Höhe der Messwerte assoziierter, potentieller proportionaler Fehler konnte mittels der Methode nach Bland und Altman ausgeschlossen werden.

Die digital-oszillometrische und auskultatorisch-sphygmomanometrische Blutdruckmessung kann auch bei Hypertonikern am bedeckten (bis 2mm) und unbedeckten Arm als gleichwertig angesehen werden. Diese methodische Erleichterung vereinfacht die nötigen engmaschigen Blutdruckmessungen bei Hypertonikern. Für diagnostische oder therapeutische Entscheidungen sei jenseits der Einzelmessung und unabhängig von der Messmethode auf die Relevanz wiederholter Blutdruckmessungen im Rahmen der Praxis- bzw. Klinikmessung, 24h-Langzeitmessung oder Patientenselbstmessung verwiesen.

## 6 Tabellenverzeichnis

<b>Tabelle</b>	<b>Seite</b>
Tabelle 1: Klassifikation der Blutdruckstufen [mm Hg].....	7
Tabelle 2: Hypertoniegrenzwerte in Abhängigkeit von verschiedenen..... Messverfahren	8
Tabelle 3: Daten zu Demographie und Diagnose.....	25
Tabelle 4: Body-Mass-Index (BMI).....	25
Tabelle 5: Korrelationskoeffizient nach Pearson.....	29
Tabelle 6: Mittlere Differenzen aller Kategorien.....	30
Tabelle 7: 95%-Konfidenzintervalle der mittleren Differenzen.....	31
Tabelle 8: Äquivalenztest.....	32

## 7 Abbildungsverzeichnis

<b>Abbildung</b>	<b>Seite</b>
Abbildung 1: Entstehung der Korotkoffgeräusche.....	9
Abbildung 2: Fragebogen/Anamnestische Daten.....	15
Abbildung 3: Fragebogen/Messungen.....	16
Abbildung 4: Sphygmomanometrische und oszillometrische Messung über der Bekleidung.....	21
Abbildung 5: Verblindung.....	21
Abbildung 6: Versuchsaufbau.....	22
Abbildung 7: Sphygmomanometrische Messung über standardisiertem Baumwollärmel.....	22
Abbildung 8: Altersverteilung der Probanden.....	26
Abbildung 9: Mediane aller Messwerte im Vergleich.....	28
Abbildung 10: Übersicht Stoffdicke.....	30
Abbildung 11: Bland-Altman plot.....	34

## 8 Literaturverzeichnis

- Association for the Advancement of Medical Instrumentation. American national standard. Electronic or automated sphygmomanometers. ANSI/AAMI SP 10-1992. Arlington, VA, USA: AAMI, 1993: 40.
- Belmin J, Visintin JM, Salvatore R, Sebban C, Moulias R. Osler's maneuver: absence of usefulness for the detection of pseudo hypertension in an elderly population. *Am J Med* 1995; **98 (1)**: 42-49.
- Bland JM, Altman DG. Statistical method for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986; **i**: 307-310.
- Bland JM, Altman DG. Measuring agreement in method comparison studies. *Stat Methods Med Res* 1999; **8 (2)**: 135-160.
- Botomino A, Martina B, Ruf D, Bruppacher R, Hersberger KE. White coat effect and white coat hypertension in community pharmacy practice. *Blood Press Monit* 2005; **10 (1)**: 13-18.
- Chobanian AV, Bakris GL, Black HR, Cushman WC, Green LA, Izzo JL Jr, Jones DW, Materson BJ, Oparil S, Wright JT Jr, Roccella EJ. National Heart, Lung, and Blood Institute Joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure; National High Blood Pressure Education Program Coordinating Committee. The seventh report of the Joint National Committee on prevention, detection, evaluation, and treatment of high blood pressure: the JNC 7 report. *JAMA* 2003; **289 (19)**: 2560-2572.

- Collins R, Peto R, MacMahon S, Herbert P, Fiedback NH, Eberlein KA. Blood pressure, stroke, and coronary heart disease. Part 2, Shortterm reductions in blood pressure: overview of randomised drug trials in their epidemiological context. *Lancet* 1990; **335**: 827-839.
- Cunningham T. Korotkoff sounds. *Student BMJ* 2003; **11**: 234-235.
- Deutsche Liga zur Bekämpfung des hohen Blutdrucks e.V. (Deutsche Hochdruckliga). Leitlinien für die Prävention, Erkennung, Diagnostik und Therapie der arteriellen Hypertonie. *Dtsch Med Wochenschr* 2001; **126**: 201-238.
- Deutsche Liga zur Bekämpfung des hohen Blutdrucks e.V. (Deutsche Hochdruckliga). Empfehlungen zur Hochdruckbehandlung. 2002 17. Aufl.
- European Society of Hypertension Working Group on Blood Pressure Monitoring. European Society of Hypertension recommendation for conventional, ambulatory and home blood pressure measurement. *J Hypertens* 2003; **322**: 821-848.
- European Society of Hypertension - European Society of Cardiology guidelines for the management of arterial hypertension. *Hypertens* 2003; **21**: 1011-1053.
- Evans JG, Rose G. Hypertension. *Br Med Bull* 1971; **27**: 37-42.
- Franklin S, Khan SA, Wong DA, Larson MG, Levy D. Is pulse pressure useful in predicting risk for coronary heart disease? The Framingham Heart Study. *Circulation* 1999; **100**: 354-360.
- Frohlich ED. Blood pressure measurement. *Can J Cardiol* 1995; **11(Suppl H)**: 35H-37H.

- Guidelines Committee. 2003 European Society of Hypertension – European Society of Cardiology guidelines for the management of arterial hypertension. *J Hypertens* 2003; **21**: 1011-1053.
- Holleman DR, Westman EC, McCrory DC, Simel DL. The effect of sleeved arms on blood pressure measurement. *J Gen Intern Med* 1993; **8**: 325-326.
- Jansen RW, Lipsitz LA. Postprandial hypotension: epidemiology, pathophysiology, and clinical management. *Ann Intern Med* 1995; **122** (4): 286-295.
- Kahan E, Yaphe J, Knaani-Levinz H, Weingarten MA. Comparison of blood pressure measurements on the bare arm, below a rolled-up sleeve, or a over a sleeve. *Fam Pract* 2003; **20** (6): 730-732.
- Kantola I, Vesalainen R, Kangassalo K, Kariluoto A. Bell or diaphragm in the measurement of blood pressure? *J Hypertens* 2005; **23**: 499-503.
- Liebl ME, Holzgreve H, Schulz M, Crispin A, Bogner JR. The effect of clothes on sphygmomanometric and oscillometric blood pressure measurement. *Blood Press* 2004; **13**: 279-282.
- McMahon C, Mahmud A, Feely J. Taking blood pressure-no laughing matter! *Blood Press Monit* 2005; **10** (2): 109-110.
- McMahon S, Peto S, Catler J, Collins R, Sorlie P, Neaton J. Blood pressure, stroke, and coronary heart disease . Part1, Prolonged differences in blood pressure: prospective observational studies corrected for the regression dilution bias. *Lancet* 1990; **335**: 765-774.
- Messerli FH, Ventura HO, Amodeo C. Osler's maneuver and pseudohypertension. *N Engl J Med* 1985; **312**: 1548-1551.

- Millar JA, Lever AF, Burke A. Pulse pressure as a risk factor for cardiovascular events in the MRC Mild Hypertension Trial. *J Hypertens* 1999; **17**: 1065-1072.
- Netea RT, Lenders JW, Smits P, Thien T. Both body and arm position significantly influence blood pressure measurement. *J Hum Hypertens* 2003; **17**: 459-462.
- Nichtinvasive Blutdruckmessgeräte – Teil 4: Prüfverfahren zur Bestimmung der Messgenauigkeit von automatischen nichtinvasiven Blutdruckmessgeräten; Deutsche Fassung EN 1060-4: 2004; Beuth Verlag Berlin.
- O'Brien E, Petrie J, Littler W. The British Hypertension Society protocol for the evaluation of blood pressure measuring devices. *J Hypertens* 1993; **11 (suppl 2)**: 43-62.
- O'Brien E, Coats A, Owens P, Petrie J, Padfield PL, Littler WA, de Swiet M, Mee F. Use and interpretation of ambulatory blood pressure monitoring: recommendations of the British Hypertension Society. *BMJ* 2000; **320**:1128-1134.
- O'Brien E, Waeber B, Parati G. on behalf of the European Society of Hypertension Working Group on Blood Pressure Monitoring. Blood pressure measuring devices: recommendations of the European Society of Hypertension. *BMJ* 2001; **322**: 531-536.
- 
- O'Brien E, Asmar R, Beilin L, Imai Y, Mancia G, Mengden T. On behalf of the European Society of Hypertension Working Group on Blood Pressure Monitoring. European Society of Hypertension recommendations for conventional, ambulatory and home blood pressure measurement. *J Hypertens* 2003; **21**: 821-848.

- O'Brien E, Asmar R, Beilin L, Imai Y, Mancia G, Mengden T, Meyers M, Padfield P, Palatini P, Pickering T, Redon J, Staessen J, Stergiou G, Verdecchia P; European Society of Hypertension Working Group on Blood Pressure Monitoring. Practice guidelines of the European Society of Hypertension for clinic, ambulatory and self blood pressure measurement. *J Hypertens* 2005; **23 (4)**: 697-701.
- O'Rourke MF. From theory into practice. Arterial hemodynamics in clinical hypertension. *J Hypertens* 2002; **20**: 1901-1915.
- Parati G, Ulian L, Santucci C, Omboni S, Mancia G. Difference between clinic and daytime blood pressure is not a measure of the white coat effect. *Hypertension* 1998; **31**: 1185-1189.
- Pickering TG, Coats A, Mallion JM, Mancia G, Verdecchia P. Task Force V. White coat hypertension. *Blood Press Monit* 1999; **4**: 333-341.
- Pickering TG, Gerin W, Schwartz AR. What is the white-coat effect and how should it be measured? *Blood Press Monit* 2002; **7 (6)**: 293-300.
- Pickering TG, Hall JE, Appel LJ, Falkner BE, Graves J, Hill MN, Jones DW, Kurtz T, Sheps SG, Roccella EJ. Recommendations for blood pressure measurement in humans and experimental animals: part 1: blood pressure measurement in humans: a statement for professionals from the Subcommittee of Professional and Public Education of the American Heart Association Council on High Blood Pressure Research. *Circulation* 2005; **111 (5)**: 697-716.
- Pocock SJ, Cormack VMc, Gueyffier F, Boutitie F, Fagard RH, Boissel JP. A score for predicting risk of death from cardiovascular disease in adults with raised blood pressure, based on individual patient data from randomised controlled trials. *BMJ* 2001; **323**: 75-81.

- Power calculator. URL: <http://calculators.stat.ucla.edu/powercalc/> [last access: 14. september 2006].
- Prospective Studies Collaboration. Age-specific relevance of usual blood pressure to vascular mortality: a meta-analysis of individual data for one million adults in 61 prospective studies. *Lancet* 2002; **360**: 1903-1913.
- Raftery EB. Technical aspects of blood pressure measurement, in: O'Brien E, O'Malley K. Handbook of hypertension, Vol. 14: Blood pressure measurement. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, 1991.
- Reeves RA. The rational clinical examination: does this patient have hypertension? How to measure blood pressure. *JAMA* 1995; **273**:15.
- Sharma AM, Wittchen HU, Kirch W, Pittrow D. High prevalence and poor control of hypertension in primary care: cross-sectional study. *J Hypertens* 2004; **22(3)**: 479-486.
- Statistisches Bundesamt Fachserie 12, Reihe 4 2006.
- Takayoshi O, Y.Imai, I, Tsuji, K, Nagai. Home blood pressure measurement has a stronger predictive power for mortality than does screening blood pressure measurement: a population-based observation in Ohasama. *J Hypertens* 1998; **16**: 971-975.
- Tholl U, Forstner K, Anlauf M. Measuring blood pressure - pitfalls and recommendations. *NDT* 2004; **19**: 766-770.
- Wolf-Maier K, Cooper RS, Banegas JR. Hypertension prevalence and blood pressure levels in 6 European countries, Canada, and the United States. *JAMA* 2003; **289(18)**: 2363-2369.

- Wood DR, Simmons JO. Effect of an upper-arm constricting device on arm blood pressure measurements. *J Am Osteopath Assoc* 1990; **90**: 1081.
  
- Working Group on Blood Pressure Monitoring of the European Society of Hypertension. International protocol for validation of blood pressure measuring devices in adults. *Blood Press Monit* 2002; **7**: 3-17.

## **Erklärung**

Ich erkläre, dass ich die an der Ludwig-Maximilians-Universität eingereichte Dissertation mit dem Titel

### **Blutdruckmessung am bekleideten und unbekleideten Arm: Einfluss auf sphygmomanometrische und oszillometrische Messwerte bei Hypertonikern**

in der Medizinischen Poliklinik des Campus Innenstadt unter Betreuung von

**Herrn Professor Dr. med. J. Bogner**

selbständig angefertigt und mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient habe. Alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen. Ich habe die hier vorliegende Dissertation nicht in gleicher oder ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht.

Teile dieser Dissertation wurden an folgende Publikationsorgane zur Veröffentlichung eingereicht:

Eder MJC, Holzgreve H, Liebl ME, Crispin A, Bogner JR. Der Einfluss von Bekleidung auf die sphygmomanometrische und oszillometrische Blutdruckmessung bei Hypertonikern. *Dtsch Med Wochenschr* 2006; **131 (Suppl 6)**: S. 173

München, 25.02.2008

## **Danksagung**

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. Johannes Bogner für die Vergabe des einzigartigen Themas und seine ausnehmend freundliche Betreuung.

Herrn Prof. Dr. med. Gernot Klein und den Mitarbeitern der kardiologischen Abteilung der Klinik Höhenried danke ich herzlich für die unkomplizierte und freundliche Unterstützung während der Durchführung der Messreihen.

Für seine freundliche Unterstützung bei der Posterpräsentation und der Publikation danke ich Herrn Prof. Dr. med. Heinrich Holzgreve.

In freundschaftlicher Verbundenheit danke ich Herrn Dr. med. Max Liebl sehr herzlich für die Vermittlung des Themas, die Unterstützung bei den Blutdruckmessungen und seine stete Hilfsbereitschaft im Bezug auf die vorliegende Arbeit und darüber hinaus.

Julia danke ich herzlich für die Mitwirkung bei der Illustration der Arbeit, das Lektorat und Ihre liebevolle Unterstützung.

Herzlich danke ich meinen Eltern für die stets uneingeschränkte Unterstützung, ihr Vertrauen und ihre Geduld.

## Lebenslauf

### **Moritz Johann Christoph Eder**

#### Persönliche Daten:

Geburtsdatum: 03.02.1980  
 Geburtsort: München  
 Nationalität: deutsch

#### Ausbildung:

12/2007                      Approbation als Arzt  
 04/2000 – 12/2007        Studium der Humanmedizin an der Ludwig-  
                                  Maximilians-Universität München  
 12/2007                      zweiter Abschnitt der ärztlichen Prüfung (neue  
                                  ÄAppO)  
 08/2003                      Physikum  
 07/1999                      Abitur am humanistischen Karlsgymnasium München

#### Wehrdienst:

08/1999 - 04/2000        Sanitätsdienst bei 1./GebPiBtl 8, Brannenburg

#### Posterpräsentation:

Hypertonie 2006, 30. Wissenschaftlicher Kongress der Deutschen Liga zur Bekämpfung des hohen Blutdruckes, München

#### Publikation :

Eder MJC, Holzgreve H, Liebl ME, Crispin A, Bogner JR. Der Einfluss von Bekleidung auf die sphygmomanometrische und oszillometrische Blutdruckmessung bei Hypertonikern. *Dtsch Med Wochenschr* 2006; **131 (Suppl 6)**: S. 173