

Aus der Medizinischen und Gerichtlichen Veterinärklinik I
der Justus-Liebig-Universität Gießen
Innere Krankheiten der Kleintiere

**Vergleich der indirekten arteriellen
Blutdruckmessung mittels zweier oszillometrisch
messender Blutdruckmonitore mit der direkten
Blutdruckmessung beim Hund**

Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades
beim Fachbereich Veterinärmedizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

Eingereicht von
Ingo Schneider

Gießen 1999

Abkürzungsverzeichnis

A. auricularis caud.	Arteria auricularis caudalis
A. brachialis	Arteria brachialis
A. carotis com.	Arteria carotis communis
A. caudalis med.	A. caudalis mediana
A. cubitalis	Arteria cubitalis
A. dors. pedis	Arteria dorsalis pedis
A. femoralis	Arteria femoralis
A. iliaca	Arteria iliaca
A. lingualis	Arteria lingualis
A. maxillaris	Arteria maxillaris
A. metatarsa dors.	Arteria metatarsa dorsalis
A. radialis	Arteria radialis
A. tibialis ant.	Arteria tibialis anterior
A. tibialis post.	Arteria tibialis posterior
AAMI	Association for the Advancement of Medical Instrumentation
ACE	Angiotensin-Converting-Enzym
ADH	Adiuretin
ADP	Adenosin Diphosphat
AHA	American Heart Association
Am. Can. SH	Amerikanisch-Canadischer Schäferhund
AMP	Adenosin Monophosphat
ANP	atriales natriuretisches Peptid
AT I	Angiotensin I
AT II	Angiotensin II
ATP	Adenosin Triphosphat
Austr. Shephard	Australian Shephard
AV-Block	atrioventrikulärer Block
AVP	Arginin-Vasopressin
BSH	Berner Sennenhund
cm	Zentimeter
CO ₂	Kohlendioxid
d.h.	das heißt
DAD	diastolischer arterieller Druck
DAD(M)	diastolischer arterieller Druck; indirekt gemessen am Metatarsus
DAD(R)	diastolischer arterieller Druck; indirekt gemessen am Radius
DAD(S)	diastolischer arterieller Druck; indirekt gemessen am Schwanzansatz
DAD(T)	diastolischer arterieller Druck; indirekt gemessen an der Tibia

Abkürzungen

dB	direkter Blutdruck
DCM	Dilatative Kardiomyopathie
DM	Diabetes mellitus
Doppler-Kinetoarteriog.	Doppler-Kinetoarteriographie
DSH	Deutscher Schäferhund
Dt. Drahthaar	Deutsch Drahthaar
Dt. Kurzhaar	Deutsch Kurzhaar
ΔB	Differenz von direktem und indirektem Blutdruck
ΔHKG	Differenz der Werte von Hauptkomponentengerade und indirektem Blutdruck
EDCF	endothelium-derived contracting factor
EDRF	endothelium-derived relaxing factor
Engl. Spring. Sp.	Englischer Springer Spaniel
etc.	et cetera
H ⁺	Wasserstoffion
HHL	Hypophysenhinterlappen
HKG	Hauptkomponentengerade
Hz	Hertz
i.d.R.	in der Regel
I.E.	internationale Einheit
iB	indirekter Blutdruck
Infraton-mikro.	Infratonmikrophon
K ⁺	Kaliumion
kg	Kilogramm
KM	Körpermasse
m	männlich
M	Metatarsus
MAD	mittlerer arterieller Druck
MAD(A)	mittlerer arterieller Druck; direkt gemessen
MAD(M)	mittlerer arterieller Druck; indirekt gemessen am Metatarsus
MAD(R)	mittlerer arterieller Druck; indirekt gemessen am Radius
MAD(S)	mittlerer arterieller Druck; indirekt gemessen am Schwanzansatz
MAD(T)	mittlerer arterieller Druck; indirekt gemessen an der Tibia
MI	Mitralinsuffizienz
min	Minute
mk	männlich kastriert
ml	Milliliter
ml/h	Milliliter pro Stunde

Abkürzungen

mm	Millimeter
mm Hg	Millimeter Quecksilbersäule
N. glossopharyngicus	Nervus glossopharyngicus
N. vagus	Nervus vagus
Na ⁺	Natriumion
NaCl	Natriumchlorid
NI	Niereninsuffizienz
NO	Stickstoffmonoxid
O ₂	Sauerstoff
Oszillo.	Oszillometrie
p	Signifikanz
Pa	Pascal
P _{CO₂}	Kohlendioxidpartialdruck
PDA	Ductus arteriosus persistens
PGE ₁	Prostaglandin E1
PGE ₂	Prostaglandin E2
PGF _{2α}	Prostaglandin F
PGI ₂	Prostacyclin
P _{O₂}	Sauerstoffpartialdruck
PPG	Photoplethysmogramm
PS	Pulmonalstenose
r	Korrelationskoeffizient
R	Radius
R. auricularis intermed.	Ramus auricularis intermedius
RAS	Renin-Angiotensin-System
®	eingetragenes Markenzeichen
s	Standardabweichung
S	Schwanzansatz
SAD	systolischer arterieller Druck
SAD(M)	systolischer arterieller Druck; indirekt gemessen am Metatarsus
SAD(R)	systolischer arterieller Druck; indirekt gemessen am Radius
SAD(S)	systolischer arterieller Druck; indirekt gemessen am Schwanzansatz
SAD(T)	systolischer arterieller Druck; indirekt gemessen an der Tibia
SAS	Subaortenstenose
Sed.	Sedation
SI	Système international d'unités
T	Tibia
TD	Trikuspidaldysplasie

Abkürzungen

TI	Trikuspidalinsuffizienz
TM	Trademark
t-Test I	Zweiseitiger t-Test für verbundene Stichproben
t-Test II	t-Test zur Prüfung des Regressionskoeffizienten auf Abweichung vom Wert Null
u.a.	unter anderem
v.a.	vor allem
VDZ	Vasodilatatorenzentrum
VKZ	Vasokonstriktorenzentrum
VMZ	Vasomotorenzentrum
VSD	Ventrikel-Septum-Defekt
Vv. cavae	Venae cavae
Vv. pulmonales	venae pulmonales
w	weiblich
WH	Winkelhalbierende
WHWT	West-Highland-White-Terrier
wk	weiblich kastriert
x_{\max}	Maximum
x_{\min}	Minimum
\therefore	Median
\cong	arithmetischer Mittelwert
$\cong(\text{dB/iB})$	arithmetischer Mittelwert von direktem und indirektem Blutdruck
$\cong(\Delta B)$	arithmetischer Mittelwert der Differenz von direktem und indirektem Blutdruck
z.B.	zum Beispiel
z.T.	zum Teil
ZNS	zentrales Nervensystem

Inhaltsverzeichnis

1. EINLEITUNG

1.1. Aufgabenstellung

2. LITERATURÜBERSICHT

2.1. Der Blutdruck

2.1.1. Blutdruck beeinflussende Faktoren

2.1.2. Veränderungen des Blutdrucks an verschiedenen Stellen des Gefäßbaumes

2.1.3. Form der Blutdruckwelle

2.2. Kreislaufregulation

2.2.1. Lokale Durchblutungsregulation

2.2.2. Innervation der Blutgefäße

2.2.2.1. Sympathische Vasokonstriktoren

2.2.2.2. Sympathische Vasodilatoren

2.2.2.3. Parasympathische Vasodilatoren

2.2.3. Rezeptortheorie der Katecholaminwirkungen

2.2.3.1. Vasokonstriktorische Stoffe

2.2.3.2. Vasodilatatorische Stoffe

2.3. Kreislaufregulationszentrum:

2.3.1. kurzfristige Regulation

2.3.2. langfristige Regulation

2.3.3. Pressor- und Depressorreflex

2.3.3.1. Pressorreflex

2.3.3.2. Depressorreflex

2.3.4. Chemorezeptorenreflex

2.3.5. Bainbridge-Reflex

2.3.6. Perikard-Reflex

2.3.7. Bezold-Jarisch-Reflex

2.3.8. Diuresereflex (Gauer und Henry)

2.3.9. Renin-Angiotensin-System (RAS)

2.3.9.1. Renin

2.3.9.2. Angiotensinogen

2.3.9.3. Angiotensin (AT)

2.3.10. Atriales natriuretisches Peptid (ANP)

2.3.11. Arginin-Vasopressin (AVP) oder Adiuretin (ADH)

2.4. Die Geschichte der Blutdruckmessung

2.5. Methoden zur Blutdruckmessung beim Hund

2.5.1. Direkte (blutige) Blutdruckmessung

2.5.1.1. Flüssigkeitsgefüllte Katheter

- 2.5.1.2. Tip-Katheter
- 2.5.1.3. Fehlerquellen bei Druckmeßsystemen zur direkten Blutdruckmessung
 - 2.5.1.3.1. Fehlerquellen bei flüssigkeitsgefüllten Blutdruckmeßsystemen
 - 2.5.1.3.2. Resonanzfrequenz
 - 2.5.1.3.3. Dämpfung
 - 2.5.1.3.4. Weitere Fehlerquellen bei der direkten Blutdruckmessung
- 2.5.1.4. Komplikationen
- 2.5.1.5. Punktionsstellen zur arteriellen Blutdruckmessung
- 2.5.2. Indirekte (unblutige) Blutdruckmessung
 - 2.5.2.1. Prinzip der indirekten Blutdruckmessung
 - 2.5.2.2. Pulspalpation mit dem Finger (palpatorische Methode)
 - 2.5.2.3. Rheographie als Pulsfühler
 - 2.5.2.4. Infraton Druckmarkengeber nach BOUKE und BRECHT als Pulsfühler
 - 2.5.2.5. Xylol-Puls-Indikator Methode als Pulsfühler
 - 2.5.2.6. Dehnungsstreifen als Pulsfühler
 - 2.5.2.7. Auskultatorische Methode
 - 2.5.2.8. Registrierung der Hautfarbenänderung
 - 2.5.2.9. Photoplethysmographie
 - 2.5.2.10. Finapres Methode
 - 2.5.2.11. Doppler-Ultraschall
 - 2.5.2.11.1. Doppler-Flußmesser
 - 2.5.2.11.2. Doppler-Kinetoarteriographie
 - 2.5.2.12. Oszillometrie
 - 2.5.2.12.1. Oszillometrie mit einer Manschette
 - 2.5.2.12.2. Oszillometrie mit zwei Manschetten
 - 2.5.2.13. Kombination von Oszillometrie und Photoplethysmographie
- 2.5.3. Semiinvasive Blutdruckmessung
- 2.6. Blutdruckmanschetten
 - 2.6.1. Manschettengröße
 - 2.6.1.1. Untersuchungen am Menschen
 - 2.6.1.2. Untersuchungen am Pferd
 - 2.6.1.3. Untersuchungen am Hund
- 2.7. Referenz- und Grenzwerte des Blutdrucks beim Hund
- 2.8. Indikationen zur Blutdruckmessung
 - 2.8.1. Hypertonie
 - 2.8.1.1. Die primäre bzw. idiopathische oder essentielle Hypertonie
 - 2.8.1.2. Sekundäre Hypertonie
 - 2.8.1.2.1. Renale Hypertonie

- 2.8.1.2.2. Endokrine Ursachen einer Hypertonie
- 2.8.1.2.3. Herz- und Gefäßerkrankungen als Hypertonieursache
- 2.8.1.2.4. Weitere Erkrankungen als Ursachen einer Hypertonie
- 2.8.2. Folgeerkrankungen der Hypertonie
- 2.8.3. Hypotonie
 - 2.8.3.1. Hypotonie infolge von Erkrankungen
 - 2.8.3.2. Hypotonie verursacht durch Medikamente
- 3. MATERIAL UND METHODEN
 - 3.1. Probanden
 - 3.1.1. Hunde der *DinamapTM Veterinär Monitor* Vergleichsstudie
 - 3.1.2. Hunde der *SDI Vet/BPTM 6000* Vergleichsstudie
 - 3.2. Direkte Blutdruckmessung
 - 3.3. Oszillometrisch-indirekte Blutdruckmessung
 - 3.3.1. *DinamapTM Veterinär Monitor*
 - 3.3.1.1. Meßtechnik
 - 3.3.2. *SDI Vet/BPTM 6000*
 - 3.3.2.1. Meßtechnik
 - 3.3.3. Blutdruckmanschetten und Meßstellen
 - 3.4. Durchführung der Blutdruckmessung
 - 3.5. Statistische Auswertung
 - 3.6. Textverarbeitung und Grafiken
 - 3.7. Materialien
 - 3.7.1. Geräte
 - 3.7.2. Medikamente
 - 3.7.3. Computerprogramme
- 4. ERGEBNISSE
 - 4.1. Mittelwerte, Minima und Maxima der Mediane von 7 Meßwerten
 - 4.2. Korrelation von direkter und oszillometrischer Blutdruckmessung
 - 4.3. Zweiseitiger t-Test für verbundene Stichproben zur Überprüfung der Differenz von dB und iB (t-Test I)
 - 4.4. t-Test anhand der Prüfung des Regressionskoeffizienten von \cong (von dB und iB) und ΔB auf Abweichung vom Wert Null (t-Test II)
 - 4.5. Betrachtung der Differenz von direktem und indirektem Blutdruck
 - 4.6. Hauptkomponentengerade
 - 4.6.1 Betrachtung der Abweichung der indirekt gemessenen Blutdruckwerte von der Hauptkomponentengeraden
- 5. DISKUSSION
 - 5.1 Patientenauswahl

- 5.2. Auswahl der Meßorte
 - 5.2.1. Direkte Blutdruckmessung
 - 5.2.2. Oszillometrisch-indirekte Blutdruckmessung
- 5.3. Auswahl der Druckwerte-Registrierung und -Berechnung
- 5.4. Ergebnisse
 - 5.4.1. Korrelation von direkter und oszillometrisch-indirekter Blutdruckmessung
 - 5.4.2. Zweiseitiger t-Test für verbundene Stichproben zur Überprüfung der Übereinstimmung von dB und iB (t-Test I)
 - 5.4.3. t-Test anhand der Prüfung des Regressionskoeffizienten von \cong (von dB und iB) und ΔB auf Abweichung vom Wert Null (t-Test II)
 - 5.4.4. Betrachtung der Differenz von direktem und indirektem Blutdruck
 - 5.4.5. Hauptkomponentengerade
 - 5.4.5.1. Betrachtung der Abweichung der indirekt gemessenen Blutdruckwerte von der Hauptkomponentengeraden
- 5.6. Schlußfolgerung
- 6. ZUSAMMENFASSUNG
- 7. SUMMARY
- 8. LITERATURVERZEICHNIS
- 9. ANHANG
 - 9.1. Tabelle 16 - 39
 - 9.2. Abbildung 12 - 83

1. EINLEITUNG

Veränderungen des Blutdrucks im Zusammenhang mit diversen Organerkrankungen sind beim Hund bereits ausführlich beschrieben. Allerdings stellt die zuverlässige Messung des Blutdrucks immer noch ein Problem dar. Die Mehrheit der Untersucher favorisiert heutzutage zur Routinediagnostik die indirekte Blutdruckmessung mittels Oszillometrie.

Präzisionsvergleiche der Oszillometrie mit direkten (blutigen) Meßmethoden wurden meist experimentell, vorwiegend an einheitlichen Gruppen trainierter oder narkotisierter Versuchshunde, durchgeführt. Studien an inhomogenen Gruppen (unterschiedliches Alter, breite Gewichtsspanne, verschiedene Rassen, beiderlei Geschlecht) unsedierter Hunde wurden bisher nicht durchgeführt.

1.1 Aufgabenstellung

Das Ziel der vorliegenden Studie war es, unter Praxisbedingungen die Blutdruckmessung beim Hund mittels zweier für die Veterinärmedizin konzipierter oszillometrischer Blutdruckmeßgeräte mit der direkten Blutdruckmessung zu vergleichen und ihre praktische Anwendbarkeit zu beurteilen.

2. LITERATURÜBERSICHT

2.1. Der Blutdruck

Der Blutdruck ist im physikalischen wie auch im physiologischen Sinne die Summe des hydrostatischen und hydrodynamischen Druckes in einem beliebigen Gebiet des Blutgefäßsystems, einschließlich der Herzkammern. Der Blutdruck ist abhängig vom Herzminutenvolumen (HMV) und dem peripheren Widerstand.

Im klinischen Sprachgebrauch versteht man unter dem Begriff "Blutdruck", sofern keine näheren Angaben gemacht werden, den Druck (Kraft pro Flächeneinheit) in den Arterien des Körperkreislaufes.

Durch die Herzkontraktionen weist der Druck v.a. in den Arterien des Körper- und Lungenkreislaufs periodische Schwankungen auf. Der höchste Wert während der Systole des Herzens ist der sogenannte systolische Blutdruck oder der systolische arterielle Druck (SAD), der niedrigste während der Diastole der diastolische Blutdruck oder der diastolische arterielle Druck (DAD). Die Druckdifferenz zwischen SAD und DAD während eines Schlagintervalls wird als Blutdruckamplitude oder Pulsdruck bezeichnet (KOLB, 1962; WETTERER et al., 1985; ECKERT und RANDALL, 1986; SPÖRRI, 1987; BUSSE, 1995).

Unter dem mittleren arteriellen Blutdruck (MAD) versteht man den Mittelwert des arteriellen Blutdruckes während eines Schlagintervalles. In den zentralen Arterien liegt der MAD nahe dem arithmetischen Mittel aus SAD und DAD. Die genaue Bestimmung erfolgt mittels Division des Flächenintegrals unter der Pulscurve durch die Zeit. In der Peripherie wird der MAD häufig mit folgender Formel berechnet: $MAD = DAD + k (SAD - DAD)$, wobei k mit ca. $1/3$ angegeben wird (WETTERER et al., 1985; SPÖRRI, 1987; BUSSE, 1995).

VOELZ (1981) wies in einer Untersuchung an Hunden nach, daß k sogar bei demselben Hund in der *Arteria radialis* (*A. radialis*) sehr stark schwanken kann. Bei 10 Hunden lag k in der *A. radialis* zwischen $1/2$ und $1/4$ mit einem Mittelwert bei $0,31$.

Der MAD ist als treibende Kraft der Blutströmung der aussagekräftigste Wert der Blutdruckmessung (GEDDES et al., 1970; SPÖRRI, 1987).

Der Blutdruck wird als Überdruck, bezogen auf den bei der Messung herrschenden Atmosphärendruck, angegeben (SPÖRRI, 1987).

Die Maßeinheit für den Blutdruck ist üblicherweise mm Hg, gemäß dem internationalen SI-Einheitensystem Pascal (Pa). $1 \text{ mm Hg} = 133,322 \text{ Pa}$ (DIEM und LENTNER, 1977).

2.1.1. Blutdruck beeinflussende Faktoren

Etliche Regulationsmechanismen sorgen beim gesunden Individuum für eine relative Konstanz des Blutdrucks trotz deutlicher Anpassungsmaßnahmen an wechselnde

Durchblutungsanforderungen. Neben diesen Regulationsmechanismen unterliegt der Blutdruck gewissen physiologischen Schwankungen, welche durch ihre Bedeutung in Wellen eingeteilt werden:

Die Wellen I. Ordnung sind Ausdruck der systolisch-diastolischen Druckschwankung.

Die Wellen II. Ordnung treten synchron mit der Atmung auf. Bei der Inspiration sinkt der Druck um einige mm Hg ab, bei der Expiration steigt er wieder an.

Die Wellen III. Ordnung (Hering-Traube-Mayersche Wellen) entstehen durch langsame Schwankungen der Atmungsmittellage (SPÖRRI, 1987) sowie des Gefäßtonus (KOLB, 1962; WETTERER et al., 1985; SPÖRRI, 1987). Sie treten in Perioden von 20-40 Sekunden auf (SPÖRRI, 1987).

LIVNAT et al. (1984) untersuchten Blutdruck- und Herzfrequenzschwankungen bei 9 Hunden, die mit einem telemetrischen Blutdruckmeßsystem ausgestattet wurden und fanden Oszillationen von Herzfrequenz und mittlerem Blutdruck im Zweistundenrhythmus. Durch die Verabreichung von Clonidin, einem Agonist an postsynaptischen α_2 -Adrenozeptoren im ZNS, wurden die Schwankungen auf 7 Stunden verlängert, wodurch die Autoren das ZNS als Ursache für diesen Rhythmus sehen.

SHIMADA und MARSH (1979) berichten über Oszillationen des mittleren Blutdrucks im 1,5 Stunden Rhythmus bei Mischlingshunden. BROTON et al. (1988) wiesen bei Langzeituntersuchungen am wachen Hund neben circadianen auch ultradiane Oszillationen des mittleren arteriellen Blutdrucks in 1-3-stündigen Perioden nach.

Schließlich werden auch periodische Schwankungen des Blutdrucks im Tag-Nacht-Rhythmus beobachtet (WETTERER et al., 1985; SPÖRRI, 1987; PETTERSEN et al., 1988). PETTERSEN et al. (1988) stellten bei Untersuchungen an Beagle-Hunden für den SAD ein Maximum am Morgen und ein Minimum am Abend fest. MAD, DAD und Pulsfrequenz änderten sich nicht.

Sowohl durch Steigerung der Herzfrequenz als auch des Schlagvolumens und somit durch alle Einflüsse, die zu einer vermehrten Herzarbeit führen, kommt es zur Erhöhung von SAD, MAD, DAD und der Blutdruckamplitude. Eine Abnahme von Herzfrequenz und Schlagvolumen führt dagegen zum Gegenteil.

Bei gleichbleibender Blutstromstärke führt eine Vasokonstriktion zur Blutdrucksteigerung, wobei sich SAD und DAD ungefähr in gleichem Maße erhöhen, dadurch bleibt der Pulsdruck konstant. Eine Vasodilatation führt zum Blutdruckabfall.

Eine Verminderung der Gefäßwandelastizität z.B. durch Arteriosklerose führt zur Erhöhung v.a. des SAD. Durch eine Verstärkung der Windkesselfunktion kommt es bei einer Zunahme der Aortendehnbarkeit zur Steigerung des DAD.

Eine Erhöhung der Blutviskosität bewirkt durch Steigerung des Strömungswiderstandes einen Anstieg von SAD und DAD, wenn das Herzminutenvolumen gleich bleibt.

Eine Zunahme des Blutvolumens führt zu einer Erhöhung des Blutdrucks. Starke Blutverluste führen zu einem Abfall, sobald die Mechanismen der Kreislaufregulation dies nicht mehr ausreichend kompensieren können.

Die schon erwähnten atmungssynchronen Schwankungen des Blutdrucks (Wellen II. Ordnung) sind einerseits auf eine gegenseitige Beeinflussung von Atmungs- und Kreislaufzentrum, andererseits aber auch auf intrathorakale Druckänderungen zurückzuführen. Der inspiratorisch erniedrigte Intrathorakaldruck führt zu einem erleichterten Bluteinstrom in rechten Ventrikel und Lungengefäße, aber gleichzeitig zu einem erschwerten Blutabstrom aus dem linken Ventrikel, was zu einer leichten inspiratorischen Blutdrucksenkung im großen Kreislauf führt.

Das vegetative Nervensystem, insbesondere der Sympathikus, steuert die Gefäßweite und damit den Blutdruck. Da der Tonus des vegetativen Nervensystems von vielen Faktoren beeinflusst wird (z.B. Sinnesreize, psychische Erregung), sind ständige Blutdruckfluktuationen die Folge (SPÖRRI, 1987). MÜLLER (1963) stellte in einer Untersuchung fest, daß allein die Durchführung einer Blutdruckmessung beim Hund zu einer signifikanten Blutdruckerhöhung führt, ohne daß äußerlich Zeichen einer Erregung zu erkennen sein müssen.

2.1.2. Veränderungen des Blutdrucks an verschiedenen Stellen des Gefäßbaumes

Der SAD liegt in den peripheren Gefäßen z.T. deutlich über dem zentralen Wert (BAGSHAW 1985, WETTERER et al., 1985; ECKERT und RANDALL, 1986; SPÖRRI, 1987; SCHRAGEL, 1989; BUSSE, 1995). Der MAD und der DAD bleiben nahezu gleich oder sinken leicht ab; dadurch erhöht sich auch die Blutdruckamplitude (KITTELSON und OLIVIER, 1983; WETTERER et al., 1985; ECKERT und RANDALL, 1986; BUSSE, 1995). Diese Druckveränderungen werden im wesentlichen durch zwei Faktoren bewirkt:

Erstens erhöht sich der Wellenwiderstand in der Peripherie durch den Übergang von Gefäßen vom elastischen Typ zu Gefäßen vom muskulösen Typ und dem Übergang von großen zu kleinen Gefäßlumina.

Zweitens kommt es zur Superposition reflektierter Pulswellen auf ankommende Pulswellen (WETTERER et al., 1985; ECKERT und RANDALL, 1986).

Die Reflexion der Pulswellen in der Peripherie wird durch Veränderung des peripheren Widerstandes deutlich modifiziert (WESTERHOF et al., 1972). Beim gesunden jüngeren erwachsenen Menschen kann der systolische Druck in der *Arteria tibialis posterior* (*A. tibialis post.*) 160 mm Hg betragen, bei gleichzeitigem Druck von 120 mm Hg in der *Aorta*. BAGSHAW et al. (1985) geben für den Hund einen im Schnitt ca. 20-40 mm Hg höher

liegenden SAD und ca. 10 mm Hg niedriger liegenden DAD in der *Arteria tibialis cranialis* (*A. tibialis cran.*) gegenüber der *Aorta* an.

2.1.3. Form der Blutdruckwelle

Die Form einer Blutdruckwelle ist nicht an allen Stellen des Gefäßbaumes gleich. In den Abbildungen 1 und 2 sind beispielhaft die Druckkurven der *Aorta ascendens* und der *A. tibialis cran.* abgebildet. Die auf- und absteigenden Schenkel einer Blutdruckwelle werden *anakroter* und *katakroter Schenkel* genannt. Der höchste Punkt der Welle stellt den systolischen arteriellen Druck, der niedrigste Punkt den diastolischen arteriellen Druck dar.

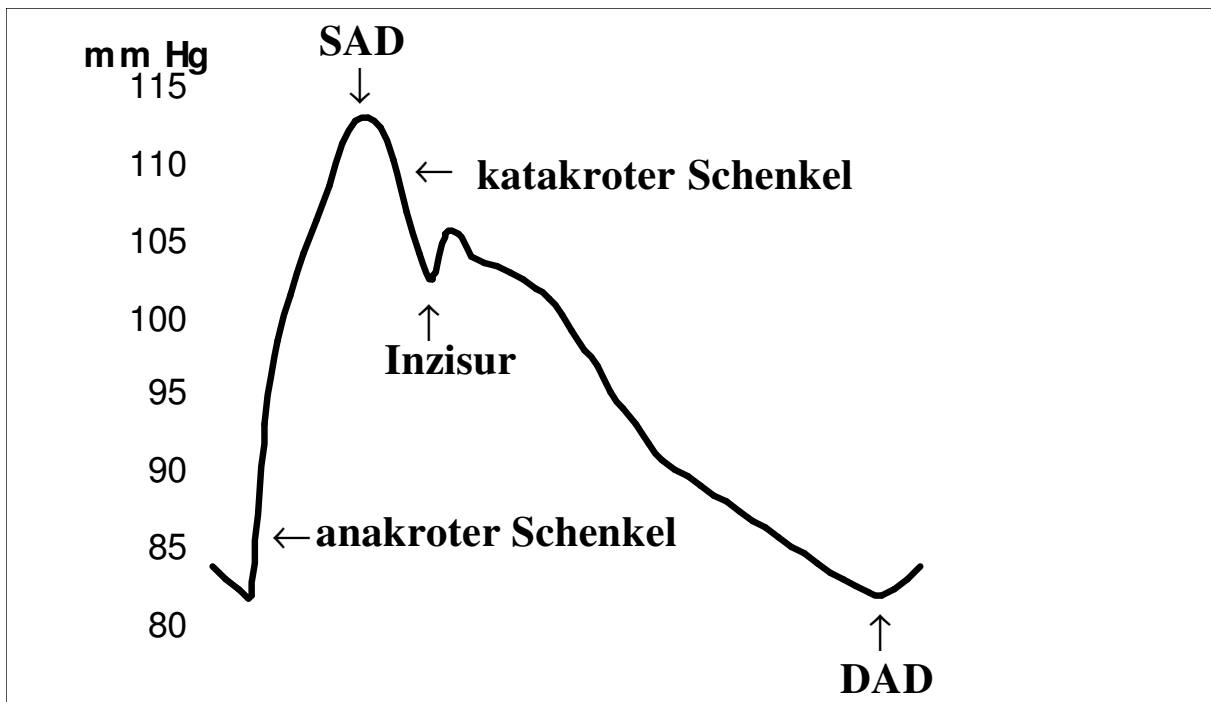
In den herznahen Gefäßen kommt es nach der Austreibungsphase des Herzens zu einem kurzen Rückstrom des Blutes in Richtung Aortenklappe, was zu einer kurzfristigen Blutdrucksenkung, der sogenannten *Inzisur*, führt. Durch die Windkesselfunktion der *Aorta* steigt der Druck wieder an und fällt dann langsam bis zum tiefsten Punkt der Diastole ab. Die Druckwelle wird v.a. durch zwei Faktoren beeinflusst: erstens durch die Druckwelle des linken Ventrikels und zweitens durch die Superposition reflektierter Pulswellen.

In der Peripherie kommt es durch reflektierte Pulswellen zu einer zweiten Welle, ein Phänomen was als *Dikrotie* bezeichnet wird. Diese zweite oder *dikrote Welle* erklärt man sich vereinfacht so, daß eine in der Peripherie reflektierte Pulswelle abermals an der Aortenklappe in die Peripherie reflektiert wird und dort in der diastolischen Phase einen zweiten Gipfel hervorruft. Diese *Dikrotie* ist in der *A. tibialis cran.* deutlich ausgeprägt. Es können sogar noch mehrere immer kleiner werdende Wellen auftreten (*Polykrotie*) (SPÖRRI, 1987; BUSSE, 1995).

Zusammenfassend kann man sagen, es gibt den systolischen, den mittleren und den diastolischen arteriellen Druck. Der Druck und die Form der Druckwelle ist abhängig von der Meßstelle im Gefäßbaum. Der arterielle Blutdruck variiert nicht nur mit dem Meßort, sondern unterliegt auch einigen physiologischen Schwankungen, wie z.B. Atmung, Tageszeit und psychischer Erregung.

Im nächsten Kapitel wird auf die genaue Regulation des Kreislaufs eingegangen.

Abbildung 1: Blutdruckkurve in der *Aorta ascendens*

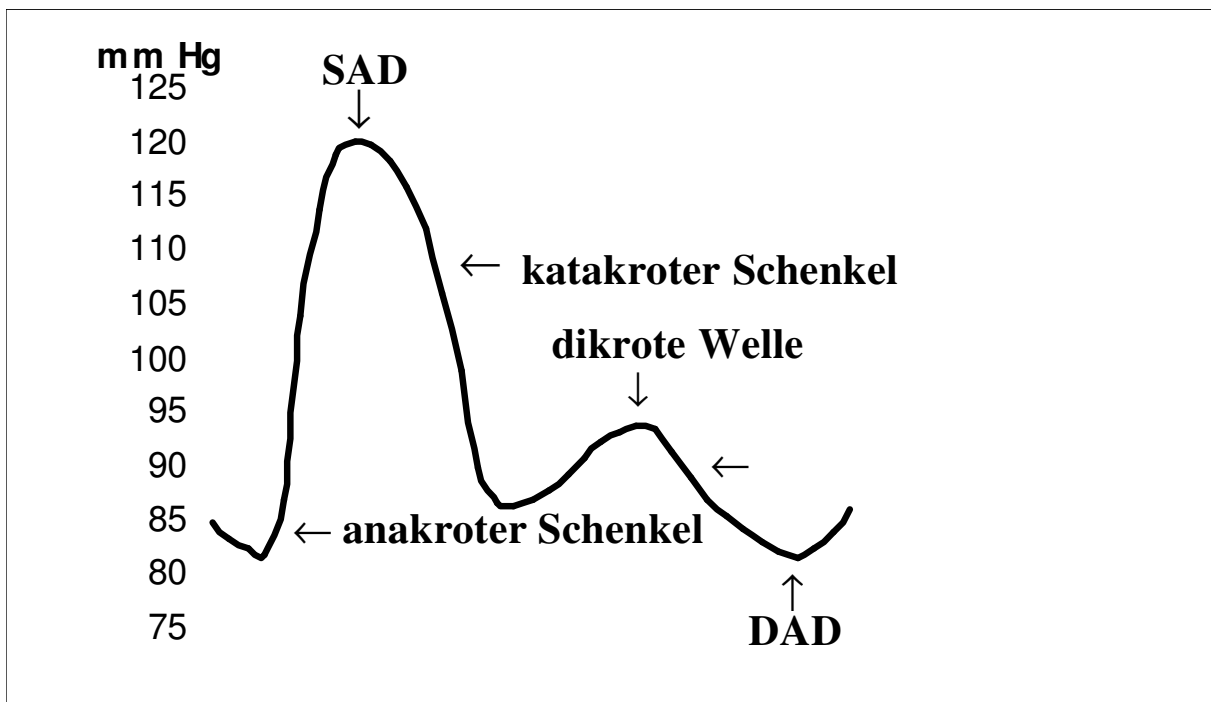


Erläuterung der Abkürzungen:

SAD = systolischer arterieller Druck

DAD = diastolischer arterieller Druck

Abbildung 2: Blutdruckkurve in der *A. tibialis cranialis*



Erläuterung der Abkürzungen:

SAD = systolischer arterieller Druck

DAD = diastolischer arterieller Druck

2.2. Kreislaufregulation

Der Kreislauf wird durch verschiedene Regulationsmechanismen ökonomisch, d.h. mit einem möglichst geringen Herzminutenvolumen, an die variablen Bedürfnisse angepaßt, um die Homöostase des Organismus aufrechtzuerhalten. Diese Mechanismen sind z.T. humoralen und z.T. nervalen Ursprungs. Die regulativen Vorgänge nehmen in der Kreislaufperipherie, wo die Stoffaustauschprozesse stattfinden, ihren Anfang (SPÖRRI, 1987).

2.2.1. Lokale Durchblutungsregulation

Normalerweise stehen Blutgefäße ständig unter einem bestimmten Tonus, dem sogenannten Ruhetonus. Der Ruhetonus setzt sich aus zwei Komponenten zusammen:

Erstens dem Basistonus, welcher durch lokale Einflüsse geregelt wird, die ihren Ursprung in der Gefäßwand selbst und in der nächsten Umgebung nehmen.

Zweitens den vasokonstriktorisches Impulsen, die den Basistonus in fast allen Organen verstärken. Die vasokonstriktorisches Impulse nehmen ihren Ursprung in sympathisch-adrenergen-Fasern aus der Gefäßumgebung. Eine Erhöhung des Gefäßinnendruckes bewirkt in vielen Gefäßtypen eine Steigerung des Basistonus durch Depolarisierung der Gefäßmuskelfibrillen (Bayliss-Effekt) (WETTERER et al., 1985; BUSSE, 1995).

Bei steigender Leistung eines Organes steigt sein O_2 -Verbrauch, und Stoffwechselprodukte häufen sich an. Die Hypoxie und viele Metaboliten (v.a. CO_2 , H^+ , K^+ , Laktat, ATP, ADP, AMP, Acetylcholin, Histamin, Bradykinin) bewirken direkt eine Öffnung der präkapillären Sphinkter. Die Öffnung der präkapillären Sphinkter alleine genügt jedoch nicht, um die vermehrte Organdurchblutung zu gewährleisten. Sofern der arterielle Druck konstant bleibt, tritt eine vermehrte Organdurchblutung nur dann ein, wenn auch die Arteriolen und Metarteriolen dilatieren. Dies geschieht durch den sogenannten Nutritionsreflex:

Chemosensible Nervenfasern, welche die Gefäße begleiten, werden durch den Anstieg der Stoffwechselprodukte gereizt und leiten Impulse afferent im Neuron in Richtung Soma. Im gleichen Neuron werden dann wieder Impulse ohne synaptische Umschaltung efferent zu den Gefäßen geleitet und führen dort zur Vasodilatation. Dies ist ein sogenannter Axonreflex (SPÖRRI, 1987).

2.2.2. Innervation der Blutgefäße

2.2.2.1. Sympathische Vasokonstriktoren

Die meisten Gefäße (Arterien, Arteriolen, Venolen, Venen, arterio-venöse Anastomosen) werden nur von sympathischen Vasokonstriktoren innerviert. Zur Vasodilatation dieser Gefäße kommt es allein durch Verringerung der Aktivität dieser Nerven. Die präganglionären

Neuronen sind cholinergisch, die postganglionären adrenergisch und setzen Noradrenalin frei. Der konstriktorische Effekt ist abhängig von der Impulsfrequenz der Nervenfasern, dem Rekrutierungsgrad der Fasern und der Dichte der gefäßinnervierenden Fasern (SPÖRRI, 1987). Die Innervationsdichte des arteriellen Schenkels ist höher, als die des venösen Schenkels (BUSSE, 1995). Der konstriktorische Effekt ist auch von den freigesetzten Kovertransmittern abhängig. In einigen großen Arterien sowie in kleinen Mesenterialarterien wird ATP gemeinsam mit Noradrenalin freigesetzt, wodurch an der Plasmamembran der glatten Muskelzellen eine schnelle transiente Depolarisation ausgelöst wird. In der Skelettmuskulatur, der Niere, der Milz und in den Speicheldrüsen wird Neuropeptid Y zusammen mit Noradrenalin aus den Varikositäten der Nerven freigesetzt, dadurch kommt es zu einer langsamen und länger anhaltenden Depolarisation (BUSSE, 1995).

2.2.2.2. Sympathische Vasodilatoren

Fasern dieser Art innervieren nur die Herzkranzgefäße (SPÖRRI, 1987) und die Skelettmuskulatur (SPÖRRI, 1987; BUSSE, 1995). Die postganglionären Fasern der Skelettmuskulatur sind cholinergisch und nur bei stärkster Muskeltätigkeit (SPÖRRI, 1987) und bei starken Emotionen aktiv (BUSSE, 1995).

2.2.2.3. Parasympathische Vasodilatoren

Nur die Gefäße der Hirnhaut, die Koronararterien und die Korpora Kavernosa von Penis und Klitoris werden mit parasympathischen Vasodilatoren versorgt (SPÖRRI, 1987; BUSSE, 1995).

2.2.3. Rezeptortheorie der Katecholaminwirkungen

Man unterscheidet α - (α_1 und α_2) und β - (β_1 und β_2) Rezeptoren. α_1 - und α_2 -Rezeptoren sind postsynaptisch an der glatten Muskulatur von Arterien und Venen lokalisiert und führen bei Reizung zur Vasokonstriktion. Die Stimulation postsynaptischer α_1 -Rezeptoren im Zentralnervensystem (ZNS) führt zu einem Abfall von Herzfrequenz und Blutdruck und somit zur Senkung des Herzzeitvolumens. Präsynaptische α_2 -Rezeptoren senken über einen negativen Feedback-Mechanismus die Noradrenalinfreisetzung in den synaptischen Spalt.

Die β_1 -Rezeptoren sind v.a. am Myokard lokalisiert und haben bei Reizung eine positiv inotrope, bathmotrope und chronotrope Wirkung. Die β_2 -Rezeptoren sind an Arterien und Bronchiolen lokalisiert und führen bei Reizung zur Erschlaffung der glatten Muskulatur und damit zur Vaso- und Bronchodilatation.

Adrenalin aktiviert stärker die α -Rezeptoren als die β -Rezeptoren und erzielt somit in der Regel eine Vasokonstriktion. An Gefäßen der Skelettmuskulatur sind allerdings mehr β - als

α -Rezeptoren, wodurch Adrenalin dort vasodilatierend wirkt. Die Gabe von Adrenalin führt aber zu einer Erhöhung des Blutdrucks. Grund ist das erhöhte Herzzeitvolumen durch die Erregung kardialer β_1 -Rezeptoren. Präsynaptische β_2 -Rezeptoren führen über einen positiven Feedback-Mechanismus zu einer Freisetzung von Noradrenalin in den synaptischen Spalt.

Noradrenalin aktiviert praktisch nur die α -Rezeptoren und verursacht somit eine Vasokonstriktion.

α - und β -Rezeptoren sind noch in vielen anderen Organen lokalisiert und haben dort die unterschiedlichsten Wirkungen (SPÖRRI, 1987; PALM et al., 1992; SCHMIDT-OECHTERING et al., 1993)

Nachfolgend werden die wichtigsten gefäßaktiven Hormone und Metaboliten aufgeführt:

2.2.3.1. Vasokonstriktorische Stoffe

Noradrenalin, Adrenalin, Arginin-Vasopressin (AVP), Serotonin, AT II, Thromboxan A_2 , $PGF_{2\alpha}$, Endothelin, Neuropeptid Y, endothelium-derived contracting factor (EDCF) (SPÖRRI, 1987; PALM et al., 1992; BUSSE, 1995).

2.2.3.2. Vasodilatatorische Stoffe

Adrenalin, Dopamin, Acetylcholin, Histamin, Bradykinin, H^+ , CO_2 , Laktat, ATP, ADP, AMP, endothelium-derived relaxing factor (EDRF), atriales natriuretisches Peptid (ANP), PGL_2 , NO (SPÖRRI, 1987; PALM et al., 1992; BUSSE, 1995).

2.3. Kreislaufregulationszentrum

Dieses Zentrum sorgt in erster Linie dafür, daß der Blutdruck bei plötzlicher Vasodilatation oder Vasokonstriktion möglichst konstant bleibt, und der Kreislauf möglichst ökonomisch die Bedürfnisse aller Organe sicherstellt.

Das Kreislaufzentrum ist kein lokal begrenztes Gebiet des Zentralnervensystems (ZNS). Kreislaufregulatorisch wirksame Zentren werden auf verschiedenen Höhen der Zerebro-Spinal-Achse gefunden.

Dazu gehören: Pons, Medulla oblongata, das Rückenmark bzw. der spinale Sympathikus, Mesenzephalon, Dienzephalon (v.a. Hypothalamus) und Kortex. Üblicherweise werden die bulbo-pontinen Abschnitte als das primäre Kreislaufzentrum angesprochen. Das Kreislaufzentrum ist ein diffuses Netzwerk von miteinander verbundenen Neuronengruppen in der Formatio reticularis. Es reicht rostral bis zum mittleren Teil der Pons und kaudal bis zum Obex (oraler Rand des Zervikalmarks). Im Vasomotorenzentrum (VMZ) kann man ein pressorisches Unterzentrum oder Vasokonstriktorenzentrum (VKZ) rostro-lateral in der

Formatio reticularis und ein depressorisches Unterzentrum oder Vasodilatatorzentrum (VDZ) medio-kaudal in der Formatio reticularis unterscheiden. Allerdings geht man mittlerweile von einem longitudinalen Organisationsprinzip aus, welches vom Hirnstamm über hypothalamische, limbische und kortikale Areale in verschiedener Komplexität eine den Bedürfnissen des Organismus adäquate Kreislaufanpassung ermöglicht.

Das VKZ ist bis zu einem gewissen Grad autonom, denn die Neurone setzen die Impulsbildung rhythmisch auch dann fort, wenn periphere Afferenzen und höhere Zentren ausgeschaltet werden, sofern das chemische Milieu innerhalb der Norm bleibt. Ein erhöhter CO_2 -Partialdruck (P_{CO_2}) der Interzellularflüssigkeit im VKZ erhöht die Impulsfrequenz des VKZ und umgekehrt. Die Tätigkeit des VKZ wird durch afferente Impulse verschiedener Herkunft (Pressorezeptoren, Chemorezeptoren und höhere Zentren) und humorale Stoffe ständig modifiziert. Das resultierende Erregungsmuster wird durch efferente Impulse über verschiedene Wege, insbesondere sympathische und parasympathische Nerven, in die Peripherie, an das Herz und an die verschiedenen Teile des Gefäßsystems gesendet. Beide Unterzentren arbeiten in gegenseitiger Abhängigkeit derart, daß eine Erregungssteigerung des einen eine Hemmung des anderen bedingt. Um den Kreislauf steuern zu können, muß das Kreislaufzentrum ständig über den Zustand des Kreislaufs informiert sein. Dies geschieht durch Baro- oder Pressorezeptoren und Chemorezeptoren (SPÖRRI, 1987).

Das Rückenmark kann auch alleine einen gewissen Vasokonstriktorentonus aufrechterhalten. Wird bei einem Säuger kaudal der Medulla oblongata das Rückenmark durchtrennt, kommt es zu einem lang anhaltenden Blutdruckabfall. Wird das Tier durch künstliche Beatmung am Leben erhalten, steigt der arterielle Druck nach einiger Zeit wieder an und kann sogar normale Werte erreichen. Es fehlt allerdings die Koordination von Herz- und Gefäßinnervation durch die Medulla (WETTERER et al., 1985; SPÖRRI, 1987).

Nachfolgend werden die wichtigsten Reflexe und Hormonsysteme der Kreislaufregulation aufgeführt:

2.3.1. Kurzfristige Regulation

- Pressorreflex
- Depressorreflex
- Chemorezeptorenreflex
- Bainbridge-Reflex
- Perikard-Reflex
- Bezold-Jarisch-Reflex

2.3.2. Langfristige Regulation

- Diuresereflex (Gauer und Henry)
- Renin-Angiotensin-System (RAS)
- Atriales natriuretisches Peptid (ANP)
- Arginin-Vasopressin (AVP) oder Adiuretin (ADH)

2.3.3. Pressor- und Depressorreflex

Pressorezeptoren sind die Fühlorgane des Blutdrucks und fungieren als Dehnungsrezeptoren und nicht als Druckmeßrezeptoren. Die Druckhöhe wird durch die Frequenz der Impulsabgabe an das VMZ weitergeleitet. Die Impulsfrequenzen werden stetig auch während Systole und Diastole geändert. Dadurch werden folgende Qualitäten des Druckes erfaßt: absoluter Druck, pulsatiler Druck, Anstiegssteilheit der Druckänderung und die Amplitudenhöhe. Die Rezeptoren senden Impulse erst ab einem gewissen Schwellendruck. Ihre Entladungsrate verhält sich im Bereich des physiologischen Blutdruckes proportional zu diesem. Die Rezeptoren zeigen eine Sättigung, d.h. ab einer bestimmten Obergrenze steigt die Entladungsrate nicht mehr an.

Pressorezeptoren sind beim Hund im Aortenbogen, in der *Arteria carotis communis* (*A. carotis com.*), an den Wurzeln der *Venae cavae* (*Vv. cavae*) und *Venae pulmonales* (*Vv. pulmonales*), in den Wandungen der Atrien und Ventrikel und letztlich im Perikard zu finden.

In den Gefäßen liegen die Rezeptoren zwischen Media und Adventitia. Die Impulse der *A. carotis com.* werden zumindest in ihrem kranialen Teil von afferenten Fasern des *Nervus glossopharyngicus* (*N. glossopharyngicus*) weitergeleitet. Die Impulse des mittleren und kaudalen Bereichs werden von afferenten Fasern des *Nervus vagus* (*N. vagus*) weitergeleitet (STOCK, 1985; WETTERER et al., 1985; SPÖRRI, 1987).

2.3.3.1. Pressorreflex

Sinkt der Blutdruck durch Zunahme der Aktivität der Organe ab, wird dies von den Pressorezeptoren registriert und in Form einer Abnahme der Impulsfrequenz dem VMZ übermittelt. Als regulatorische Maßnahmen werden vom VMZ vorwiegend über Fasern des sympathischen Nervensystems folgende Effekte ausgelöst:

- A. Vasokonstriktion (Venen und Arterien) in Gebieten, in denen dies ohne wesentliche Gefährdung möglich ist (z.B. Splanchnikusgebiet).
- B. Entleerung der Blutspeicher (Milz, Leber, Lunge, subpapilläre Gefäßplexus der Haut etc.).

C. Erhöhung der Frequenz und Stärke der Herzschläge und damit eine Vergrößerung des Herzminutenvolumens (HMV).

D. Anregung des Nebennierenmarks (NNM) zu erhöhter Absonderung von Adrenalin und Noradrenalin, wodurch die von den vasokonstriktorisches Nerven bewirkte Vasokonstriktion noch unterstützt wird (SPÖRRI, 1987).

Bei Blockierung der Pressorezeptoren kommt es zu einem lang anhaltenden Blutdruckanstieg. Dieser ist umso größer, je mehr Pressorezeptoren blockiert werden. Dies zeigt, daß die Pressorezeptoren normalerweise eine ständige Drosselfunktion haben, sie werden daher auch Blutdruckzügler genannt. Eine auf diese Weise ausgelöste Hypertonie wird Entzügelungshochdruck genannt (WETTERER et al., 1985; SPÖRRI, 1987).

2.3.3.2. Depressorreflex

Bei Blutdruckanstieg löst das VMZ infolge einer höheren Impulsfrequenz der Pressorezeptoren folgende Effekte aus:

A. Vasodilatation v.a. im Splanchnikusgebiet und in der Skelettmuskulatur.

B. Füllung der Blutspeicher (Leber, Milz, Haut).

C. Senkung von Frequenz und Kraft der Herzschläge und folglich eine Verkleinerung des HMV.

Diese Effekte werden v.a. durch Senkung des Sympathikustonus und Steigerung des Parasympathikustonus ausgelöst (SPÖRRI, 1987).

2.3.4. Chemorezeptorenreflex

Chemorezeptoren, welche die chemische Beschaffenheit des Blutes kontrollieren, finden sich in Karotissinus und Aortenbogen. Sie reagieren v.a. auf Änderung des O_2 -, CO_2 - und H^+ -Gehaltes des Blutes. Sinkt der P_{O_2} bzw. steigt der P_{CO_2} oder der H^+ -Gehalt des Blutes, so senden die Rezeptoren im Karotissinus via *N. glossopharyngicus* und diejenigen im Aortenbogen via *N. vagus* vermehrt Impulse zum VMZ.

Dies bewirkt:

A. eine Erhöhung des Sympathikustonus mit konsekutiver Erhöhung von Frequenz und Stärke der Herzschläge.

B. eine kollaterale Vasokonstriktion und Entspeicherung von Depotblut.

Gleichzeitig kommt es zu einer Intensivierung der Atmung.

Sowohl Presso- als auch Chemorezeptoren üben ihre Effekte nur über Vasokonstriktoren und nicht über Vasodilatoren aus (SPÖRRI, 1987).

2.3.5. Bainbridge-Reflex

Bei erhöhtem venösen Rückfluß kommt es durch erhöhte Wandspannung zur Steigerung der Impulsfrequenz von Pressorezeptoren in den Atrien und in den intraperikardial gelegenen *Vv. cavae* und *pulmonales*. Infolge reflektorischer Senkung des Vagustonus kommt es zur Steigerung von Herzkraft und -frequenz. Ist der Parasympathikustonus bereits sehr niedrig, so läßt sich der Reflex nicht mehr auslösen (SPÖRRI, 1987).

2.3.6. Perikard-Reflex

Eine vermehrte Dehnung des Herzbeutels führt zur Reizung von Mechanorezeptoren und damit zu einer Erhöhung der Herzfrequenz. Dadurch wird die zu fördernde Blutmenge in kleinere Schlagvolumina aufgeteilt und eine diastolische Überfüllung bzw. Überdehnung des Herzens verhindert (SPÖRRI, 1987).

2.3.7. Bezold-Jarisch-Reflex

Veratridin (Alkaloid aus dem Samen des mexikanischen Läusekrautes [Schoenocaulon officinale]) und andere Gifte sowie körpereigene Stoffwechselprodukte steigern die Erregbarkeit von Rezeptoren in der linken Ventrikelwand in hohem Maße und führen reflektorisch eine Bradykardie mit Blutdruckabfall herbei. Sowohl die afferenten als auch die efferenten Fasern verlaufen im *N. vagus* (SPÖRRI, 1987).

2.3.8. Diuresereflex (Gauer und Henry)

In den Atrien des Herzens gibt es unterschiedliche Dehnungsrezeptoren. Die A-Rezeptoren sprechen v.a. auf die aktive Spannung, die B-Rezeptoren auf die passive Dehnung an. Die Dehnungsrezeptoren im linken Atrium spielen dabei anscheinend eine besondere Rolle. Bei starker Füllung des linken Vorhofs in der Diastole senden die dortigen Dehnungsrezeptoren vermehrt Impulse via *N. vagus* ins ZNS.

Die Erhöhung der Impulsfrequenz löst folgende Reaktionen aus:

A. Verminderte Arginin-Vasopressin (AVP) Ausschüttung aus dem Hypophysenhinterlappen (HHL) und damit eine Polyurie durch Reduktion der Wasserrückresorption im Sammelrohr der Niere mit konsekutiver Abnahme des Blutvolumens.

B. Abnahme des Sympathikustonus und damit eine Vasodilatation mit Erhöhung des vasalen Blutfassungsvermögens (WETTERER et al., 1985; SPÖRRI, 1987).

2.3.9. Renin-Angiotensin-System (RAS)

Das RAS im klassischen Sinne (plasmatisches RAS) ist ein zirkulierendes Enzym-Hormon-System ausgehend von der Niere. Die einzelnen Komponenten werden im folgenden näher dargestellt.

2.3.9.1. Renin

Renin wird in den granulierten Zellen der Niere synthetisiert und in den Kreislauf abgegeben. Diese Zellen sind überwiegend in der Wand der afferenten Arteriole des Glomerulums als Teil des juxtaglomerulären Apparates lokalisiert. Ein nicht unerheblicher Teil der reninproduzierenden Zellen sitzt in der Interlobulararterie und in der efferenten Arteriole. Die reninproduzierenden Zellen sind modifizierte glattmuskuläre Zellen und werden deshalb auch myoepitheliale Zellen genannt.

Die Reninfreisetzung wird auf verschiedene Weise reguliert:

A. Über den Sympathikus: Durch direkte Aktivierung der β_1 -Adrenorezeptoren der juxtaglomerulären Zellen oder indirekt über eine α_1 -adrenerg vermittelte Vasokonstriktion der afferenten Arteriolen. Z.B. werden bei Abnahme des intravasalen Volumens Vorhofrezeptoren und arterielle Pressorezeptoren weniger erregt und dadurch vermehrt Renin freigesetzt.

B. Über einen intrarenalen Barorezeptor: Oberhalb einer Schwelle von ca. 80 mm Hg renalem Perfusionsdruck bleibt die Renin-Sekretion annähernd konstant. Unterhalb dieser Schwelle steigt die Renin-Sekretion sprunghaft an. Der Barorezeptor und der Mechanismus, welcher die Renin-Sekretion regelt, sind nicht bekannt.

C. Über den Macula densa-Mechanismus: Der juxtaglomeruläre Apparat der Niere vereinigt afferente und efferente Arteriole und den spezialisierten Anteil des zugehörigen distalen Nephrons, das Macula densa-Segment, in einer typischen anatomischen Struktur. Über tubuloglomeruläre Rückkopplung werden Veränderungen der NaCl-Konzentration oder der Na^+ -Beladung im distalen Tubulus von den Macula densa Zellen registriert und in ein Signal umgesetzt, welches zur Tonusänderung der afferenten und efferenten Arteriole und damit zur Anpassung der Filtrationsrate führt. Die Effektormechanismen sind noch nicht genau bekannt, aber durch die charakteristische Lokalisation der reninproduzierenden Zellen in der afferenten Arteriole wurde das RAS als Effektorsystem der Feedbackkontrolle postuliert.

D. Über humorale Faktoren: AT II hemmt die Renin-Freisetzung (negativer Feedback). Auch AVP und das ANP hemmen die Renin-Sekretion. Adenosin kann die Renin-Sekretion hemmen oder fördern. Prostaglandine, Dopamin und Histamin stimulieren die Renin Sekretion (HACKENTHAL, 1985; BUSSE, 1995).

2.3.9.2. Angiotensinogen

Die Plasmakonzentration des vor allem in der Leber synthetisierten Glykoproteins Angiotensinogen (Angiotensinogen gehört zur α_2 -Globulinfraktion) ist limitierend für die Bildungsrate des Angiotensins. Synthetische Östrogene oder große Mengen natürlicher Östrogene stimulieren die Angiotensinogensynthese. Bei Thyreoidektomie sinkt sowohl das intrahepatische wie auch das Plasmaangiotensinogen. Durch Thyroxin Substitution erhöht sich die Angiotensinogenkonzentration sehr schnell. Hohe AT II-Dosen erhöhen die Angiotensinogen-Produktion in der Leber, allerdings nur in pharmakologisch hohen Dosen. Bei Versuchen an einer isoliert perfundierten Leber verminderten PGE₁ und PGE₂ die Angiotensinogenkonzentration (MÉNARD et al., 1985; PALM et al., 1992).

2.3.9.3. Angiotensin (AT)

Angiotensin I (AT I) entsteht durch die Renin-katalysierte Spaltung aus Angiotensinogen. Das inaktive Dekapeptid wird durch das Angiotensin-Converting-Enzym (ACE), welches identisch ist mit der Kininase II, in das aktive Oktapeptid Angiotensin II (AT II) durch Abspaltung der Aminosäuren 9 und 10 umgewandelt. Das ACE kommt in nahezu allen Organen vor, insbesondere luminal an der Endotheloberfläche (UNGER, 1985; PALM et al., 1992; BUSSE, 1995).

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß bei einer renalen Minderdurchblutung gleich welcher Ursache (z.B. Hypotonie, lokale Vasokonstriktion, pathologische Veränderungen der Nierengefäße etc.), vermehrt Renin aus den granulierten Zellen des juxtaglomerulären Apparates freigesetzt wird. Dieses spaltet das v.a. in der Leber gebildete Angiotensinogen, wodurch AT I entsteht. AT I wird durch das ACE in AT II umgewandelt.

AT II ist ein starker Vasokonstriktor. Ebenso ist AT II der stärkste Stimulator der Aldosteron-Sekretion aus der Nebennierenrinde. Aldosteron fördert die tubuläre Rückresorption von Na⁺ und Wasser (osmotisch) und steigert die K⁺- und H⁺-Sekretion. Die Folge ist eine Zunahme der extrazellulären Flüssigkeit. Zusätzlich steigert Aldosteron die Erregbarkeit der glatten Gefäßmuskulatur gegenüber konstriktorischen Reizen. Dies unterstützt die blutdrucksteigernde Wirkung von AT II. Über Stimulation der AVP-Freisetzung aus dem HHL führt AT II durch Erhöhung des Durstgefühls und über eine erhöhte Wasserrückresorption in der Niere zu einer Zunahme der Körperflüssigkeit.

Alle Mechanismen, die zur Flüssigkeitsretention führen, erhöhen das Blutvolumen und hierdurch auch längerfristig den Blutdruck (PALM et al., 1992; BUSSE, 1995).

Neben dem plasmatischen RAS gibt es auch lokale RAS in Gehirn, Herz, Nebenniere, Blutgefäßen und vielen anderen Organen (GANTEN, 1985; BUSSE, 1995). Die Lokalisation

von AT II in Nervenzellen blutdruckregulierender Nuclei des Hypothalamus und des Hirnstammes ist mit der Vorstellung vereinbar, daß AT II als Neurotransmitter für die Blutdruckregulation von Bedeutung ist (GANTEN, 1985).

2.3.10. Atriales natriuretisches Peptid (ANP):

Das ANP ist ein Gegenspieler des Renin-Angiotensin-Aldosteron Systems. Es wird vor allem in granulohaltigen atrialen Myozyten als ANP 1-126 gebildet und auf einen adäquaten Reiz hin (z.B. Dehnung der Vorhöfe) gespalten und als ANP 99-126 freigesetzt. ANP wirkt über spezifische Rezeptoren in verschiedenen Organen. An der Niere erhöht es die glomeruläre Filtrationsrate und damit die Diurese. Starke Natriurese und die Inhibierung der Reninfreisetzung sind weitere Wirkungen. Es hemmt die Synthese und Freisetzung von Aldosteron und vermindert die Freisetzung des AVP. Vasodilatation ist eine weitere Folge einer ANP-Ausschüttung, wobei periphere Gefäße stärker als zentrale reagieren. Zusammenfassend spielt ANP eine wichtige Rolle bei der Kreislauf- und Volumenregulation des Körpers und ist als Antagonist des RAS anzusehen (VOLLMAR und REUSCH, 1991; BUSSE, 1995).

2.3.11. Arginin-Vasopressin (AVP) oder Adiuretin (ADH)

Neben der schon erwähnten Minderung der Diurese durch Hemmung der Wasserrückresorption im Sammelrohr der Niere führt AVP in den meisten Gefäßen einschließlich der Niere zu einer starken Vasokonstriktion. In den Hirn- und Koronargefäßen führt es dagegen zu einer Vasodilatation (BUSSE, 1995).

2.4. Die Geschichte der Blutdruckmessung

Die erste dokumentierte Blutdruckmessung führte STEPHEN HALES 1733 an verschiedenen Tierarten durch. Er plazierte ein Messingröhrchen in der *Arteria femoralis* (*A. femoralis*) oder *A. carotis com.*. Das Messingröhrchen wurde mit einem Glasröhrchen gleichen Durchmessers verbunden, das senkrecht fixiert wurde. Bei der Blutdruckmessung beim Pferd stieg der Blutspiegel in diesem Glasröhrchen bei Messung bis zu einer Höhe von 280 cm oberhalb des linken Ventrikels. Mit jedem Pulsschlag pendelte er um 5-10 cm (zitiert nach: BOOTH, 1977; SPÖRRI, 1987).

Anders als HALES benutzte POISEULLE 1828 ein Quecksilber-Manometer zur direkten Messung des Blutdruckes beim Tier. Er führte eine mit Antikoagulans (Kaliumkarbonat) gefüllte Kanüle in die Arterie ein und schloß sie an das Manometer an. So gelang es ihm, den Blutdruck in Gefäßen bis zu einem Mindestdurchmesser von 2 mm zu bestimmen und somit

zu belegen, daß der Blutdruck auch in so kleinen Gefäßen erhalten bleibt (zitiert nach: BOOTH, 1977).

POISEUILLE's Entdeckung ermöglichte es CARL LUDWIG 1847, einen Kymographen (griech. Kyma = Welle, Grapheion = Schreiber) zu entwickeln, der den Blutdruck als Druckkurve graphisch darstellen konnte (zitiert nach: BOOTH, 1977).

Bis 1855 war nur die blutige (direkte) Blutdruckmessung möglich. Erst 1855 postulierte VIERORDT, daß auch eine indirekte (unblutige) Messung des Blutdruckes möglich ist. Er definierte den Blutdruck über die Höhe des Gegendruckes, der notwendig ist, um den Blutfluß in einer Arterie zu stoppen. Zu diesem Zweck entwickelte er einen Sphygmographen (griech.: sphygmós = Puls). Über ein Gewicht an einem Hebel des Gerätes wurde der Gegendruck erzeugt, der den Puls an der *A. radialis* unterdrückt, und so der Blutdruck im Gefäß ermittelt. Durch die sperrige Konstruktion des Apparats konnte sich der Sphygmograph in der Routine nicht durchsetzen (zitiert nach: BOOTH, 1977).

ETIENNE JULES MAREY verbesserte 1860 die Technik der graphischen Pulsdarstellung sowie die Genauigkeit der Blutdruckmessung beim Patienten mit dem von VIERORDT entwickelten Sphygmographen. MAREY benutzte das Prinzip des Gegendrucks, um den arteriellen Druck zu überwinden. Bei seiner Apparatur wurde der Arm in eine mit Wasser gefüllte Kammer eingebracht. Diese Kammer war mit einem Sphygmographen und einem Kymographen verbunden, wodurch die arterielle Pulsation aufgezeichnet werden konnte. Weiter war die Kammer mit einem Quecksilbermanometer und mit einem Wasserreservoir zur Druckveränderung verbunden (zitiert nach: BOOTH, 1977). MAREY ging davon aus, daß bei der größten vom Kymographen aufgezeichneten Oszillation die Wand der Arterie entspannt ist und frei flottiert, die Volumenschwankungen der Arterie daher besonders groß und dementsprechend die durch diese Schwankungen hervorgerufenen Druckänderungen im Apparat maximal sind. Diesen Punkt der maximalen Oszillationen (maximioszillatorisches Kriterium) setzte er dem Blutdruck gleich (zitiert nach: VON RECKLINGHAUSEN, 1931). Der Druck wurde erhöht, bis sich der Zeiger des Sphygmographen nicht mehr bewegte und als systolischer Druck aufgezeichnet. Da das Gerät zu kompliziert war, hat es sich zur Routineblutdruckmessung nicht durchgesetzt (zitiert nach: BOOTH, 1977).

1856 führte der Chirurg FAIVRE die erste genaue Blutdruckmessung beim Menschen durch, indem er *intra operationem* eine Arterie mit einem Quecksilbermanometer verband und so den direkten Druck ablesen konnte. In der *A. femoralis* lag der Druck bei 120 mm Hg, in der *Arteria brachialis* (*A. brachialis*) zwischen 115 und 120 mm Hg (zitiert nach: BOOTH, 1977).

VON BASCH (1880) konstruierte ein Blutdruckmeßgerät zur indirekten Blutdruckmessung. Er integrierte in eine wassergefüllte Gummipelotte die Kugel eines Quecksilbermanometers. Wurde mit der Pelotte Druck auf eine Arterie ausgeübt, so zeigte das Quecksilbermanometer

die Höhe dieses Druckes an. Sobald bei der Messung der Arterienpuls distal der Pelotte verschwand, wurde dieser Druck als systolischer Blutdruck festgelegt.

ZADEK führte am Hund experimentelle Vergleichsmessungen zwischen der direkten Blutdruckmessung an der *A. carotis com.* und der indirekten Blutdruckmessung an einer Gliedmaßenarterie mit dem von VON BASCH entwickelten Gerät durch und fand eine beachtliche Übereinstimmung (zitiert nach: BOOTH, 1977).

1889 ersetzte POTAIN das Wasser durch Luft, die mit einer zweiten Gummiblase in die Pelotte gepumpt wurde. Der Druck wurde mit einem Aneroid-Manometer gemessen (zitiert nach: BOOTH, 1977).

Dem italienischen Arzt RIVA-ROCCI gelang es 1896, die bis heute grundlegende Technik zur indirekten Messung des Blutdruckes zu beschreiben:

Er konstruierte eine Manschette, bei der ein Gummibeutel von einer Hülle aus nichtdehnbarem Material umgeben wird. Diese Manschette wurde um den ganzen Arm gelegt und mit Luft aufgepumpt. Der Druck wurde üblicherweise mit einem Quecksilbermanometer gemessen und solange erhöht, bis der Radialispuls nicht mehr zu palpieren war.

RIVA-ROCCI führte auch Vergleichsmessungen der palpatorischen Blutdruckmessung mit der Manschette an der *A. femoralis* und der direkten Blutdruckmessung am Hund durch. Hierbei fand er eine gute Übereinstimmung der palpatorischen Messung mit dem direkt gemessenen systolischen Blutdruck (zitiert nach: GÖTZE, 1916).

Der Fortschritt dieser Methode war die Kompression der *A. brachialis* von allen Seiten. Ein Fehler dieser Konstruktion war die zu schmale Manschette von nur 5 cm Breite, die zu Ungenauigkeiten in der Messung führte. VON RECKLINGHAUSEN korrigierte 1901 diesen Fehler und benutzte eine 12 cm breite Manschette.

Zunächst wurde die Methode nur zur Bestimmung des systolischen Druckes über Palpation des Radialispulses eingesetzt. Einige Kliniker begannen, die oszillometrische Methode zu nutzen: das Erscheinen klarer Oszillationen der Quecksilbersäule des Manometers wurde als Systole definiert und der Übergang von den großen zu den kleinen Oszillationen als Diastole.

HILL und BARNARD (1897) entwickelten eine Vorrichtung mit einem Nadeldruck-Meßgerät, sensibel genug, um die diastolische Phase zu registrieren (zitiert nach: BOOTH, 1977).

1905 entdeckte der russische Chirurg KOROTKOFF bei der indirekten Blutdruckmessung am Oberarm Geräusche, die distal der Manschette über der *Arteria cubitalis* (*A. cubitalis*) zu hören waren. Über Auftreten und Wiederausbleiben dieser Töne definierte KOROTKOFF systolischen und diastolischen Blutdruck. Damit führte er die auskultatorische Methode der Blutdruckmessung ein (siehe auch Kapitel 2.5.2.7. Auskultatorische Methode).

Die weitere Entwicklung war vorerst nicht durch neuere Meßprinzipien, sondern durch Verstärkung der Signale oder Veränderung des Detektionsprinzips geprägt. Die Geräusche wurden z.B. mit Mikrofonen verstärkt, der Blutstrom mittels Dopplerultraschall, Photoplethysmographie und vielem mehr detektiert. Mitte der siebziger Jahre konstruierte RAMSEY (1979) einen automatisch arbeitenden oszillometrischen Blutdruckmonitor.

1973 entwickelte PENAZ das *Finapres*-Prinzip (**F**inger **a**rterial **p**ressure), welches von TABARU et al. (1990) erstmals beim Hund eingesetzt wurde (siehe auch 2.5.2.10. *Finapres* Methode).

Im nächsten Abschnitt werden die wichtigsten Methoden zur Blutdruckmessung besprochen.

2.5. Methoden zur Blutdruckmessung beim Hund

2.5.1. Direkte (blutige) Blutdruckmessung

Zur direkten Blutdruckmessung werden vor allem flüssigkeitsgefüllte Katheter mit externem Druckaufnehmer und sogenannte Tip-Katheter mit Druckaufnehmer in der Katheterspitze verwendet. Die Katheter werden chirurgisch oder über Punktion in einer zentralen oder peripheren Arterie plaziert. Tip-Katheter können aufgrund ihrer Größe i.d.R. nur zur zentralen Blutdruckmessung in großen Gefäßen eingesetzt werden. Flüssigkeitsgefüllte Katheter sind je nach Größe auch zur peripheren Blutdruckmessung geeignet.

2.5.1.1. Flüssigkeitsgefüllte Katheter

Zur direkten Blutdruckmessung mittels flüssigkeitsgefüllten Kathetern werden heute nur noch trägheitslose Druckaufnehmer (Transducer) mit Halbleiterkristallen zur Druckregistrierung benutzt. Das Prinzip besteht in druckabhängigen Widerstandsänderungen im Halbleiter (BOHN, 1989). Diese Widerstandsänderungen werden im Blutdruckmeßgerät erfaßt und entweder graphisch in Form von Kurven oder in absoluten Zahlenwerten angegeben. Mechanische Blutdruckmesser (KOLLS, 1920) oder elektromechanische Druckaufnehmer (GRÜNBAUM und SCHIMKE, 1968) sind aufgrund ihrer relativ hohen Massenträgheit nicht zur exakten Blutdruckmessung geeignet, da diese die Eigen- oder Resonanzfrequenz des Systems deutlich herabsetzt.

Um die Entstehung von Blutgerinnseln, die die Blutdruckmessung stören, zu vermeiden, muß der Katheter regelmäßig gespült werden. Allerdings sind solche Spülvorgänge immer Störquellen, da beim Spülen Luftblasen in das System geraten können. Eine neuere Alternative ist eine kontinuierliche Spülung mit einem minimalen Fluß, der die Blutdruckmessung nicht beeinflußt (2-4 ml/h). Zur Spülung kommen Elektrolytlösungen zum Einsatz. Sinnvoll ist ein Zusatz von Heparin, da dadurch die Thrombenbildung gehemmt wird

(TAYLOR, 1981; KITTELSON und OLIVIER, 1983). TAYLOR (1981) nimmt 2 I.E. Heparin, CHALIFOUX et al. (1985) verwenden 10 I.E. Heparin pro ml Lösung.

2.5.1.2. Tip-Katheter

Bei den Tip-Kathetern gibt es zwei Varianten: bei der ersten sitzt in der Katheterspitze ebenfalls ein Halbleiterelement als Transducer und das Druckmeßprinzip ist das gleiche, wie bei den flüssigkeitsgefüllten Kathetern. Bei der zweiten Variante liegen zwei Lichtleiter (Glasfaser) im Katheter. An der Spitze des Katheters liegt ein Spiegel in einer Luftkammer. Ein Glasfaserbündel (Lichtleiter) ist mit einer lichtemittierenden Diode verbunden, die andere mit einem Photodetektor (z.B. Phototransistor oder Silikon Dioden Detektor). Proportional zum Druck auf die Luftkammer in der Spitze des Katheters (nach dem Boyle'schen Gesetz) verändert sich der Winkel des Spiegels und damit die Menge an Licht, die zum Photodetektor zurückgeleitet wird. Dieser sendet ein elektrisches Signal proportional zur Lichtmenge an das Blutdruckmeßgerät weiter, welches daraus den Blutdruck ermittelt (siehe Abbildung 3) (LEKHOLM und LINDSTRÖM, 1969; KAR et al., 1989).

Abbildung 3: Schematische Darstellung eines Tip-Katheters mit Photodetektor

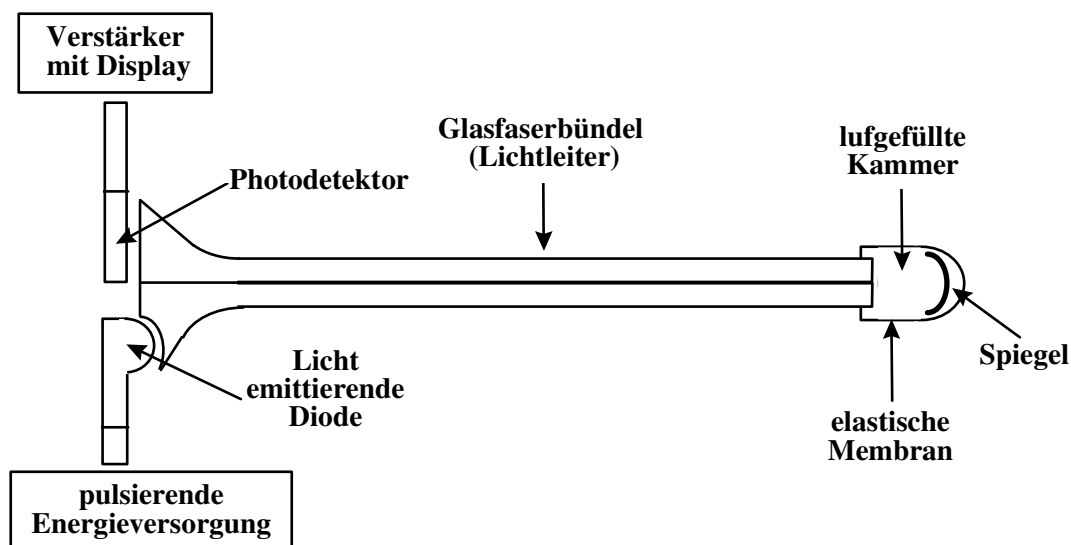


Abbildung nach Lekholm und Lindström (1969)

2.5.1.3. Fehlerquellen bei Druckmeßsystemen zur direkten Blutdruckmessung

Trotz der allgemeinen Meinung, daß die direkte Blutdruckmessung die Methode mit der größten Meßgenauigkeit ist, gibt es doch einige Fehlerquellen, die in der Tabelle 1 dargestellt sind.

Tabelle 1: Mögliche Fehlerquellen bei der direkten Blutdruckmessung

Methode	Fehlerursache	Folge
füssigkeitsgefüllter Katheter	Katheteröffnung entgegen der Blutstromrichtung	Blutdruck wird geringradig zu hoch gemessen
füssigkeitsgefüllter Katheter	Katheteröffnung im Verlauf der Blutstromrichtung	Blutdruck wird geringradig zu niedrig gemessen
füssigkeitsgefüllter Katheter	zu niedrige Resonanzfrequenz des Blutdruckmeßsystems	überhöhter SAD
füssigkeitsgefüllter Katheter	zu niedrige Dämpfung des Blutdruckmeßsystems	vermehrte Probleme mit niedrigen Resonanzfrequenzen
Tip-Katheter und füssigkeitsgefüllter Katheter	vermehrte Okklusion einer kleinen (peripheren) Arterie	überhöhte Druckamplitude mit zu hohem SAD

Die einzelnen Fehlerquellen werden nachfolgend beschrieben:

2.5.1.3.1. Fehlerquellen bei flüssigkeitsgefüllten Blutdruckmeßsystemen

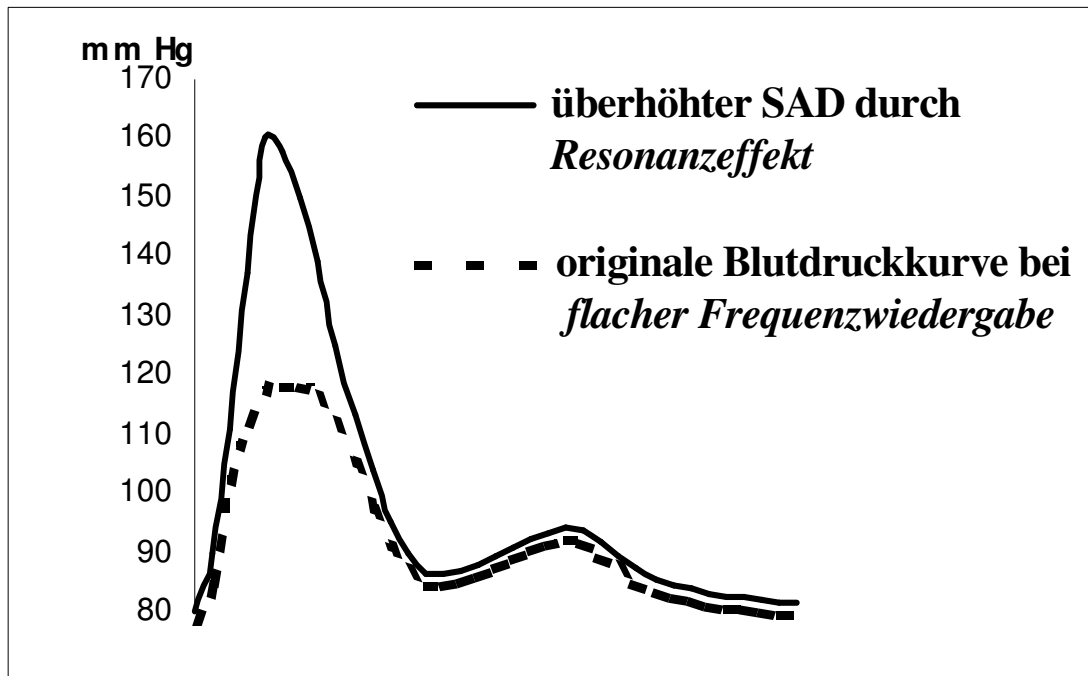
Bei endoffenen Kathetern kann das auf die Katheteröffnung zuströmende Blut den Druck artifiziell erhöhen oder bei wegströmendem Blut erniedrigen (ZINGG et al., 1968; KITTLESON und OLIVIER, 1983). Der Fehler beträgt i.d.R. allerdings nicht mehr als 5%. Amplitude und Form der Druckkurve können durch bestimmte physikalische Eigenschaften des schwingenden Systems, bestehend aus Druckaufnehmer (Transducer), Schlauch, Verbindungsstellen, Katheter, evtl. Dreiwegehähne und dem arteriellen Gefäßbaum deutlich verfälscht werden. Diese Charakteristika sind v.a. die Elastizität bzw. Steifheit des Systems, der Innendurchmesser des Schlauchsystems und des Katheters, die Masse der Flüssigkeit und die Reibung der Flüssigkeit während der pulsierenden Bewegung in Katheter und Schlauch. Diese bedingen die Eigen- oder Resonanzfrequenz und die Dämpfung des Systems (KITTLESON und OLIVIER, 1983).

2.5.1.3.2. Resonanzfrequenz

Die Grundschwingung des arteriellen Blutdrucks ist die Herzfrequenz, welche aber nicht allein die Wellenform der Druckkurve bestimmt. Es kommen viele Schwingungen mit höheren Frequenzen dazu (Ursache z.B. Reflexionen in der Peripherie und an den Aortenklappen). Ein Blutdruckmeßsystem sollte mindestens die 5. harmonische Schwingung der Grundfrequenz wiedergeben. Unter einer harmonischen Schwingung versteht man eine Schwingung, bei der die Rückstellkraft der Elongation proportional und stets zur Gleichgewichtslage gerichtet ist. Da ein veterinärmedizinischer Patient Herzfrequenzen bis 240/min (4 Hz) haben kann, sollte das Druckmeßsystem eine "flache Frequenzwiedergabe"

von mindestens 20 Hz haben. Die *flache Frequenzwiedergabe* ist ein Begriff, der zur Beschreibung der Frequenzen genutzt wird, die frei sind von Resonanzeffekten. Die Resonanzfrequenz eines schwingenden Systems ist die, mit der ein System nach einmaliger Energiezufuhr weiter schwingt. Bei dauernder frequenter Energiezufuhr ist die Amplitude der Schwingung im System bei der Resonanzfrequenz maximal. Bei der Blutdruckmessung mit flüssigkeitsgefülltem Katheter besteht das Problem v.a. in der Verstärkung hochfrequenter Komponenten, wie des initialen systolischen Aufstrichs, und damit der überhöhten Anzeige des SAD. Der MAD und der DAD werden kaum beeinflusst (ROTHE und KIM, 1980; KITTLESON und OLIVIER, 1983). In Abbildung 4 ist beispielhaft eine "originale" Blutdruckkurve bei *flacher Frequenzwiedergabe* und die gleiche Druckkurve mit Resonanzeffekt zu sehen.

Abbildung 4: *Flache Frequenzwiedergabe* und Resonanzeffekt



Erläuterung der Abkürzung

SAD = systolischer arterieller Druck

Die Signalverstärkung wird von einer weiteren hydraulischen Eigenschaft beeinflusst: der Dämpfung des Systems.

2.5.1.3.3. Dämpfung

Die Dämpfung beschreibt die reibungsbedingte Tendenz eines oszillierenden Systems, die Schwingung zu stoppen. In unterdämpften Systemen können Resonanzprobleme schnell auftreten. Optimal gedämpfte Systeme unterstützen die flache Frequenzwiedergabe. Die

Dämpfung wird mittels Dämpfungsfaktor β angegeben. $\beta = 0$ bedeutet keine Dämpfung und $\beta = 1$ maximale Dämpfung. Flüssigkeitsgefüllte Blutdruckmeßsysteme sind konstruktionsbedingt immer unterdämpft, β liegt i.d.R. zwischen 0,1 und 0,3 (KITTLESON und OLIVIER, 1983).

Luftblasen im Schlauchsystem erhöhen zwar etwas die Dämpfung, erniedrigen aber auch deutlich die Resonanzfrequenz des Systems und führen daher zur Verstärkung der unerwünschten Effekte. Diese sitzen häufig unbemerkt an Verbindungsstellen und in Dreiwegehähnen. Sie sind an diesen Stellen oft schwierig zu eliminieren.

Allgemein gilt, daß die alleinige Beurteilung der Form der Druckwelle nicht genügt, um eine systembedingte Verzerrung der Druckwelle zu erkennen, da auch physiologischerweise sehr verschiedene Blutdruck-Wellenformen vorkommen (KITTLESON und OLIVIER, 1983).

Zusammenfassend kann daher gesagt werden, daß ein kurzes steifes System mit großem Durchmesser, mit einer Flüssigkeit von geringem spezifischem Gewicht und mit möglichst wenigen Verbindungsstellen und Dreiwegehähnen optimal ist (ROTHER und KIM, 1980; KITTLESON und OLIVIER, 1983).

2.5.1.3.4. Weitere Fehlerquellen bei der direkten Blutdruckmessung

Wie im Kapitel 2.1.2. (Veränderungen des Blutdrucks an verschiedenen Stellen des Gefäßbaumes) besprochen, variiert v.a. der SAD bei Messung an unterschiedlichen Stellen im Gefäßbaum (BAGSHAW et al., 1985; WETTERER et al., 1985; ECKERT und RANDALL, 1986; SPÖRRI, 1987; BUSSE, 1995). Eine der Ursachen hierfür ist die Reflexion der Pulswellen in der Peripherie. Aufgrund eines zu hohen Katheter/Gefäß-Verhältnisses kann es durch die vermehrte Okklusion des Gefäßes zu einer weiteren Verstärkung der Pulswellenreflexion und damit zu einer noch stärkeren Überhöhung der Druckamplitude kommen (KANAI et al., 1970). Die Folge ist meist ein zu hoch gemessener SAD.

Abschließend läßt sich sagen, daß die direkte Blutdruckmessung eine genaue Möglichkeit zur Bestimmung des mittleren und diastolischen arteriellen Blutdrucks ist. Die Messung des systolischen Drucks ist aber einigen Faktoren des Kreislaufs und des Meßsystems unterworfen, welche zu Fehlmessungen führen können.

2.5.1.4. Komplikationen

Die direkte Blutdruckmessung birgt auch einige Risiken, von denen hier besonders Thrombosen, Luftembolien, Infektionen und Nachblutungen zu nennen sind. Trotz verbesserter Technik und hoher Sorgfalt können diese nicht vollständig eliminiert werden (MURRAY, 1981; TOLL, 1984).

2.5.1.5. Punktionsstellen zur arteriellen Blutdruckmessung

Die Katheterisierung arterieller Gefäße kann operativ oder durch perkutane Punktion geschehen. Operativ sind fast alle Arterien zugänglich. Zur perkutanen Punktion kommen die *A. femoralis* (McCUBBIN und CORCORAN, 1953; KATZ et al., 1957; ANDERSON und FISHER, 1968; WERNER, 1972; BISGARD und GILLIAN, 1973; SCULLY et al., 1983; LUDDERS et al., 1983; KITTLESON und OLIVIER, 1983; MANN et al., 1987; KALLET et al., 1992 B), die *Arteria metatarsa dorsalis* (*A. metatarsa dors.*) oder *Arteria dorsalis pedis* (*A. dorsalis pedis*) (KITTLESON und OLIVIER, 1983; HUNTER et al., 1990; BODEY et al., 1994; MEURS et al., 1996), die *A. radialis* (VOELZ, 1981), der *Ramus auricularis intermedius* (*R. auricularis intermed.*) der *Arteria auricularis caudalis* (*A. auricularis caud.*) (KUTZ et al., 1985) und die *Arteria lingualis* (*A. lingualis*) (GAINS et al., 1995) in Frage.

Für experimentelle Blutdruckmessungen haben einige Untersucher die *A. carotis com.* operativ unter die Haut verlegt, so daß die Punktion sehr einfach möglich ist. Dieses Verfahren wird dann eingesetzt, wenn der Blutdruck in gewissen Abständen immer wieder gemessen werden muß (SCHOLTYSIK, 1967; O'BRIEN et al., 1971; WILCOX et al., 1974).

Die direkte Blutdruckmessung ist wegen der nicht einfachen Punktion der Arterien, der möglichen Komplikationen und des durch die Punktion ausgelösten Stresses mit nachfolgender Blutdruckerhöhung am wachen Hund als Routinemethode schlecht geeignet (KITTLESON und OLIVIER, 1983).

2.5.2. Indirekte (unblutige) Blutdruckmessung

Die indirekte Blutdruckmessung ist die heute übliche Routinemessmethode, aufgrund ihres nicht-invasiven Charakters und des geringeren Meßaufwandes.

2.5.2.1. Prinzip der indirekten Blutdruckmessung

Alle gängigen Methoden zur indirekten Blutdruckmessung beruhen auf dem Prinzip von RIVA-ROCCI. Mit einer aufpumpbaren Manschette wird von außen Druck auf die Arterie ausgeübt, bis der Blutfluß zum Stillstand kommt. Beim langsamen Druckablaß aus der Manschette werden anhand unterschiedlichster Kriterien der SAD und je nach Methode auch DAD und MAD bestimmt (BODEY, 1997).

Im folgenden werden die wichtigsten indirekten Blutdruckmeßmethoden aufgeführt:

- Pulspalpation mit dem Finger (palpatorische Methode)
- Rheographie als Pulsfühler
- Infraton Druckmarkengeber nach Bouke und Brecht als Pulsfühler
- Xylol-Puls-Indikator Methode als Pulsfühler
- Dehnungsstreifen als Pulsfühler
- Auskultatorische Methode
- Registrierung der Hautfarbenänderung
- Photoplethysmographie
- Finapres Methode
- Doppler-Ultraschall: Doppler-Flußmesser und Doppler-Kinetoarteriographie
- Oszillometrie: Oszillometrie mit einer und mit zwei Manschetten
- Kombination von Oszillometrie und Photoplethysmographie

2.5.2.2. Pulspalpation mit dem Finger (palpatorische Methode)

Bei der palpatorischen Methode wird durch eine Manschette oder Pelotte die Arterie so stark komprimiert, bis der Blutfluß sistiert. Dies wird durch Palpation an der Arterie distal der Manschette/Pelotte registriert. Der systolische Blutdruck wird als der Druck definiert, bei dem bei Druckablaß aus der Manschette/Pelotte distal das erste Mal ein Puls palpieren werden kann. Mittlerer und diastolischer Druck lassen sich auf diese Weise nicht bestimmen.

Die Variationen der Methoden bei verschiedenen Untersuchern beziehen sich auf den Meßort und auf Modifikationen an Manschette und Pelotte:

VON BASCH (1880) erfand diese Methode, wobei er um Druck auf die Arterie ausüben zu können, eine von ihm modifizierte Pelotte benutzte (zitiert nach BOOTH, 1977). GÖTZE (1916) setzte diese an der *Arteria maxillaris* (*A. maxillaris*) beim Pferd ein, ZADEK beim Hund an einer Gliedmaße (zitiert nach BOOTH, 1977). RIVA-ROCCI verglich die palpatorische mit der direkten Blutdruckmessung am Hund. Dabei legte er die Manschette über der *A. femoralis* an und fand eine gute Übereinstimmung (zitiert nach GÖTZE, 1916). In dieser Form ist die palpatorische Blutdruckmessung beim Hund mehrmals angewendet worden (CLAUSS, 1910; SPAETH, 1910; HORNING und KIRKWOOD, 1924; HORNING und McKEE, 1925; HORNING und McKEE, 1926; KEUL, 1929).

Es werden aber auch Probleme bei der palpatorischen Blutdruckmessung beschrieben. Wird die Manschette weit proximal an der Extremität angebracht, kann man den Puls distal noch gut palpieren. Der Oberarm des Hundes ist zum Anbringen einer Manschette allerdings zu kurz und der Oberschenkel läuft konisch zu, so daß die Manschette abrutscht. Legt man die Manschette tiefer an, so ist es häufig nicht mehr möglich, den Puls richtig zu palpieren oder

anders zu detektieren, da die Gefäße zu klein werden (DETWEILER, 1959; SKLASCHUS und WERNER, 1970; WERNER und SCHÄFER, 1977; WERNER, 1980; GEDDES et al., 1980). Dies gilt nicht nur für die palpatorische Blutdruckmessung, sondern für einige der nachfolgend zitierten Methoden ebenfalls. Bei den folgenden Blutdruckmeßmethoden wurde die Palpation des Pulses mit dem Finger durch verschiedene technische Hilfsmaßnahmen ersetzt.

2.5.2.3. Rheographie als Pulsfühler

Bei der Rheographie wird distal der Blutdruckmanschette ein Hochfrequenzstrom durch die Gliedmaße geleitet und die elektrische Leitfähigkeit des Gewebes gemessen. Blut hat eine höhere Leitfähigkeit als das restliche Gewebe, daher steigt die elektrische Leitfähigkeit der Gliedmaße distal der Manschette an, wenn der Manschettendruck unter den systolischen Blutdruck fällt, da dann wieder vermehrt Blut in die Gliedmaße fließt (ROMAGNOLI, 1952; KAINDL et al.; 1959).

2.5.2.4. Infraton Druckmarkengeber nach Bouke und Brecht als Pulsfühler

1952 entwickelten BOUCKE und BRECHT ein Kondensatormikrophon (gebrauchte Synonyme: Infratonmikrophon, Infraton-Pulsabnehmer, Wickelkondensator) als Pulsabnehmer, das sie zur Blutdruckmessung beim Menschen einsetzten. Das Gerät zeichnet den Puls graphisch auf und zusätzlich werden mittels Druckmarkengeber in gewissen Druckabständen unterschiedliche Signale auf dem Registriergerät angezeigt. Dies wird mit elektrischen Kontakten im Quecksilbermanometer erreicht, die bei Drucksenkung durch das fallende Quecksilber freigelegt werden, wodurch keine Stromleitung über das Quecksilber mehr stattfinden kann (BOUKE und BRECHT, 1952; BRECHT und BOUCKE, 1953).

BRECHT und BOUKE beschrieben bereits 1953 den Einsatz des Kondensatormikrophons als Pulsabnehmer bei Kleintieren (z.B. beim Kaninchen am Ohr und bei der Ratte am Schwanz).

BREUNINGER (1956) setzte das Kondensatormikrophon zur Blutdruckmessung bei pharmakologischen Untersuchungen am Schwanz der Ratte ein.

Im Jahre 1958 führten dann GRAUWILER et al. (1958) das Blutdruckmeßgerät nach BRECHT und BOUCKE mit Infraton-Pulsabnehmer und Druckmarkengeber als Routinemethode in die Veterinärmedizin ein. Der SAD wird als Manschettendruck beim Erscheinen des ersten Pulses und der DAD beim höchsten Pulsausschlag definiert. Die Untersuchungen wurden bei Hunden, Pferden, Rindern und Schweinen durchgeführt. GRAUWILER et al. (1958) legten die Manschette beim Hund am Unterarm an und plazierten den Pulsabnehmer palmar am *Metakarpus*.

PRIOLI und WINBURY (1960) haben diese Methode am Schwanz bei drei Hunden mit der direkten Blutdruckmessung verglichen und gute Übereinstimmungen für SAD und DAD gefunden.

Auch ENGELHARDT und HAMPEL (1962) haben den Infracat Druckmarkengeber nach Bouke und Brecht bei Tieren eingesetzt.

MÜLLER (1963) untersuchte mit diesem Meßverfahren psychische Einflüsse auf den Blutdruck des Hundes.

2.5.2.5. Xylol-Puls-Indikator Methode als Pulsfühler

Das System besteht aus zwei Manschetten, einem Manometer, einem Blasebalg und einem mit Xylol gefüllten Glasröhrchen. Alle Komponenten sind miteinander verbunden. Das komplette System wird aufgepumpt, bis die Manschetten guten Kontakt mit Gliedmaße und Arterie haben, so daß das Xylol deutlich die Pulsschläge anzeigt. Dann werden das Glasröhrchen und die distale Manschette abgeklemmt, so daß die weitere Druckerhöhung nur in der proximalen Manschette stattfindet. Diese wird aufgepumpt, bis sich das Xylol nicht mehr bewegt. Dann wird der Druck aus der proximalen Manschette wieder abgelassen, bis das Xylol die erste *scharfe* Bewegung macht. Dieser Druck wird als Systole definiert. Die Diastole ist mit dieser Methode nicht klar bestimmbar (WILSON und CLARKE, 1964). Bei vergleichenden Untersuchungen mit direkten Meßmethoden wurden beim Menschen gute Korrelationen gefunden (WILSON und CLARKE, 1964; GLEN, 1970; GLEN, 1973). Untersuchungen wurden auch an Pferden (GLEN, 1970; GLEN, 1972; TAYLOR; 1981), Rindern und Schafen (GLEN, 1970) durchgeführt.

2.5.2.6. Dehnungsstreifen als Pulsfühler

Hierbei wird ein auf einem Plexiglasplättchen befestigter Dehnungsmeßstreifen distal der Manschette an der Extremität befestigt. Wenn nun beim Druckablaß aus der auf suprasystolische Werte aufgepumpten Manschette die erste Pulswelle unter diesem Plexiglasplättchen durchläuft, vergrößert sich der Extremitäten Umfang und das Plättchen verbiegt sich. Dadurch wird der Dehnungsmeßstreifen etwas ausgedehnt, wodurch sich der elektrische Widerstand des Streifens ändert, der registriert wird und die Systole anzeigt (BAYER und RHEINLÄNDER, 1967).

2.5.2.7. Auskultatorische Methode

Diese Methode wurde 1905 von dem russischen Chirurg KOROTKOFF entwickelt. Hierbei werden die sogenannten *Korotkoff Töne* distal der okkludierenden Manschette nachgewiesen. Die Tonentstehung wird sehr kontrovers diskutiert (McCUTCHEON und RUSHMER, 1967;

UR und GORDON, 1970). Der Grundgedanke ist folgender: zwischen subsystolischen und supradiastolischen Drucken werden durch die Stenosierung distal der Staumanschette im Pulsrhythmus kleine Blutmengen eingespritzt. Dieser Einstrom erzeugt Turbulenzen und Wandschwingungen, die als Töne auskultiert werden können (VON RECKLINGHAUSEN, 1940; PAUSCHINGER, 1950; PAUSCHINGER et al.; 1958; McCUTCHEON und RUSHMER, 1967; UR und GORDON, 1970; WERNER, 1972). GOODMAN und HOWELL (1911) beschrieben beim Menschen 5 Phasen während der KOROTKOFF Töne. Phase I ist das Auftreten des ersten klaren *schnappenden* Tones nach Druckablaß aus einer auf suprasystolische Werte aufgepumpten Manschette. Der Druck in der Manschette an diesem Punkt wird als SAD definiert. In Phase II entstehen rauschende Geräusche, die in Phase III leiser werden und ähnlich wie in Phase I klingen, aber weniger ausgeprägt sind. In Phase IV wird das Geräusch deutlich gedämpft und verschwindet in Phase V. Der Druck in der Manschette bei Phase V wird von den meisten Autoren als DAD definiert (McCUTCHEON und RUSHMER, 1967; GEDDES und TIVEY, 1976; MANNING et al., 1983; WETTERER et al. 1985; SPÖRRI, 1987; GEDDES, 1991). Einige Autoren definieren den Manschettendruck in Phase IV als DAD (MATTHES et al., 1978). Bei manchen Menschen (vornehmlich jungen) und nach Belastung verschwinden die Geräusche häufig nicht nach der Phase IV, sondern persistieren über einen größeren Druckbereich, was die Bestimmung des DAD schwierig gestaltet (GEDDES, 1991). Deshalb wird bei diesen Personen die Phase IV als DAD angenommen. Die *American Heart Association (AHA)* empfiehlt, bei Kindern die Phase IV und bei Erwachsenen die Phase V als DAD anzunehmen. Es besteht immer noch Uneinigkeit, welches Kriterium dem DAD am ehesten entspricht (REBENSON-PIANO et al., 1987).

Aufgrund der Kleinheit der Gefäße bereitet die auskultatorische Blutdruckmessung beim Hund einige Schwierigkeiten, da die Geräusche z.T. sehr schwer oder gar nicht zu hören sind (SKLASCHUS und WERNER, 1970; WERNER und SCHÄFER, 1977; WERNER, 1980; GEDDES et al., 1980). KITTELSON und OLIVIER (1983) halten die auskultatorische Methode beim Hund für grundsätzlich nicht einsetzbar. Trotz aller Schwierigkeiten wurde sie beim Hund von einigen Untersuchern modifiziert und eingesetzt.

So führte ALLEN (1923) die auskultatorische Blutdruckmessung am Unterschenkel beim Hund durch, wobei er ein Phonendoskop medial aufsetzte und die Manschette darüber so befestigte, daß das Phonendoskop unter dem distalen Bereich der Manschette lag. Wenn das Phonendoskop nicht mit eingebunden war, sondern distal aufgesetzt wurde, war kein Geräusch zu hören. Die Methode hat bei Hunden über 10 kg KM gut funktioniert. Sie wurde allerdings nicht mit der direkten Messung verglichen. Der SAD wurde wie in der Humanmedizin in der Phase I abgelesen, der DAD äquivalent der Phase IV, da die Geräusche häufig sehr lange zu hören waren und kaum eine Phase V definiert werden konnte.

Ähnlich haben FERRIS und HYNES (1931) und RULE (1943) den Blutdruck beim Hund gemessen. Der einzige wesentliche Unterschied bestand darin, daß Manschette und Phonendoskop am Oberschenkel plaziert wurden. FERRIS und HYNES (1931) benutzten eine speziell dazu entwickelte konische Manschette mit Haltegurten, welche über den Rumpf gelegt wurden und damit das Abrutschen der Manschette verhindern sollten. Beide Untersucher führten Vergleichsmessungen mit der direkten Blutdruckmessung am anderen Hinterbein durch. Diskrepanzen zwischen den beiden Methoden von mehr als 10 mm Hg waren unüblich.

ROMAGNOLI (1953) setzte das Phonendoskop direkt distal der Manschette auf die *Arteria saphena* (*A. saphena*) und definierte den DAD bei der Phase V, da das Leiserwerden des Rauschens beim Hund nicht klar zu hören sei. Bei vergleichender direkter Blutdruckmessung lag der SAD bei der auskultatorischen Methode immer etwas zu niedrig und der DAD etwas zu hoch. Aber insgesamt stimmten die beiden Methoden gut überein.

WILCOX et al. (1974) bestimmten auskultatorisch den Blutdruck beim Hund am Hals über der *A. carotis com.*, HARVEY et al. (1983) am Oberarm des Hundes, wobei ein Stethoskop distal der Manschette über der *A. brachialis* plaziert wurde. Der Korrelationskoeffizient (r) beim Vergleich mit der direkten Blutdruckmessung lag für den SAD bei 0,96 und für den DAD bei 0,97 (HARVEY et al., 1983).

Anstatt eines Phonendoskops setzten WESSALE et al. (1985) ein in die Manschette integriertes piezoelektrisches Element als Mikrofon ein. Die *Korotkoff Töne* wurden gefiltert und verstärkt wiedergegeben. Die Manschette wurde in der Mitte eines Vorderbeins angelegt, wobei das piezoelektrische Element medial plaziert wurde. Beim Vergleich mit der direkten Messung lag der Korrelationskoeffizient für den SAD bei 0,98 und für den DAD bei 0,99. WESSALE et al. (1985) wiesen auch darauf hin, daß bei peripherer Vasokonstriktion die Geräusche stark abgeschwächt werden.

2.5.2.8. Registrierung der Hautfarbenänderung

VON RECKLINGHAUSEN (1906) beschrieb diese Methode als erubeszitorische Methode. Der Finger oder Arm eines Menschen wurde mit einem Gummiring oder einer Gummibandage anämisiert. Anschließend wurde direkt proximal eine Manschette angebracht und auf suprasystolische Werte aufgepumpt. Das erste Erröten der Gliedmaße beim Ablassen des Druckes wurde als Kriterium für den systolischen Druck herangezogen. Eine praktikable Anwendung dieser im anglo-amerikanischen Sprachraum als *Flush-Methode* bezeichneten Art der Blutdruckmessung führten GOLDRING und WOHLTMANN (1952) in die humane Neonatologie ein. Mit dieser Methode ist nur die Messung des SAD möglich.

Eine weiterführende Entwicklung ist die Photoplethysmographie.

2.5.2.9. Photoplethysmographie

Das in Erythrozyten vorhandene Hämoglobin absorbiert Licht bestimmter Wellenlängen im infraroten Bereich. Das Prinzip der Photoplethysmographie beruht auf einer Messung der unterschiedlichen Lichtabsorption im Gewebe. Die Änderung des Blutvolumens und damit des Gefäßdurchmessers im Rahmen einer Pulswelle wird durch die unterschiedliche Lichtabsorption vom Photoplethysmograph registriert. Die Geräte bestehen aus einer Infrarotlicht emittierenden Diode, einem Sensor, einem Verstärker und einem Gerät zur graphischen Darstellung der Pulsation. Man unterscheidet hierbei noch die Transmissionsplethysmographie (das Gewebe liegt zwischen Diode und Sensor) und die Reflexplethysmographie (Diode und Sensor liegen nebeneinander). Bringt man eine solche Sonde distal oder unter dem distalen Ende einer Blutdruckmanschette an, dann ändert sich bei suprasystolischen Werten das Blutvolumen der darunter gelegenen Arterien nicht. Wenn bei subsystolischen Werten die ersten Blutquanten die Manschette passieren, kommt es bei jeder Pulswelle zur Änderung des peripheren Blutvolumens und damit zur Veränderung der Lichtabsorption. Je stärker der Druck in der Manschette fällt, um so mehr Blut kann bei jeder Pulswelle die Manschette passieren. Die immer größer werdenden Lichtabsorptionsschwankungen kann man mittels Monitor oder eines Schreibers sichtbar machen. Der systolische Blutdruck entspricht dem Manschettendruck, bei dem die ersten Schwankungen auftreten. Der diastolische Druck entspricht dem Manschettendruck, bei dem nach einem Maximum der Schwankungen bei weiterem Absinken des Manschettendruckes die Schwankungen konstant bleiben. Diese Methode wird hauptsächlich zur Blutdruckmessung bei kleinen Labortieren benutzt, vor allem bei Ratten (YAMAKOSHI et al., 1979; BUNAG, 1983). Zur Messung werden die Ratten vorher in eine sehr warme Umgebung gebracht, damit die Gefäße dilatieren und somit die Pulsationen besser darzustellen sind.

CIMINI und ZAMBRASKI (1985) bestimmten mit diesem Meßverfahren den Blutdruck von Yucatan Miniatur Schweinen. Bei diesen Tieren wurde die Messung am Schwanz durchgeführt.

COULTER et al. (1981) setzten diese Methode beim Hund ein. Die Manschette wurde oberhalb des Tarsalgelenks und der Sensor plantar am *Metatarsus* befestigt. Verglichen mit der Ultraschall-Doppler Methode (siehe auch Kapitel 2.5.2.11.2 Doppler-Kinetoarteriographie) mit Nachweis der Arterienwandbewegung sind die systolischen Werte deutlich geringer und die diastolischen Werte geringfügig höher.

HORII und HIGUCHI (1985) bestimmten den Blutdruck beim Hund mit Hilfe der Transmissionsplethysmographie. Die Manschette wurde am Oberarm, der Sensor palmar am *Metakarpus* angebracht. Beim Vergleich mit der direkten Blutdruckmessung lag eine gute Übereinstimmung vor, allerdings mit einigen Ausreißern. Eine Weiterentwicklung dieser Methode ist die Finapres Methode.

2.5.2.10. Finapres Methode

Im Jahre 1973 entwickelte PENAZ (1973) das Finapres Prinzip, welches von TABARU et al. (1990) erstmals beim Hund eingesetzt wurde. Hierbei handelt es sich um ein Gerät, das vollautomatisch den Blutdruck mißt. Es besteht aus einer Blutdruckmanschette mit einem Transmissionsphotoplethysmographiesensor und einer Steuereinheit mit Anzeigegerät und Pumpe. Die Manschette wird an einer Extremität mit dem Sensor über einem arteriellen Gefäß angebracht. Das Gerät pumpt nun die Manschette bis zur maximalen Amplitude der Lichtabsorptionsschwankungen (entspricht dem mittleren arteriellen Blutdruck) auf. Dann gleicht sich das Gerät den Blutdruckschwankungen zwischen systolisch und diastolisch an, indem es die Manschette mit einer Verzögerung von nur 10 Millisekunden immer gerade so aufpumpt, daß die arteriellen Gefäße nicht kollabieren und ihr Gefäßvolumen und damit das Gliedmaßenvolumen immer konstant bleibt. Der maximale Druck in der Manschette entspricht somit dem SAD, der minimale Druck dem DAD. Man erhält bei diesem Gerät eine kontinuierliche, graphisch dargestellte Blutdruckkurve und eine direkte Anzeige von systolischem, mittlerem, diastolischem Blutdruck sowie der Herzfrequenz in Zahlen. Dieses System wird beim Menschen zur Messung des Blutdruckes am Finger eingesetzt (STOKES et al. 1991).

Diese Fingermanschetten sind zur Blutdruckmessung an *Metatarsus* oder Schwanz bei kleinen Hunden bis etwa 10 kg KM geeignet. Der Korrelationskoeffizient zwischen direkter und Finapres Messung lag beim SAD bei 0,672, beim MAD bei 0,920 und beim DAD bei 0,942 (TABARU et al., 1990). Bei größeren Hunden ist diese Methode zur Zeit nicht anwendbar, weil das zu durchdringende Gewebe für die Transmissionsphotoplethysmographie zu dick und die Absorption des Infrarotlichtes zu stark ist, so daß der Sensor dies nicht mehr detektieren kann. BINNS et al. (1995) haben die Methode bei der Katze getestet und für nicht ausreichend genau befunden.

2.5.2.11. Doppler-Ultraschall

Das Prinzip des Doppler-Ultraschalls beruht auf der Frequenzänderung von Ultraschallwellen, wenn sie von bewegten Objekten reflektiert werden (Doppler-Prinzip). Diese Frequenzänderung kann hörbar und sichtbar gemacht werden, meist erfolgt eine akustische Wiedergabe. Die Schallwellen werden von einem piezoelektrischen Element ausgesandt und die reflektierten Wellen von einem anderen wieder empfangen. Ende der 50iger Anfang der 60iger Jahre wurden Doppler-Ultraschall-Geräte zur Blutflußmessung (FRANKLIN et al., 1959; SATOMURA und KANEKO, 1960) und kurz darauf auch zur Blutdruckmessung eingesetzt (FRANKLIN et al., 1962). McCUTCHEON und RUSHMER (1967) benutzten einen Doppler-Flußmesser, um die Arterienwandbewegung bei der Entstehung der *Korotkoff Töne* zu untersuchen. STEGALL et al. (1968) entwickelten daraus ein Gerät zur

Doppler-Kinetoarteriographie und nutzten die Arterienwandbewegung zur Blutdruckmessung. Daher muß man bei der Blutdruckmessung mittels Doppler-Ultraschall zwei Varianten unterscheiden: die Messung, die den Blutfluß mißt (Doppler-Flußmesser) und die Messung, die die Arterienwandbewegung nachweist (Doppler-Kinetoarteriographie).

2.5.2.11.1. Doppler-Flußmesser

Der Doppler-Flußmesser hat eine Ultraschallsonde, die die Ultraschallwellen schräg ins Gewebe aussendet. Die Sonde sollte in Richtung des Arterienverlaufs aufgesetzt werden, damit die Schallwellen ausreichend parallel zum Blutfluß auf die sich bewegenden Erythrozyten auftreffen und mit veränderter Frequenz von diesen reflektiert werden können. Die Ultraschallsonde muß distal einer Blutdruckmanschette mit einem Ankopplungsgel an einer Stelle auf die Haut aufgesetzt werden, an der ein gutes arterielles Flußsignal zu detektieren ist. Die Manschette wird zuerst auf suprasystolische Werte aufgepumpt und dann wieder langsam abgelassen. Der Druck in der Manschette beim Auftreten des ersten Signals entspricht dem SAD (SAWAZAKI et al., 1976; CHALIFOUX et al., 1985; CROWE und SPRENG, 1985; LITTMAN und DROBATZ, 1995; SANDER et al., 1996; SPRENG et al., 1996). Beim DAD verändert sich das Tonsignal von einem pulsatilen kurzen Zischen in ein eher dauerhaftes Zischen (KAZAMIAS et al., 1971; CROWE und SPRENG, 1985). Nach Meinung einiger Untersucher ist die Messung des DAD mit dem Doppler-Flußmesser nicht oder nur sehr unzuverlässig möglich (HAHN und GARNER, 1977; GEDDES, 1991, SPRENG et al., 1996).

Einige Untersucher haben am Hund die Blutdruckmessung mittels Doppler-Flußmesser mit der direkten Messung verglichen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Vergleich der Blutdruckmessung mittels Doppler-Flußmesser mit der direkten Messung am Hund.

UNTERSUCHER	Druck	Ergebnis
STROEMBERG und STORY (1972)	MAD	erstes Signal korreliert gut mit direkt gemessenem MAD
SAWAZAKI et al. (1976)	SAD und DAD	gute Übereinstimmung mit direkt gemessenem Blutdruck
CHALIFOUX et al. (1985)	SAD und DAD	gute Korrelation mit direkter Blutdruckmessung
HASSLER et al. (1979)	SAD und DAD	keine ausreichende Deckung mit direkter Blutdruckmessung

Wie aus der Tabelle 2 hervorgeht, fanden STROEMBERG und STORY (1972) beim Hund eine gute Korrelation des ersten Signals mit dem direkt gemessenen MAD.

SAWAZAKI et al. (1976) ermittelten eine gute Übereinstimmung von SAD und DAD bei Hund, Rind und Pferd im Vergleich zur direkten Methode.

Bei CHALIFOUX et al. (1985) korrelierte der Doppler-Flußmesser beim Vergleich mit der blutigen Messung beim Hund gut mit SAD und DAD. Sie sehen darin eine praxisnahe Methode zur Blutdruckmessung beim Hund.

Keine ausreichende Deckung von SAD und DAD mit der direkten Blutdruckmessung fanden HASSLER et al. (1979) beim Hund. Beim Rhesus-Affen war der Doppler-Flußmesser allerdings ausreichend genau.

Empfehlungen zur Blutdruckmessung mittels Doppler-Flußmesser bei Hund und Katze geben CROWE und SPRENG (1985), BINNS et al. (1995), LITTMAN und DROBATZ (1995), SANDER et al. (1996), SANDER et al. (1998) und SPRENG et al. (1996).

Diese Methode wurde auch von weiteren Untersuchern bei der Ratte am Schwanz (REICHLER, 1972), beim Kaninchen (WILLIAMS et al., 1979), beim Pferd (GAY et al., 1977; KVART, 1979; PARRY et al., 1980; TAYLOR, 1981; PARRY et al., 1982) und bei der Katze eingesetzt (McLEISH, 1977; GRANDY et al., 1992; BINNS et al., 1995).

2.5.2.11.2. Doppler-Kinetoarteriographie

Auch hier wird das Doppler-Prinzip genutzt. Allerdings wird nicht die Blutströmung, sondern die Arterienwandbewegung unter der Manschette gemessen. Man nimmt dazu eine flache Sonde, die unter das distale Ende der Manschette direkt über die Arterie gelegt wird. Die Sonde sendet die Ultraschallwellen senkrecht nach unten ab, so daß die Schallwellen senkrecht auf die Arterienwand treffen. Bei suprasystolischem Druck in der Manschette wird die Arterie komprimiert. Sobald die erste Pulswelle die Manschette passiert, wird die Arterie einmal gefüllt und dann wieder zusammengedrückt. Hierbei bewegt sich die Arterienwand einmal auf den Schallkopf zu und einmal vom Schallkopf weg. Dies führt zu einer Frequenzänderung der Schallwellen mit einem Öffnungs- und einem Schließsignal, die hör- oder sichtbar gemacht werden können (STEGALL et al., 1968; GEDDES, 1991). Beim Hund ist außer bei Riesenrassen nur ein Signal zu hören (McGRATH et al., 1977). Bei diastolischen oder subdiastolischen Werten wird die Arterie in der Diastole nicht mehr richtig zusammengedrückt, dadurch werden die Frequenzänderungen der Ultraschallwellen ganz klein. STEGALL et al. (1968) geben beim Menschen drei Kriterien für den DAD an:

Erstens ein Verschmelzen von Öffnungs- und Schließsignal, zweitens das komplette Verschwinden des rumpelnden Schließsignals und drittens die Änderung des Öffnungssignals von einem kurzen „töp“ zu einem weicheren und schwächeren Signal, ähnlich wie die

Dämpfung bei den *Korotkoff-Tönen*. HAHN und GARNER (1977) berichten, daß beim Tier mit einer Kombination aus zwei Kriterien und etwas Erfahrung des Untersuchers die Bestimmung des DAD möglich sei. McGRATH et al. (1977) beschreiben für den DAD, daß sich Charakter und Lautstärke des Signals ändern. FREUNDLICH et al. (1972) geben ein Verschwinden und GARNER et al. (1975) eine plötzliche Dämpfung des Signals beim DAD an.

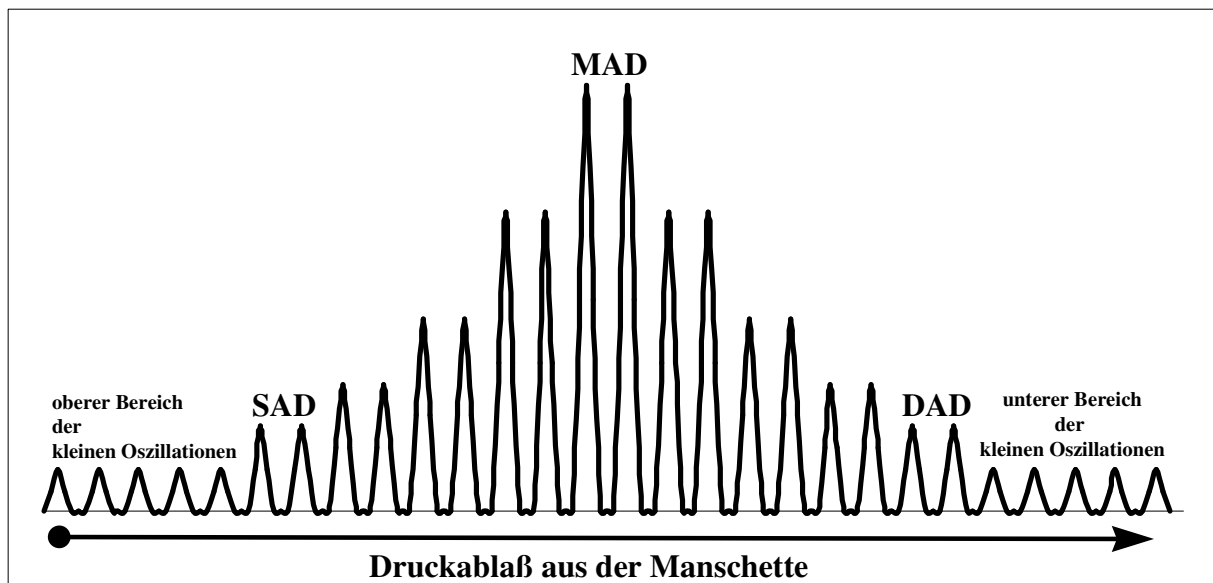
Einige Untersucher führten beim Hund Vergleichsmessungen mit der direkten Blutdruckmessung durch (FREUNDLICH et al., 1972; GARNER et al., 1975; HARTLEY et al., 1975; WEISER et al., 1977; GUILLEBEAU, 1979; HASSLER et al., 1979). Die meisten Untersucher fanden eine gute Übereinstimmung zwischen direkter Blutdruckmessung und Messung mittels Doppler-Kinetoarteriographie (FREUNDLICH et al., 1972, GARNER et al., 1975; HARTLEY et al. 1975; WEISER et al., 1977), wobei FREUNDLICH et al. (1972) bei Hunden unter 10 kg KM keine guten Ergebnisse erzielen konnten. HASSLER et al. (1979) untersuchten mehrere Geräte. Die Arteriosonde[®]1010, ein halbautomatisches Gerät, war akzeptabel aber nicht ganz genau, die Arteriosonde[®]1216, ein vollautomatisches Gerät, war zu ungenau v.a. beim DAD. GUILLEBEAU (1979) fand eine gute Korrelation beim SAD, der DAD konnte nicht bestimmt werden, da er kein klares Kriterium für die Diastole ermitteln konnte. Die Blutdruckmessung mittels Doppler-Kinetoarteriographie wurde auch bei der Katze (KLEVANS et al., 1979; KOBAYASHI et al., 1990; LESSER et al., 1992), beim Rhesus-Affen (HASSLER et al., 1979), beim Pferd (JOHNSON et al., 1976; GUILLEBEAU, 1979) und beim Rind durchgeführt (FÖRSTER, 1976; GUILLEBEAU, 1979). Geräte zur Doppler-Kinetoarteriographie werden heute nicht mehr hergestellt.

2.5.2.12. Oszillometrie

2.5.2.12.1. Oszillometrie mit einer Manschette

Diese Methode geht auf *Marey* (zitiert nach: WERNER, 1972; BOOTH, 1977) und VON RECKLINGHAUSEN (1906, 1931, 1940) zurück. Hierbei liegt folgendes, in der Abbildung 5 dargestellte Prinzip zugrunde:

Abbildung 5: Schematische Darstellung der Oszillationen in der Druckmanschette



Erläuterungen der Abkürzungen:

SAD: systolischer arterieller Druck

MAD: mittlerer arterieller Druck

DAD: diastolischer arterieller Druck

Bei suprasystolischen Druckwerten in der Manschette stößt die Pulswelle an den proximalen Rand der Manschette. Dabei werden in der Druckmanschette kleine Schwingungen (Oszillationen) ausgelöst (sogenannter oberer Bereich der kleinen Oszillationen). Diese können elektronisch verstärkt und registriert werden. Je tiefer der Druck in der Manschette sinkt, um so weiter läuft die Pulswelle unter der Manschette nach distal, und die Oszillationen werden größer. Sobald der Druck in der Manschette den systolischen erreicht hat, kann die Pulswelle unter der Manschette hindurch. Hierbei kommt es zu einem deutlichen Anstieg der Oszillationen (Bereich der großen Oszillationen). Bei einem weiteren Druckablaß aus der Manschette durchdringen immer größere Blutquanten das Gefäß unter der Manschette, dadurch vergrößern sich die Oszillationen. Dies geht bis zu einem Schwingungsoptimum, bei dem die Kopplung zwischen der Arterienwandbewegung und der Manschette am besten ist. An diesem Punkt liegt beim Hund der mittlere Blutdruck. Nach weiterer Druckreduktion in der Manschette wird diese schlaffer und die Kopplung schlechter, dadurch werden die Oszillationen wieder kleiner. Bis zur Diastole wird die Arterie aber immer noch kurzzeitig verschlossen. Bei Drucken unterhalb des DAD nicht mehr, daher kommt es im Bereich der Diastole wieder zu ganz kleinen Oszillationen (unterer Bereich der kleinen Oszillationen), die dann aber weiterhin durch den lockeren Kontakt der Manschette zum Gefäß bestehen bleiben (VON RECKLINGHAUSEN, 1906, 1931; WERNER, 1972).

BREUNINGER (1956) ermittelte bei Blutdruckmessungen an der Ratte den DAD im Bereich der maximalen Oszillationen, ebenso WERNER et al. (1977 A) bei Pferd, Rind und Ratte, BEUTTLER (1981) beim Pferd, KRUSE (1980) und HERTRAMPF und KRUSE (1980) beim Schwein. Die Messungen wurden alle am Schwanz durchgeführt. ROMAGNOLI (1953) setzte für die Messung am Oberschenkel den DAD in dem Bereich fest, in dem die Oszillationen plötzlich kleiner werden. Dabei ging er nicht darauf ein, ob mit kleiner werdenden Oszillationen der Abfall der Oszillationen nach dem Maximum oder der Übergang von den großen zu den unteren kleinen Oszillationen gemeint ist. Die meisten Untersucher legten den Bereich der maximalen Oszillationen als MAD fest: GEDDES et al. (1970) und LATSHAW et al. (1979) beim Pferd, GEDDES et al. (1977) beim Pony, SKLASCHUS und WERNER (1970), WERNER (1972), WERNER et al. (1977 A), KÜHN et al. (1979), GEDDES et al. (1980) und HANSEN (1995) beim Hund. VON RECKLINGHAUSEN (1906, 1931) lokalisierte beim Menschen den DAD beim Übergang von den unteren kleinen zu den großen Oszillationen.

POSEY et al. (1969) und MAUCK et al. (1980) führten experimentelle Untersuchungen an isolierten Arterien in Druckkammern durch. Beide registrierten die maximalen Oszillationen etwa beim mittleren Blutdruck. Bei POSEY et al. (1979) lag der niedrigste Kammerdruck, bei dem noch eine maximale Oszillation auftrat, 4,3% niedriger als der direkt gemessene MAD. Sie folgerten daraus, daß die maximalen Oszillationen gut den mittleren Blutdruck widerspiegeln. MAUCK et al. (1980) fanden die maximalen Oszillationen beim MAD, solange das Kammervolumen nicht zu groß war. Bei größer werdendem Kammerlumen näherten sich die maximalen Oszillationen dem DAD an. GEDDES et al. (1982) ermittelten einen zu hohen SAD und zu niedrigen DAD bei der oszillometrischen Blutdruckmessung bei Mensch und Hund, wenn diese am Übergang von großen zu kleinen Oszillationen oder umgekehrt definiert wurden. Beim Hund lag der SAD je nach Höhe der direkt gemessenen Systole (75-235 mm Hg) bei 73-45% der maximalen Oszillationen und der DAD (35-145 mm Hg) bei 69-83% der maximalen Oszillationen.

Beim Vergleich der Oszillometrie mit der direkten Blutdruckmessung beim Hund wurden die unterschiedlichsten Geräte zur oszillometrischen Messung benutzt. Dabei kamen rein mechanische (KOLLS, 1920), teil-elektrische (ROMAGNOLI, 1953), transistorverstärkte (SKLASCHUS und WERNER, 1970; WERNER, 1970; WERNER et al., 1977 A, 1977 B; GUILLEBEAU, 1979; GEDDES et al., 1980, 1982) und vollautomatisch messende mikroprozessorgesteuerte Oszillometrieeräte (HAMLIN et al., 1982; ROBINSON et al., 1986; PETTERSEN et al., 1988; SCHRAGEL, 1989; HUNTER et al., 1990; KLEIST, 1991; SAWAYER et al., 1991; KALLET et al., 1992 B; BODEY et al., 1994, 1996; GAINS et al., 1995; MEURS et al., 1996) zum Einsatz.

KOLLS (1920) fand eine gute Übereinstimmung der oszillometrischen Blutdruckmessung am Oberschenkel des Hundes mit der direkten an der *A. femoralis*, wobei 5 mm Hg Abweichung nie überschritten wurden.

Bei ROMAGNOLI (1953) stimmte der mit dem Capitanze Manometer ermittelte Blutdruck, einem Gerät zur direkten Blutdruckmessung, mit dem oszillometrisch gemessenen gut überein. Die blutige Messung wurde an der *A. femoralis*, die indirekte am kontralateralen Oberschenkel durchgeführt. Der SAD wurde mit der Oszillometrie im Schnitt um 7 mm Hg zu niedrig registriert (Spanne: +0,4 bis -19,7 mm Hg), der DAD war im Durchschnitt gleich (Spanne: +13 bis -15,5 mm Hg).

WERNER (1972) und WERNER et al. (1977 A) verglichen das von WERNER entwickelte oszillometrisch messende Gerät mit der direkten Blutdruckmessung an 14 Hunden. Die oszillometrische Messung wurde mit einer 5 cm breiten Manschette am Unterarm des Hundes durchgeführt. Zur direkten Messung legten die Autoren nach perkutaner Punktion der *A. femoralis* einen Katheter in die *Arteria iliaca* (*A. iliaca*). Die Untersuchung ergab eine gute Korrelation der Oszillometrie mit der direkten Meßmethode, wobei die Meßreihen der beiden Methoden meist nicht mehr als 5% voneinander differierten. Bei dieser Untersuchung wurden SAD und MAD anhand von 10 gemittelten Meßwerten miteinander verglichen. Die Diastole ist beim Hund mit diesem Gerät nicht zu bestimmen.

GUILLEBEAU (1979) beurteilte das von WERNER entwickelte Gerät zur Blutdruckmessung bei Hund, Pferd und Rind als nicht einsetzbar. WERNER (1980) entkräftete diese Aussage mit dem Nachweis von Bedienungsfehlern und Fehlern im Versuchsaufbau.

SCHMIDTKE et al. (1977) konnten mit dem Werner-Gerät den Blutdruck bei narkotisierten Hunden und Katzen ohne Probleme messen. Bei unsedierten Tieren traten durch Spontanbewegungen jedoch häufig Meßstörungen auf.

GEDDES et al. (1980) ermittelte einen Korrelationskoeffizienten von über 0,9 zwischen der direkten und der oszillometrischen Messung des MAD am Hund. Die Manschetten wurden am Vorderarm angebracht und 5 gemittelte Werte mit der direkten Messung an der *A. carotis* verglichen. Sie bestimmten die optimale Manschettenbreite mit 40% des Gliedmaßenumfangs. Zur Untersuchung wurden 14 Versuchshunde mit einem Gewicht von 8-24 kg herangezogen.

HAMLIN et al. (1982) erhielten Korrelationskoeffizienten von über 0,9 für alle 3 Drucke bei einer Vergleichsstudie des Dinamap™ 1255 Monitors mit der direkten Blutdruckmessung. Die Manschetten wurden bei 9 narkotisierten Hunden mit einem Gewicht von 7-52 kg am Unterarm direkt proximal des Karpalgelenks oder am *Metatarsus* angelegt. Die direkte Blutdruckmessung wurde an der *A. femoralis* durchgeführt.

ROBINSON et al. (1986) verwendeten Manschetten in einer Breite von 30% des Gliedmaßenumfangs und den Dinamap™ 1255 Monitor. Sie fanden eine gute Korrelation bei

der blutig-unblutigen Vergleichsmessung an 6 narkotisierten Hunden (3 Greyhounds und 3 Mischlingshunde).

PETTERSEN et al. (1988) führten blutige-unblutige Vergleichsmessungen mit dem Dinamap™ 1255 Monitor an drei sedierten Beagles (9-22 kg KM) durch. Sie fanden eine lineare Korrelation (SAD $r \geq 0,89$, DAD $r \geq 0,85$) aber mit unterschiedlichen Werten. Die Ursache sehen sie unter anderem darin, daß ein indirekter Wert mit vielen gemittelten direkten Werten verglichen wurde, und die direkte Messung in der abdominalen *Aorta* und die oszillometrische am Schwanz erfolgte.

SCHRAGEL (1989) verglich unter anderen indirekten Methoden auch den oszillometrisch messenden Dinamap™ 1846 SX Monitor mit der direkten Blutdruckmessung bei 11 anästhesierten Beagles (8-18 kg KM). Der direkte Druck wurde je nach Tier an der *A. carotis*, der *A. mediana*, der *A. brachialis* oder der *A. femoralis* bestimmt. Der Korrelationskoeffizient für SAD und DAD lag zwischen 0,950 und 0,984 beim Vergleich mit dem zentralen Blutdruck. Der MAD war etwas ungenauer, was sich aber durch mehrmaliges Messen und Mitteln ausgleichen ließ. SCHRAGEL (1989) fand die Messung am Unterarm genauer als am Hinterbein (*Metatarsus* oder *Tibia*). Ebenso erzielte er eine bessere Übereinstimmung der oszillometrischen Werte mit dem zentralen als dem peripheren Blutdruck. Die Manschetten sollten ca. 40% des Gliedmaßenumfangs betragen, eher etwas mehr als zu wenig. Ein mehrmaliges Messen und Mitteln der Werte erhöht die Genauigkeit.

HUNTER et al. (1990) untersuchten die Einsetzbarkeit von zwei preisgünstigen Oszillometriemonitoren aus der Humanmedizin zur indirekten Blutdruckmessung beim Hund. Für die Untersuchung wurden 12 Mischlingshunde mit einem Gewicht von 12-22 kg herangezogen. In Narkose wurde eine *A. dorsalis pedis* katheterisiert und die indirekte Messung mit Kindermanschetten (Manschettenbreite: Gerät A 6,5 cm, Gerät B 7,4 cm) am *Metatarsus* der kontralateralen Gliedmaße durchgeführt. Gerät A mit Korrelationskoeffizienten von 0,65 bis 0,78 wurde als unbrauchbar angesehen. Gerät B mit Korrelationskoeffizienten von 0,77 bis 0,87 fanden HUNTER et al. (1990) als zur Blutdruckmessung beim Hund geeignet. Auch sie schlagen ein mehrmaliges Messen zur Verbesserung der Genauigkeit vor.

SAWYER et al. (1991) berichten über leicht niedrigere Werte für alle oszillometrisch gemessenen drei Drucke im Vergleich mit der direkten Blutdruckmessung (6-25%). Bei systolischen Werten unter 80 mm Hg ermittelten sie mit der Oszillometrie allerdings etwas zu hohe Werte. Die Wiederholbarkeit der Messungen war gut. Zur direkten Messung legten die Untersucher einen Katheter über die *A. femoralis* in die *Aorta abdominalis*, indirekt wurde der Blutdruck mit dem Dinamap™ 8100 Monitor an Unterarm und *Metatarsus* gemessen. Die Manschetten wählten sie in einer Breite von 40-60% des Gliedmaßenumfangs. Die Studie führten sie an 32 Hunden mit einem Gewicht von ca. 18-35 kg durch.

KLEIST (1991) fand beim Vergleich des direkten Blutdrucks (gemessen in der *A. carotis com.*) mit der Oszillometrie (Manschette in der Mitte des Unterarmes) an 15 Beagles (12-21,5 kg KM), eine nur bedingte Einsetzbarkeit zweier Blutdruckmonitore (Omega 1400 und BP 103N) für absolute Druckwerte. Den Einsatz zur Narkoseüberwachung für die Erkennung von Blutdruck-Tendenzen beurteilte sie positiv.

KALLET et al. (1992 B) ermittelten eine gute Übereinstimmung des DAD bei direkter Messung in *A. femoralis* und indirekter Messung mit dem Dinamap™ 8100 Monitor am *Metatarsus* bei 15 unsedierten Hunden. SAD und MAD waren deutlich niedriger bei der oszillometrischen Methode, der Unterschied war allerdings ziemlich konstant. Die Autoren halten die oszillometrische Methode für anwendbar, wobei mit dieser Methode Referenzwerte erstellt werden sollten.

BODEY et al. (1994) verglichen den Dinamap™ 1846 SX Monitor mit der direkten Blutdruckmessung an der *A metatarsea dors.* von 24 anästhesierten Hunden. Die Messungen wurden am Schwanzansatz (Arterienmarkierung ventral), am Unterschenkel direkt proximal des Tarsalgelenks (Arterienmarkierung kraniomedial), am *Metatarsus* 2-3 cm unterhalb des Tarsalgelenks (Arterienmarkierung dorsomedial), am Unterarm direkt proximal des Karpalgelenks (Arterienmarkierung medial) und am *Metakarpus* (Arterienmarkierung ventral) durchgeführt. Es wurden an jeder Meßstelle 10 Messungen durchgeführt und jeweils die Mittelwerte mit gleichzeitig ermittelten Mittelwerten der direkten Messung verglichen. Die geringste Differenz mit der blutigen Methode hatte die Meßstelle proximal des Tarsalgelenks, wohingegen am Schwanz eine höhere Korrelation und bessere Reproduzierbarkeit vorlag, weshalb die Autoren den Schwanz als die beste Stelle ansehen. Insgesamt fanden sie eine gute Übereinstimmung und postulierten diese Methode als Standardmethode der Zukunft. Die Unterschiede zwischen direkter und indirekter Messung sehen sie auch in der unterschiedlichen Technik begründet. Wie KALLET et al. (1992 B) schlagen sie vor, die Werte nicht mehr in direkte umzurechnen, sondern eigene Referenzwerte für die Oszillometrie zu erstellen.

GAINS et al. (1995) legten die Manschette in der Mitte des Unterarms an und verglichen den Dinamap™ 8100 Monitor mit dem direkten Druck in der *A. lingualis* an 8 Beagles mit 8-11,5 kg KM. Die Autoren verglichen die Mittelwerte von drei Messungen. Sie fanden eine gute Korrelation mit $r = 0,93$ für alle drei Drucke. Bei den 11 Beagles wurden MAD und DAD bei leichter Anästhesie vom Dinamap™ 8100 Monitor unterschätzt und bei tiefer Anästhesie der SAD überschätzt.

BODEY et al. (1996) stellten die Blutdruckmessung mittels Dinamap™ 1846 SX Monitor der direkten Blutdruckmessung an der *A. femoralis* an 7 wachen Hunden gegenüber. Die direkte Messung wurde mit einem zuvor chirurgisch implantierten Katheter-Telemetrie-System durchgeführt. Indirekte Meßstellen und Wertevergleich entsprachen der Untersuchung von

BODEY et al. (1994). Am liegenden Hund waren fast alle Meßstellen geeignet, am stehenden Hund nur der Schwanz und die Messung am Unterarm direkt proximal des Karpalgelenks.

MEURS et al. (1996) erzielten Korrelationskoeffizienten von 0,80 (SAD) und 0,87 (MAD) beim Vergleich des Dinamap™ 8300 Monitors mit der direkten Messung in der *A. dorsalis pedis*. Die Manschette in einer Breite von 40%-60% des Gliedmaßenumfangs wurde am kontralateralen *Metatarsus* angebracht. Es wurden jeweils 5 folgende Messungen gleichzeitig durchgeführt und die gemittelten Werte verglichen. Eine Intention dieser Untersuchung war die für die Narkoseüberwachung wichtige Erkennung einer Hypotension (MAD < 60 mm Hg). Dabei gelang die Erkennung einer Hypotension mit einer Sensitivität von 100% und einer Spezifität von 91%. Diese Untersuchung wurde nicht an Versuchshunden, sondern an 15 Patienten 14 verschiedener Rassen mit einem Gewicht von 3,0-43,6 kg durchgeführt.

Beim Vergleich des Memoprint® Blutdruckmonitors mit der direkten Blutdruckmessung fanden ERHARDT et al. (1998) Korrelationskoeffizienten von 0,644 für den SAD und 0,707 für den DAD. Im Bereich von 100-140 mm Hg hatte die indirekte Messung eine Abweichung von 2-15% von der direkten. Die Untersuchungen führten sie an 6 narkotisierten Beagle durch. Die Manschette legten sie am linken Unterarm an, die direkte Messung wurde mittels Verweilkatheter im *Ramus cranialis* der *Arteria saphena* durchgeführt.

Vergleichsuntersuchungen der Oszillometrie mit der direkten Blutdruckmessung wurden auch bei anderen Tieren durchgeführt.

So führten u.a. WERNER et al. (1977 A) Vergleichsuntersuchungen (direkt/Oszillometrie) beim Rind und beim Pferd durch und fanden eine gute Übereinstimmung. Zum Einsatz kam das von WERNER entwickelte Gerät mit am Schwanz angelegter Manschette. Nur beim Pferd erfolgten Vergleichsstudien von GEDDES et al. (1970, 1977), BOSLER (1985), FRITSCH und BOSLER (1985), LATSHAW et al. (1979), BEUTTLER (1981), MUIR et al. (1983), SIEDENTOPF (1984) FRANCO et al. (1986), EVANS und RIEBOLD (1985), FRITSCH und HAUSMANN (1988) und HAUSMANN (1988). Die Untersucher hielten die Oszillometrie für eine funktionierende Methode zur indirekten Blutdruckmessung am Schwanz des Pferdes. Bei HAUSMANN (1988) versagte die Oszillometrie bei unregelmäßigem und ungleichmäßigem Puls, Blutdruckänderungen wurden nur verzögert wiedergegeben.

KRUSE (1980) und HERTRAMPF und KRUSE (1980) untersuchten die Einsetzbarkeit des Blutdruckmeßgerätes nach WERNER zur oszillometrischen Blutdruckmessung am Schwanz von Schweinen. Als Vergleich diente der direkt gemessene Druck in der distalen *Aorta*. Sie fanden keine signifikanten Unterschiede zwischen den direkten und indirekten Werten von SAD und DAD, so daß sie diese Methode für die Blutdruckmessung beim Schwein unter Praxisbedingungen empfehlen.

BINNS et al. (1995) verglichen die oszillometrische Blutdruckmessung mit dem Dinamap™ 8300 Monitor bei der Katze, Manschette an Schwanzansatz und *Metatarsus*, mit dem direkt gemessenen Druck in der distalen *Aorta* oder *A.femoralis* und kamen zu dem Schluß, daß die Oszillometrie bei der Katze nicht einsetzbar ist.

SANDER et al. (1996) erstellten mit dem Dinamp™ 1846 SX Monitor Referenzwerte bei der Katze. In einer anderen Untersuchung stellten SANDER et al. (1998) fest, daß diese Methode bei Katzen mit Hypertonie nicht anwendbar ist.

2.5.2.12.3. Oszillometrie mit zwei Manschetten

Bei der Oszillometrie mit zwei Manschetten wird distal einer ersten normalen Blutdruckmanschette mit Manometer eine zweite Manschette angebracht, die Druckoszillationen auf ein Gerät überträgt, welches die Oszillationen verstärkt und graphisch darstellt. Zuerst wird die distale Manschette soweit aufgepumpt, daß die Oszillationen maximal sind. Danach wird die proximale Manschette auf suprasystolische Werte aufgepumpt, das heißt bis die Oszillationen in der distalen Manschette aufhören. Danach wird der Druck aus der proximalen abgelassen. Der Druck in dieser beim Auftreten erster Oszillationen entspricht dem systolischen Blutdruck. Wenn die Oszillationen das Maximum erreicht haben, entspricht der Druck in der proximalen Manschette, dem diastolischen Blutdruck. MAHONEY und BRODY (1978) nutzten diese Methode zur Blutdruckmessung bei der Katze am Schwanz. Die Katzen wurden vorher in eine Wärmetasche zur Verstärkung der Schwanzdurchblutung verbracht, damit die Pulsation in der Schwanzarterie ausreichend kräftig war. Die direkte Blutdruckmessung wurde über einen chirurgisch implantierten Katheter in der *A. brachialis* durchgeführt. Die Korrelationskoeffizienten lagen bei 0,84 für den systolischen und bei 0,85 für den diastolischen Druck. Die Autoren halten die Oszillometrie mit zwei Manschetten für eine brauchbare Methode zur Blutdruckmessung am Schwanz.

2.5.2.13. Kombination von Oszillometrie und Photoplethysmographie

MEIER (1991) hat eine Gerätekombination (DPW) aus Dinamap™ 847 XT Monitor (Oszillometrisches Neonatalblutdruckmeßgerät) und PW-Kombiplus (Reflexphotoplethysmographisches Gerät) benutzt. Bei dieser Kombination wurden der Auswertungseinheit des Dinamap Monitors anstatt der Manschettenoszillationen die des Photoplethysmogrammes (PPG) zugeführt und die Systole jenem Manschetteninnendruck gleichgesetzt, an dem beim Druckablaß die PPG-Oszillationen größer zu werden beginnen. Der MAD entspricht dem Manschettendruck, bei dem die PPG-Oszillationen gerade noch Maximalhöhe aufweisen, der DAD dem Manschettendruck der ersten PPG-Oszillationen, nach denen diese nicht mehr kleiner werden.

Bei einer Vergleichsstudie wurden die Manschetten an der Zunge von narkotisierten Hunden und Katzen angebracht, der direkte Druck an der *A. femoralis* bestimmt. Der DPW war in der Lage, Blutdruckerhöhungen wie auch Erniedrigungen fast ohne Zeitverzögerung zu registrieren. Die beste Übereinstimmung fand sich beim MAD. Bei hohen Drucken gibt der DPW die Werte, v.a. die des SAD, zu niedrig an.

2.5.3. Semiinvasive Blutdruckmessung

Der Vollständigkeit halber soll noch die semiinvasive Blutdruckmessung erwähnt werden. Bei dieser Methode wird eine Arterie freigelegt, aber nicht punktiert. Der Blutdruck wird über ähnliche Methoden wie bei der indirekten Blutdruckmessung bestimmt, allerdings direkt am Gefäß, ohne daß Haut etc. störend wirken können. Diese Methoden werden nur zu experimentellen Untersuchungen eingesetzt, z.B. von SABBAAH und STEIN (1976).

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die Oszillometrie mit einer Manschette, die derzeit einzige Methode zur indirekten, automatischen Messung von SAD, DAD und MAD bei wachen Hunden fast aller Größen ist. Insofern basieren die weiteren Ausführungen auf der Oszillometrie mit einer Manschette, vereinfacht als „Oszillometrie“ bezeichnet.

2.6. Blutdruckmanschetten

Eine undehnbare Hülle, die eine aufblasbare Gummibläse in Schlauchform umgibt, wird allgemein als Manschette bezeichnet. Nur die Größe (Breite und Länge) der Blase bestimmt die Meßgenauigkeit bei der indirekten Blutdruckmessung (GEDDES et al., 1977). In den meisten Artikeln wird kein Unterschied zwischen Blase und Manschette gemacht, da die Manschetten immer nur gering breiter sind als die zugehörigen Gummiblasen. Deshalb wird nachfolgend nur der Begriff „Manschette“ verwendet.

2.6.1. Manschettengröße

Nachdem RIVA-ROCCI (1896) die indirekte Blutdruckmessung mittels einer 5 cm breiten Manschette beim Menschen eingeführt hatte, bemerkte VON RECKLINGHAUSEN (1901) 5 Jahre später bereits den bedeutenden Einfluß der Manschettenbreite auf die Meßwerte. Er korrigierte die Breite der Manschette zur Messung des Blutdrucks am Oberarm des Menschen auf 12 cm.

Untersuchungen verschiedener Autoren ergaben systematisch zu hohe Werte bei Anwendung zu schmaler Manschetten und zu niedrige Werte bei zu breiten Manschetten (GLEN, 1970; VALTONEN und ERIKSSON, 1970; WERNER, 1972; GEDDES und TIVEY, 1976; HILL und MACHIN, 1976; GEDDES und WHISTLER, 1978; KVART, 1979; LATSHAW et al.,

1979; KIRKENDALL et al., 1980; HASKINS, 1992). SIMPSON et al. (1965) ermittelten niedrigere Werte mit breiteren Manschetten, HILL und MACHIN (1976) führten an, daß zu breite Manschetten sich aber nicht so stark auswirken wie zu schmale, MANNING et al. (1983) berichteten nur über einen zu hohen Druck bei zu schmalen Manschetten und KARVONEN (1962) schrieb sogar, daß zu breite Manschetten nicht unbedingt zu niedrige Werte ergeben. Auch DARNALL (1985) bemerkte, daß der Fehler bei der Verwendung zu schmaler Manschetten größer ist als bei der Anwendung einer zu breiten Manschette.

Die Ursache dieser Erscheinung wird von WERNER (1972) mit der Weichteilverdrängung im Bereich der Manschettenlage erklärt. Im Randbereich einer Manschette wird ein großer Teil des Druckes zur seitlichen Verdrängung des Weichteilgewebes benötigt, was bei schmalen Manschetten stärker ins Gewicht fällt als bei breiteren, wodurch bei schmalen Manschetten ein höherer Druck zur Unterbindung des Blutstroms benötigt wird.

2.6.1.1. Untersuchungen am Menschen

Für den Menschen gibt es verschiedene Angaben über die Breite von Blutdruckmanschetten. KARVONEN (1962) und SIMPSON et al. (1965) empfehlen eine optimale Breite von 14 cm.

GEDDES und TIVEY (1976) nennen für den SAD eine optimale Manschettenbreite von 39,9% und für den DAD von 40,5% des Oberarmumfangs.

Eine optimale Breite von 40% des Gliedmaßenumfangs oder Gliedmaßendurchmessers plus 20% fanden GEDDES und WHISTLER (1978). Bei einer Manschettenbreite von 35% erhielten sie ca. 5% zu hohe und bei einer Breite von 50% ca. 5% zu niedrige Werte.

KIRKENDALL et al. (1980) geben diese Breite (40% des Gliedmaßenumfangs) als Standard der *American Heart Association (AHA)* an. Standardmanschetten mit einer Breite von 12 - 14 cm entsprechen für den durchschnittlichen Oberarm eines erwachsenen Menschen dieser Anforderung.

Auch PILOSSOF et al. (1985) liegen in der gleichen Größenordnung (38% - 41% des Gliedmaßenumfangs).

Die Länge der Manschetten wird seltener angesprochen. SIMPSON et al. (1965) erzielten niedrigere Werte mit längeren Manschetten und halten beim Menschen eine Länge der Blutdruckmanschetten von 35 cm für optimal.

KARVONEN (1962) fordert für den Menschen, daß die Manschette lange genug sein sollte, die Gliedmaße einmal zu umgeben.

KIRKENDALL et al. (1980) geben als Standard der *AHA* eine Länge der Manschetten von 80% (60 - 100%) des Gliedmaßenumfangs beim Menschen an.

2.6.1.2. Untersuchungen am Pferd

Bei der Verwendung von drei verschiedenen Manschettengrößen zur indirekten Blutdruckmessung am Schwanz von anästhesierten Ponys fanden GEDDES et al. (1977) eine optimale Manschettenbreite von 24,3% des Schweifumfangs. Bei einer Breite der Blutdruckmanschette von 20,4% bzw. 30% des Schweifumfangs wurden 5% zu hohe bzw. zu niedrige Werte festgestellt.

WERNER et al. (1977 A) führten an, daß mit einer Manschettenbreite von 6,5 cm in einer 7,5 cm breiten Manschette die indirekt (oszillometrisch) an der Schweifwurzel gemessenen Werte im Mittel nur 1 mm Hg unter den direkt in der *A. carotis* gemessenen lagen. Die Werte von 8 bzw. 7 cm Manschetten lagen an der Grenze eines Toleranzbereichs von ± 5 mm Hg. Die 13 bzw. 10 cm breite Manschette lieferte 17 bzw. 8 mm Hg niedrigere Werte.

KVART (1979) erzielte beim Einsatz von 4 verschiedenen Manschettengrößen am Schweif mit einer 8,7 cm breiten und 27,3 cm langen (Manschettengröße) die genauesten Werte.

GLEN (1970) gab bei Manschetten mit 25 cm Länge und einer Breite von 2,5 und 3,75 cm zur Blutdruckmessung am Schweif des Pferdes Werte an, die ± 10 mm Hg von direkt gemessenen differierten. Mit einer 5 cm breiten Manschette wurden zu niedrige Werte gemessen.

LATSHAW et al. (1979) ermittelten beim Pferd eine optimale Manschettenbreite von ca. 20% des Schweifumfangs.

MUIR et al. (1983) benutzten eine Manschettenbreite von 35% des Schweifumfangs, wobei mit dieser Manschette der SAD geringgradig (ggr.) unterschätzt und der DAD ggr. überschätzt wurde.

PARRY et al. (1982) führen keine Manschettenbreiten, sondern Korrekturformeln an, mit denen bei bekanntem Verhältnis zwischen Manschettengröße und Schweifumfang eine Umrechnung der ermittelten systolischen und diastolischen Druckwerte möglich ist.

2.6.1.3. Untersuchungen am Hund

Untersuchungen mit der Xylol-Pulsindikator-Methode von GLEN (1970) ergaben, daß für die indirekte Blutdruckmessung am Unterarm des Hundes zwei Manschettengrößen verwendet werden sollten. Er empfiehlt Manschetten mit einer Breite von 2,5 cm für Hunde unter 12,0 kg Körpermasse (KM) und Manschetten mit einer Breite von 3,75 cm für Hunde über 12,0 kg KM.

VALTONEN und ERIKSSON (1970) verwendeten an Hunden verschiedener Rassen und Größen 7 unterschiedliche Manschettenbreiten zwischen 3,0 und 5,6 cm zur auskultatorischen Blutdruckmessung am Oberarm. Sie geben keine konkreten Empfehlungen zur Auswahl der passenden Manschettengröße, stellten aber in ihrer Untersuchung fest, daß die optimale Manschettenbreite vom Gliedmaßenumfang und von der Größe des Tieres abhängt.

Beim Vergleich der Oszillometrie mit der direkten Blutdruckmessung benutzte WERNER (1972) drei verschiedene Manschettenbreiten (5,0 cm, 6,0 cm und 7,5 cm) am Unterarm des Hundes. Die Untersuchung ergab, daß die 5 cm breite Manschette die besten Ergebnisse liefert.

GEDDES et al. (1980) fanden bei Vergleichsmessungen mittels blutiger und unblutiger Methode eine optimale Manschettenbreite von 43% des Gliedmaßenumfangs, wobei nur der MAD bestimmt wurde. Die indirekte Blutdruckmessung mittels Oszillometrie wurde am Vorderarm der Hunde durchgeführt. Angaben darüber, ob die Messungen am Ober- oder Unterarm durchgeführt wurden, fehlen.

Die Differenz der Verhältniszahlen zwischen Gliedmaßenumfang und Manschettenbreite bei Hunden und Pferden erklären GEDDES et al. (1980) mit dem unterschiedlichen Umfang an Weichteilgewebe und verschiedener Compliance des Gewebes im Bereich der Arterie an der entsprechenden Meßstelle.

SAWAYER et al. (1991) und MEURS et al. (1996) geben für die indirekte Blutdruckmessung mittels Oszillometrie beim Hund eine Manschettenbreite von 40 - 60% des Gliedmaßenumfangs an, BODEY und MICHELL (1996) und BODEY (1997) empfehlen 40%, ohne dies zu begründen.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß die Manschettenbreite einen Einfluß auf die Höhe der indirekt gemessenen Blutdruckwerte hat. Eine Manschettenbreite von ca. 40% des Gliedmaßenumfangs scheint eine angemessene Größe zur oszillometrischen Blutdruckmessung beim Hund zu sein.

2.7. Referenz- und Grenzwerte des Blutdrucks beim Hund

Zur Erkennung von pathologischen Blutdruckveränderungen beim Hund sind Kenntnisse über seine Blutdruckreferenz- oder Grenzwerte notwendig. Die Angaben in der Literatur sind jedoch sehr unterschiedlich, und es werden keine definitiven Werte angegeben.

Die meisten Angaben in der Literatur beziehen sich auf die Hypertonie. Die Hypotonie beim Hund findet in der Literatur nur wenig Beachtung. Berichte, welche sich damit beschäftigen, gehen meist nur auf schwerwiegende Hypotonien mit deutlichen klinischen Symptomen oder kritischen Situationen im Rahmen einer Narkose ein.

In den Tabellen 3A und 3B sind die Referenz- und Grenzwerte für den Blutdruck des Hundes nach Meßmethoden geordnet zusammengefaßt. Meßort, etwaige Sedation und Anzahl der Tiere sind auch angegeben, falls dies in der entsprechenden Literaturstelle aufgeführt wurde.

Tabelle 3A: Referenz- und Grenzwerte des Blutdrucks beim Hund

Methode	Meßort	Sed.	n	Untersucher	Blutdruckwerte in mm Hg		
					SAD	MAD	DAD
/	/	nein	/	ROSS (1985)	obere Grenze 160	/	obere Grenze 90
/	/	nein	/	LITTMAN et al. (1988)	obere Grenze 180	/	obere Grenze 100
/	/	nein	/	COWGILL (1991)	obere Grenze 160	/	obere Grenze 95
/	/	nein	/	LITTMAN und DROBATZ (1995)	obere Grenze 180 Hypertonie > 200 Hypotonie < 80	Hypotonie < 60	obere Grenze 100 Hypertonie > 110
/	/	/	/	SPRENG et al. (1996)	schwere Hypotonie < 80	/	schwere Hypotonie < 60
direkt	<i>A. femoralis</i>	ja	215	HAMILTON et al. (1940)	179,5 (100 - 275)	/	88,6 (30 - 140)
direkt	<i>A. femoralis</i>	nein	400	McCUBBIN und CORCORAN (1953)	Grenze zur Hypertonie 150	/	/
direkt	<i>A. femoralis</i>	nein	1000	KATZ et al. (1957)	/	145 ± 7,5*	/
direkt	<i>A. femoralis</i>	nein	28	ANDERSON und FISHER (1968)	144 (106 - 164) Grenze zur Hypertonie 160 *	104 (84 - 128)	81 (64 - 96 Grenze zur Hypertonie 90 *
direkt	<i>A. femoralis</i>	ja	16	HUISMAN (1968)	131 ± 18 *	91 ± 14 *	71 ± 12 *
direkt	<i>A. femoralis</i>	nein	8	FREUNDLICH et al. (1972)	200 ± 22,4 *	/	91,6 ± 18,6 *
direkt	<i>A. femoralis</i>	nein	23	SEDLACEK et al. (1973)	135 - 250	/	65 - 120
auskult.	Ober- schenkel	nein	31	Allen (1923)	139	/	79

Erläuterung der Abkürzungen

SAD = systolischer arterieller Druck
MAD = mittlerer arterieller Druck
DAD = diastolischer arterieller Druck
mm Hg = Millimeter Quecksilbersäule

n = Anzahl der Hunde in der Untersuchung
/ = es liegen keine Angaben
Sed. = Sedation
auskult. = auskultatorisch

*Standardabweichung

Tabelle 3B: Referenz- und Grenzwerte des Blutdrucks beim Hund

Methode	Meßort	Sed.	n	Untersucher	Blutdruckwerte in mm Hg		
					SAD	MAD	DAD
Infraton- mikro.	Oberarm	/	11	GRAUWILER et al. (1958)	111	/	69
Infraton- mikro.	Oberarm	nein	25	SPÖRRI und LEEMAN (1961)	128 (105 - 165)	/	68 (47 - 95)
Xylol- Puls- Indikator	Vorder- gliedmaße	/	/	WILSON und CLARKE (1964)	142 ± 14,9 (104 - 180)	/	/
Doppler- Kineto- arteriog.	<i>A. tibialis cran.</i>	nein	8	FREUNDLICH et al. (1972)	196 ± 24,9*	/	94,1 ± 14*
Doppler- Kineto- arteriog.	<i>A. tibialis cran.</i>	nein	102	REMILLARD et al. (1991)	150 ± 16 Grenzhypertonie 183 - 202 Hypertonie > 202	/	86 ± 13 Grenzhypertonie 102 - 116 Hypertonie > 116
Oszillo.	Unterarm	nein	/	WERNER et al. (1977 B)	120 ± 10	95 ± 10	75 ± 10
Oszillo.	Unterarm	nein	/	KÜHN et al. (1979)	140 (110 - 150)	105 (85 - 115)	/
Oszillo.	Unterarm	nein		COULTER und KEITH (1984)	144 ± 27	110 ± 21	91 ± 20
Oszillo.	<i>Metatarsus (in Klinik)</i>	nein	17	KALLET et al. (1992 A)	137 ± 15	102 ± 13	82 ± 14
Oszillo.	<i>Metatarsus (zu Hause)</i>	nein	17	dito	126 ± 10	92 ± 6	73 ± 7
Oszillo.	Unterarm (in Klinik & zu Hause)	nein	17	dito	124 ± 16	90 ± 13	73 ± 12
Oszillo.	/	nein	1267	BODEY und MICHELL (1996)	131,3 (0,55)**	96,9 (0,45)**	73,8 (0,41)**
Oszillo.	Unterarm	nein	42	SANDER et al. (1996)	110 - 167	81 - 133	63 - 118
Oszillo.	Schwanz	nein	42	dito	104 - 171	69 - 115	53 - 89

Erläuterung der Abkürzungen

SAD = systolischer arterieller Druck

MAD = mittlerer arterieller Druck

DAD = diastolischer arterieller Druck

mm Hg = Millimeter Quecksilbersäule

Doppler-Kinetoarteriog. = Doppler-Kinetoarteriographie

n = Anzahl der Hunde in der Untersuchung

/ = es liegen keine Angaben

Sed. = Sedation

auskult. = auskultatorisch

Oszillo. = Oszillometrie

*Standardabweichung

**Standardfehler

ROSS (1985) setzt einen Blutdruck von 160/90 (SAD/DAD) als obere Grenzen beim Hund fest.

LITTMAN et al. (1988) geben als obere Grenze für den normalen Blutdruck wacher untrainierter Hunde 180 mm Hg für den systolischen und 100 mm Hg für den diastolischen Druck an.

COWGILL (1991) sieht 160/95 mm Hg als obere Grenzen an. LITTMAN et al. (1988) und COWGILL (1991) machen keinen Angaben über Methoden oder Untersuchungen, mit denen diese Werte ermittelt wurden.

LITTMAN und DROBATZ (1995) führen als obere Grenze des normalen Blutdrucks beim Hund 180 mm Hg für den systolischen und 100 mm Hg für den diastolischen Druck an. Die Drucke bis 200 mm Hg (SAD) und 110 mm Hg (DAD) bezeichnen sie als Grenzhypertonie. Für LITTMAN und DROBATZ (1995) sind ein SAD unter 80 mm Hg und ein MAD unter 60 mm Hg klare hypotone Werte.

SPRENG et al. (1996) geben bei Notfallpatienten im Rahmen einer Hypotonie-Therapie einen SAD von über 100 mm Hg als Ziel an. Ein SAD unter 80 mm Hg oder ein MAD unter 60 mm Hg charakterisieren sie als "alarmierende" Drucke.

HAMILTON et al. (1940) ermittelten den direkten Blutdruck an 215 mit Morphin sedierten Hunden in der *A. femoralis* und fanden einen SAD von 100-275 (Mittelwert 179,5) mm Hg und einen DAD von 30-140 (Mittelwert 88,6) mm Hg. Bei dieser Untersuchung wurde allerdings nicht nur an gesunden Hunden gemessen.

Bei McCUBBIN und CORCORAN (1953) lag die Grenze zur Hypertonie bei einem systolischen Druck von 150 mm Hg. Der Blutdruck wurde direkt in der *A. femoralis* bei 400 unsedierten und untrainierten Hunden gemessen.

KATZ et al. (1957) untersuchten an 1000 unsedierten, teils trainierten Hunden den direkten MAD in der *A. femoralis* und fanden im Schnitt einen mittleren Druck von $145 \pm 7,5^*$ mm Hg.

ANDERSON und FISHER (1968) erhoben Referenzwerte an 28 unsedierten Hunden. Der Blutdruck wurde direkt in der *A. femoralis* gemessen. Sie ermittelten folgende Werte:

SAD 106-164 (Mittelwert 144) mm Hg, MAD 84-128 (Mittelwert 104) mm Hg und DAD 64-96 (Mittelwert 81) mm Hg.

Als Grenze zur Hypertonie definierten sie 160 mm Hg für den SAD und 90 mm Hg für den DAD.

In 99 Versuchen an 16 mit Azepromazin sedierten Mischlingshunden erhielt HUISMAN (1968) Mittelwerte von $131 \pm 18^*$ mm Hg für den systolischen, $91 \pm 14^*$ mm Hg für den

*Standardabweichung

mittleren und $71 \pm 12^*$ mm Hg für den diastolischen Blutdruck, direkt gemessen in der *A. femoralis*.

FREUNDLICH et al. (1972) führten an 8 unsedierten Greyhounds direkte (*A. femoralis*) und indirekte Blutdruckmessungen (Doppler-Kinetoarteriographie an *A. tibialis cran.*) durch.

Für die direkte Blutdruckmessung geben sie folgende Werte an:

SAD $200 \pm 22,4^*$ mm Hg; DAD $91,6 \pm 18,6^*$ mm Hg.

An jeweils 23 weiblichen und männlichen unsedierten und untrainierten Beagles erstellten SEDLACEK et al. (1973) Referenzwerte für den direkten Blutdruck in der *A. femoralis*. Bei den weiblichen Tieren lag der systolische Blutdruck bei 135-220 (Mittelwert 188) mm Hg und der diastolische bei 70-120 (Mittelwert 93) mm Hg. Die männlichen Tiere hatten einen SAD von 145-250 (Mittelwert 196) mm Hg und einen DAD von 70-120 (Mittelwert 99) mm Hg. Für beide Gruppen zusammen lag der systolische Druck bei 135-250 mm Hg und der diastolische bei 65-120 mm Hg.

Bei der regelmäßigen auskultatorischen Blutdruckmessung mit einer Oberschenkelmanschette an 31 trainierten Hunden erhielt ALLEN (1923) einen mittleren Wert von 139 mm Hg für den systolischen und 79 mm Hg für den diastolischen Blutdruck.

28 Blutdruckmessungen führten GRAUWILER et al. (1958) am Oberarm von 11 Hunden mittels Infratonmikrophon nach BRECHT und BOUKE durch. Sie fanden Mittelwerte von 111 mm Hg für den SAD und 69 mm Hg für den DAD.

SPÖRRI und LEEMAN (1961) ermittelten an 25 wachen Hunden mit der gleichen Methode folgende Referenzwerte: SAD 105-165 (Mittelwert 128) mm Hg, DAD 47-95 (Mittelwert 68) mm Hg.

Mittels Xylol-Puls-Indikator Methode erstellten WILSON und CLARKE (1964) Referenzwerte für den SAD beim Hund. An der Vordergliedmaße gemessen fanden sie einen SAD von 104-180 (Mittelwert 142) mm Hg mit einer Standardabweichung von $\pm 14,9$ mm Hg.

Bei der indirekten Blutdruckmessung mittels Doppler-Kinetoarteriographie an der *A. tibialis cran.* an 8 unsedierten Greyhounds ermittelten FREUNDLICH et al. (1972) folgende Werte:

SAD $196 \pm 24,9^*$ mm Hg; DAD $94,1 \pm 14^*$ mm Hg.

Untersuchungen an 102 unsedierten klinisch gesunden Hunden mittels Doppler-Kinetoarteriographie an *A. tibialis cran.* führten REMILLARD et al. (1991) durch. Als Referenzwerte erhielten sie $150 \pm 16^*$ mm Hg für den SAD und $86 \pm 13^*$ mm Hg für den DAD. Werte oberhalb der zweifachen Standardabweichung werten die Untersucher als Hypertonie (SAD > 202 mm Hg, DAD > 116 mm Hg). Drucke zwischen der 1,282fachen und der

*Standardabweichung

zweifachen Standardabweichung bezeichneten sie wie LITTMAN und DROBATZ (1995) als Grenzhypertonie (SAD 183-202 mm Hg, DAD 102-116 mm Hg).

WERNER et al. (1977 B) geben folgende Druckwerte für den Hund an: SAD 120 ± 10 mm Hg, MAD 95 ± 10 mm Hg und DAD 75 ± 10 mm Hg. Angaben über die Methode der Blutdruckmessung werden nicht gemacht.

Für die Blutdruckmessung mittels Oszillometrie (WERNER-Gerät) am Unterarm des Hundes fanden KÜHN et al. (1979) folgende Druckbereiche:

Normaler Blutdruck: SAD 140 mm Hg; MAD 105 mm Hg.

Hypotonie: SAD < 110 mm Hg; MAD < 85 mm Hg.

Hypertonie: SAD > 150 mm Hg; MAD > 115 mm Hg.

Oszillometrische Untersuchungen am Unterarm bei 73 ungedienten, gesunden Hunden von COULTER und KEITH (1984) ergaben einen SAD von $144 \pm 27^*$ mm Hg, einen MAD von $110 \pm 21^*$ mm Hg und einen DAD von $91 \pm 20^*$ mm Hg. Hospitalisierte Tiere hatten höhere Werte als nicht hospitalisierte.

KALLET et al. (1992) verglichen den Blutdruck von 17 ungedienten Hunden in der Klinik mit dem Blutdruck zu Hause. Die Untersuchungen wurden mit der oszillometrischen Methode am Unterarm und am *Metatarsus* durchgeführt. In der Klinik erhielten sie am *Metatarsus* folgende Werte: SAD $137 \pm 15^*$ mm Hg, MAD $102 \pm 13^*$ mm Hg und DAD $82 \pm 14^*$ mm Hg. Zu Hause waren die Werte statistisch signifikant niedriger: SAD $126 \pm 10^*$ mm Hg, MAD $92 \pm 6^*$ mm Hg und DAD $73 \pm 7^*$ mm Hg. Die Drucke am Unterarm waren in der Klinik und zu Hause gleich: SAD $124 \pm 16^*$ mm Hg, MAD $90 \pm 13^*$ mm Hg und DAD $73 \pm 12^*$ mm Hg.

BODEY und MICHELL (1996) führten oszillometrische Blutdruckmessungen an 1.782 Hunden durch, wovon 1.267 gesund waren. Die Mittelwerte lagen bei 131,3 (0,55**) mm Hg (SAD), 96,9 (0,45**) mm Hg (MAD) und 73,8 (0,41**) mm Hg (DAD).

SANDER et al. (1996) untersuchten ebenfalls oszillometrisch den Blutdruck an 42 Hunden und erhielten folgende Referenzbereiche:

Am Unterarm: SAD 110-167 mm Hg; MAD 81-133 mm Hg; DAD 63-118 mm Hg

Am Schwanz: SAD 104-171 mm Hg; MAD 69-115 mm Hg; DAD 53-89 mm Hg

Zusammenfassend kann man sagen, daß die Angaben über Blutdruckreferenz- und Grenzwerte des Hundes in der Literatur sehr stark schwanken und keine klaren Aussagen ermöglichen. Es scheint sich jedoch abzuzeichnen, daß systolische Drucke über 200 mm Hg und diastolische über 115 als hyperton anzusehen sind. Über Hypotonien werden in der

*Standardabweichung

**Standardfehler

Literatur kaum Angaben gemacht. Systolische Werte unter 80 mm Hg und ein MAD unter 60 mm Hg sind aber als klare Hypotonien anzusehen.

2.8. Indikationen zur Blutdruckmessung

Eine Indikation zur Blutdruckmessung liegt bei allen Erkrankungen vor, die eine Veränderung des Blutdrucks zur Folge haben oder durch eine solche ausgelöst werden können, sowie bei der Anwendung von blutdruckbeeinflussenden Pharmaka (KITTLESON und OLIVIER, 1983).

2.8.1. Hypertonie

Bei der Hypertonie unterscheidet man zwischen der primären bzw. idiopathischen oder essentiellen und der sekundären Hypertonie.

2.8.1.1. Die primäre bzw. idiopathische oder essentielle Hypertonie

Die primäre bzw. idiopathische oder essentielle Hypertonie, häufigste Ursache des Bluthochdrucks beim Menschen, spielt beim Hund keine ausgeprägte Rolle (COWGILL, 1991; BOVÉE, 1993). Tiere mit essentieller Hypertonie werden in der Regel durch Folgeerkrankungen des Bluthochdrucks auffällig (siehe auch Kapitel 2.8.2. Folgeerkrankungen der Hypertonie). Es gibt jedoch einige Fälle, über die in der Literatur berichtet wird.

In der schon erwähnten Studie von KATZ et al. (1957) an 1.000 jungen, gesunden Hunden trat in 0,9% (n = 9) der Fälle eine Hypertonie auf, von denen drei Hunde eine Pyelonephritis hatten. Bei den 6 anderen Hunden wurden keine organischen Veränderungen festgestellt und daher eine essentielle Hypertonie angenommen.

Bei der schon aufgeführten Untersuchung von LITTMAN et al. (1988) war unter 5 Hunden mit plötzlicher Blindheit aufgrund von Blutungen ins Auge oder Netzhautablösungen auch ein Hund mit essentieller Hypertonie. Bei einem Hund konnten die Autoren nicht klar entscheiden, ob die Nierenveränderungen Ursache für den Bluthochdruck oder Folge einer essentiellen Hypertonie waren.

Auch BOVÉE et al. (1989) berichten über einen Mischlingshund mit Hypertonie, der wegen Augenproblemen auffiel und bei dessen Untersuchung keine primäre Ursache für die Hypertonie gefunden werden konnte.

BOVÉE (1993) kreuzte zwei Hunde mit essentieller Hypertonie. Die Nachkommen dieser beiden Hunde litten ebenfalls an Hypertonie, so daß er daraus eine genetische Grundlage des Bluthochdrucks bei diesen Hunden schlußfolgerte.

2.8.1.2. Sekundäre Hypertonie

Die sekundäre Hypertonie ist ein Bluthochdruck, der die Folge einer anderen Erkrankung ist. Sie kann durch Nierenerkrankungen (renale Hypertonie), endokrine Störungen (endokrine Hypertonie), Erkrankungen des ZNS, Herzerkrankungen, Adipositas, Polyzythämie und Anämie ausgelöst werden.

2.8.1.2.1. Renale Hypertonie

COWGILL (1991) gibt als Ursachen für eine renale Hypertonie bei Hund und Katze Glomerulonephritis, interstitielle Nephritis, renale Dysplasie, akute Niereninsuffizienz, chronische Niereninsuffizienz im Spätstadium, obstruktive Nephropathie und multiple Nierenzysten an.

LITTMAN und DROBATZ (1995) führen Glomerulonephritis, Nierenamyloidose, Glomerulosklerose, chronische interstitielle Nephritis, multiple Nierenzysten und seltener Nierengefäßerkrankungen wie Nierenarterienstenosen, Thrombembolien und Niereninfarkte als Hypertonieursachen beim Kleintier auf.

McCUBBIN UND CORCORAN (1953) untersuchten 400 Hunde, von denen 9 an einer Hypertonie litten. Bei zwei dieser Hunde mit leicht erhöhtem Blutdruck (175 und 205 mm Hg) wurden post mortem Nierenveränderungen festgestellt. Einer hatte eine chronische Pyelonephritis, der andere Steine im Nierenbecken und eine Nephrosklerose.

Bei 9 von 1000 untersuchten Hunden fanden KATZ et al. (1957) eine Hypertonie ($MAD \geq 150$ ($140 - 160$) $\pm 7,5$ mm Hg), von denen drei Tiere an einer Pyelonephritis litten, welche post mortem diagnostiziert wurde.

SPÖRRI und LEEMANN (1961) fanden bei Hunden mit chronischer interstitieller Nephritis nur bei vorliegender Urämie leicht erhöhte Blutdruckwerte. Diese Blutdruckerhöhung war zwar nicht deutlich hyperten, im Schnitt nicht über 160 mm Hg, aber im Vergleich zu anderen Tieren statistisch signifikant. Tiere mit chronischer interstitieller Nephritis ohne Urämie wiesen keine statistisch signifikant höheren arteriellen Druckwerte auf.

ANDERSON und FISHER (1968) konnten einen erhöhten Blutdruck auch bei zwei Hunden mit chronischer interstitieller Nephritis ohne Urämie nachweisen. Bei akuter und subakuter interstitieller Nephritis trat eine Hypertonie nur bei Hunden mit Azotämie auf.

17 Hunde mit Nierenerkrankungen hatten in einer Untersuchung von WEISER et al. (1977) an 169 Tieren eine Hypertonie ($SAD > 180$ und/oder $DAD > 95$ mm Hg).

In einer Untersuchung von KÜHN et al. (1979) waren 25 von 101 Hunden mit Hypertonie ($SAD > 150$ mm Hg, $MAD > 115$ mm Hg) an einer Nephritis erkrankt, welche allerdings nicht näher klassifiziert wurde.

Unter 5 hypertonen Hunden (SAD $218 \pm 18,3$, DAD $134 \pm 6,2$ mm Hg) mit plötzlicher Blindheit aufgrund von Blutungen im Auge oder Netzhautablösungen fanden LITTMAN et al. (1988) drei Hunde mit Nierenveränderungen. Einer dieser Hunde litt an einer immunvermittelten Glomerulonephritis. Ein Zweiter hatte eine Nierenamyloidose, was aber nicht als klare Hypertonie Ursache belegt werden konnte, da ihm auch ein funktionelles Nebennierenadenom vorlag. Bei einem dritten Hund war nicht klar, ob die Nierenparenchymveränderungen Ursache oder Folge der Hypertonie waren.

BODEY und MICHELL (1996) fanden bei 63 Hunden mit Nierenerkrankungen höhere Blutdruckwerte (SAD $140,5 \pm 2,95^*$, MAD $106,7 \pm 2,6^*$, DAD $83,4 \pm 2,38^*$ mm Hg) als bei gesunden Hunden (SAD $131,3 \pm 0,55^*$, MAD $96,9 \pm 0,45^*$, DAD $73,8 \pm 0,41^*$ mm Hg), aber meist im normotonen Bereich.

2.8.1.2.2. Endokrine Ursachen einer Hypertonie

WEISER et al. (1977) untersuchten 169 Hunde. Drei Hunde mit Hyperadrenokortizismus und zwei Hunde mit Diabetes mellitus zeigten eine Hypertonie.

ROSS (1985) gibt als endokrine Hypertonie-Ursachen Hyperadrenokortizismus, Phäochromozytom, Hyper- und Hypothyreose, Akromegalie, primärer Hyperparathyreoidismus, Diabetes mellitus und Trächtigkeit an. Dabei weist sie darauf hin, daß Akromegalie, primärer Hyperparathyreoidismus, Diabetes mellitus und Trächtigkeit bei Hund und Katze noch nicht als Hypertonie Ursachen nachgewiesen wurden, beim Menschen aber regelmäßig zu Bluthochdruck führen.

DUKES (1992) und LITTMAN und DROBATZ (1995) führen zusätzlich noch primären Hyperaldosteronismus und Hyperöstrogenismus auf.

Renin sezernierende Tumoren sind ebenfalls eine mögliche endokrine Hypertonie Ursache (DUKES, 1992).

LITTMAN et al. (1988) fanden bei einem von 5 Hunden mit Hypertonie einen Hyperadrenokortizismus.

BODEY und MICHELL (1996) konnten in einer Untersuchung an 1.782 Hunden bei 21 Hunden einen Hyperadrenokortizismus, bei 27 Schilddrüsenerkrankungen und bei 31 Diabetes mellitus nachweisen. Der Blutdruck dieser Hunde war im Mittel statistisch signifikant höher als der gesunder Hunde. Nur der Blutdruck von Hunden mit Hyperadrenokortizismus war so hoch, daß eventuelle Folgeschäden zu erwarten waren.

*Standardfehler

Nachfolgend sind die endokrinen Ursachen für eine Hypertonie zusammengefaßt:

- Akromegalie
- Diabetes mellitus
- Hyperadrenokortizismus
- Hyperaldosteronismus
- Hyperöstrogenismus
- Hyper- und Hypothyreose
- Phäochromozytom
- primärer Hyperparathyreoidismus
- Renin sezernierende Tumoren
- Trächtigkeit

2.8.1.2.3. Herz- und Gefäßerkrankungen als Hypertonieursache

Aortenisthmusstenose (DUKES, 1992), arteriovenöse Fisteln (LITTMAN und DROBATZ, 1995) und Klappen- und Septumdefekte (WERNER et al., 1977 B) werden als Hypertonieursachen in der Literatur erwähnt.

2.8.1.2.4. Weitere Erkrankungen als Ursachen einer Hypertonie

Als weitere Ursachen einer Hypertonie kommen ZNS Erkrankungen (z.B. intrakranielle Neoplasien), Anämie, Polyzythämie, Fieber und Adipositas in Frage (DUKES, 1992; LITTMAN und DROBATZ, 1995).

GRANGER et al. (1994) stellten in einer Gruppe adipöser Hunde signifikant höhere Blutdruckwerte fest als in einer normal gewichtigen Kontrollgruppe.

2.8.2. Folgeerkrankungen der Hypertonie

Anhaltende Hypertonie führt zu Läsionen in kleinen Arterien und Arteriolen. Diese Läsionen zeichnen sich aus durch Hypertrophie und Hyperplasie der Tunica media, Verlust der Lamina elastica interna, Fibrosierungen, Hyalinisierungen bis hin zu Myoarteriitis. Gefäßspasmen mit nachfolgender Hypoxie im Kapillargebiet können zu Veränderungen der Gefäßpermeabilität (Ödeme, Blutungen) oder sogar zu Infarkten führen (ROSS, 1985; COWGILL, 1991, LITTMAN und DROBATZ, 1995). Zu den häufigsten Folgen dieser Gefäßveränderungen gehören Augen-, Nieren- und ZNS-Erkrankungen.

Dilatierte, gewundene Retinagefäße, Retina-Blutungen, -Ödeme, -Exsudationen und -Ablösungen sind ebenso Folgen wie Kontraktionen der Retinagefäße, Papillenödem, Blutungen in die vordere Augenkammer und in den Glaskörper. Uveitis anterior, Glaukom

und Korneaulzera mit verminderter Pupillenreaktion oder sogar Blindheit sind ebenso Auswirkungen der angesprochenen Gefäßveränderungen (DETWEILER und TRAUTVETTER, 1980; ROSS, 1985; LITTMAN et al., 1988; BOVÉE et al., 1989; COWGILL, 1991; DUKES, 1992; LITTMAN und DROBATZ, 1995).

Die Hypertonie führt an der Niere zu glomerulären Hyperfiltrationen, Nekrosen, fokalen und segmentalen Proliferationen und Sklerosen der Glomerula, glomerulären und interstitiellen Fibrosen und Ischämien, nicht-exsudativen interstitiellen Nephritiden und Nephrosklerosen. Nephrotisches Syndrom und Niereninsuffizienz sind das Resultat der beschriebenen Nierenveränderungen (ROSS, 1985; COWGILL, 1991; DUKES, 1992; LITTMAN und DROBATZ, 1995).

Neurologische Symptome, wie Anfälle, Synkopen, Hinterhandpareesen, Ataxien, Orientierungslosigkeit, Amaurosis, Kreisbewegungen, Demenz bis hin zum Koma, ausgelöst durch Hirnödeme, Blutungen, Infarkte oder Gefäßspasmen, können zerebrale Komplikationen eines Bluthochdrucks sein (ROSS, 1985; COWGILL, 1991; DUKES, 1992; LITTMAN und DROBATZ, 1995).

Linksherzhypertrophie, koronare Arteriosklerose und Minderdurchblutung, myokardiale Ischämie mit subendokardialer Fibrose, Arteriosklerose peripherer Gefäße mit Erhöhung des totalen peripheren Widerstands und eine dadurch erhöhte Nachlast als Folge einer Hypertonie führen beim Tier selten zu Herzinsuffizienz, können aber bestehende Herzerkrankungen verschlimmern (ROSS, 1985; DUKES, 1992).

Auch Epistaxis kann durch einen hohen Blutdruck ausgelöst werden (COWGILL, 1991; LITTMAN und DROBATZ, 1995).

2.8.3. Hypotonie

Klinische Symptome, wie blasse Schleimhäute, verzögerte kapilläre Rückfüllungszeit, schwacher, tachykarder, bradykarder oder arrhythmischer Puls geben Hinweise auf das Vorliegen eines niedrigen Blutdrucks.

Eine Hypotonie ist die Folge eines verminderten Herzminutenvolumens, eines erniedrigten zirkulierenden Blutvolumens, eines schlechten Gefäßtonus oder einer Kombination dieser Erscheinungen (LITTMAN und DROBATZ, 1995).

2.8.3.1. Hypotonie infolge von Erkrankungen

Da die Ursachen sehr vielfältig sein können, sollen hier nur einige beispielhaft genannt werden:

Herz- oder Perikarderkrankungen, wie Herzbeuteltamponade, extreme konzentrische linksventrikuläre Hypertrophie, dilatative Kardiomyopathie, hochgradige Mitralinsuffizienz, schwere Subaortenstenose oder Aorteninsuffizienz und dynamische Einengung des linksventrikulären Ausflußtraktes führen ebenso zu einem verminderten Herzminutenvolumen wie eine Arrhythmie: z.B. bei Vorhofflimmern, paroxysmalen ventrikulären Tachykardien, Sick Sinus Syndrom, Sinus- oder AV-Block.

Eine verminderte Vorlast des Herzens durch Pneumothorax, Stau des venösen Rückflusses bei Magendilatationen, schwerem Herzwurmbefall, Thrombosen oder komprimierenden Tumoren verursacht ebenfalls eine Hypotonie durch ein vermindertes Herzauswurfsvolumen.

Eine Hypotonie kann auch infolge Vasodilatation durch Endotoxine und Anaphylaxine auftreten.

Schwere Flüssigkeitsverluste, wie Blutungen nach außen oder in Körperhöhlen, schwere Durchfälle oder Erbrechen, starke Diuresen und verminderte Flüssigkeitsaufnahme reduzieren das zirkulierende Blutvolumen und senken dadurch den Blutdruck (LITTMAN und DROBATZ, 1995).

Auch beim Hypoadrenokortizismus treten regelmäßig Hypotonien auf (LITTMAN und DROBATZ, 1995; BODEY und MICHELL, 1996).

2.8.3.2. Hypotonie verursacht durch Medikamente

SCHMIDT-OECHTERING und TRAUTVETTER (1987) weisen auf einen Blutdruckabfall durch alle Anästhetika mit Ausnahme des Ketamins hin. Weiterhin können vasodilatierende Medikamente, wie ACE-Hemmer, Kalzium-Kanal-Blocker, Nitroglyzerin, Nitroprussid, Hydralazin und α - und β -Blocker einen Blutdruckabfall auslösen (LITTMAN und DROBATZ, 1995).

3. Material und Methoden

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, zwei für die Veterinärmedizin konzipierte oszillometrische Blutdruckmeßgeräte, den *DinamapTM Veterinär Monitor* und das *SDI Vet/BPTM 6000*, mit der direkten (blutigen) Blutdruckmessung mittels *Minimon 7132 B* am Hund zu vergleichen. Um Praxisbedingungen gerecht zu werden, wurde der Vergleich an zwei inhomogenen Gruppen (unterschiedliches Alter, breite Gewichtsspanne, verschiedene Rassen, beiderlei Geschlecht) unsedierter Patientenhunde durchgeführt.

3.1. Probanden

Zur Untersuchung kamen Hunde, bei denen aufgrund der Anamnese sowie klinischer, labordiagnostischer und/oder physikalischer Untersuchungen durch die Tierärztinnen und Tierärzte der Medizinischen und Gerichtlichen Veterinärklinik I (MVK I) der Verdacht auf eine Blutdruckveränderung bestand.

3.1.1. Hunde der *DinamapTM Veterinär Monitor* Vergleichsstudie

Die Namen der Hunde, die Rasse, die Art der Erkrankung, das Geschlecht sowie Alter (in Jahren) und Körpergewicht (in kg KM) sind in der Tabelle 4 aufgeführt.

Tabelle 4: Probanden für die Messung mit dem *Dinamap™ Veterinär Monitor*

Name	Rasse	Erkrankung	Geschlecht	Alter (J)	Gewicht (kg KM)
Polly	WHWT	PS	w	4,5	7,5
Monja	WHWT	PS + TI	w	0,5	8,0
Schweinchen	Mischling	NI	m	5,0	11,0
Inka	Boxer	NI	w	2,0	16,0
Elsa	Husky	NI	w	12,0	17,0
Ulli	Airdale Terrier	DCM + MI	w	1,5	17,0
Arko	Hovawart	NI	m	0,5	17,0
Max	Mittelschnauzer	DCM	m	1,0	17,5
Duke	Bullterrier	MD + TD	m	1,0	18,0
Marko	Beagle	MI	m	7,0	19,0
Taiga	Husky	Morbus Addison	w	1,5	20,0
Rex	Mischling	DCM	m	0,5	20,0
Samson	Mischling	Tumor + Schock	m	8,0	21,0
Huutsch	Engl. Spring. Sp.	DCM	m	1,5	22,0
Annegret	Airdale Terrier	VSD	wk	7,5	23,0
Sheila	Mischling	NI + Anämie	wk	11,0	23,0
Cleo	Irish Setter	NI	w	9,0	26,0
Lisa	Bouvier	DCM	w	2,0	27,0
Cent	Dt. Drahthaar	DCM	m	14,0	29,0
Groll	Dt. Drahthaar	PS	m	1,0	29,0
Bora	DSH	Perikarderguß	w	10,0	32,0
Babsi	Mischling	DM	w	9,0	35,0
Chucky	Am. Can. SH	Leistungsschwäche	mk	3,5	38,0
<u>Summe:</u> 23 Hunde	18 Rassehunde aus 14 Rassen 5 Mischlingshunde	14 verschiedene Erkrankungen	10 w / 2 wk 10 m / 1 mk	≅ = 4,9 0,5 - 14	≅ = 21,4 7,5 - 38,0

Erläuterung der Abkürzungen

Am. Can. SH = Amerikanisch-Canadischer Schäferhund

DSH = Deutscher Schäferhund

Dt. Drahthaar = Deutsch Drahthaar

DCM = Dilatative Kardiomyopathie

DM = Diabetes mellitus

MD = Mitraldysplasie

MI = Mitralinsuffizienz

NI = Niereninsuffizienz

Engl. Spring. Sp. = Englischer Springer Spaniel

WHWT = West Highland White Terrier

PS = Pulmonalstenose

TD = Trikuspidaldysplasie

TI = Trikuspidalinsuffizienz

VSD = Ventrikel Septum Defekt

m = männlich mk = männlich kastriert w = weiblich wk = weiblich kastriert ≅ = arithmetisches Mittel

Wie aus der Tabelle 4 hervorgeht, wurden zur Vergleichsuntersuchung des *Dinamap™ Veterinär Monitors* die Blutdruckwerte von 23 Hunden herangezogen. Von diesen gehörten 18 Hunde 14 verschiedenen Rassen an, 5 waren Mischlingshunde. Sie litten an 14 verschiedenen Erkrankungen. Je 10 Tiere waren weiblich bzw. männlich, zwei waren weiblich kastriert und ein Tier war männlich kastriert. Die Hunde wiesen ein Alter zwischen 6 Monaten und 14 Jahren auf, mit einem Mittelwert von 4,9 Jahren. Das Gewicht der Tiere betrug 7,5 - 38,0 kg KM mit einem Mittelwert von 21,4 kg KM.

3.1.2. Hunde der *SDI Vet/BP™ 6000* Vergleichsstudie

Die Namen der Hunde, die Rasse, die Art der Erkrankung, das Geschlecht sowie Alter (in Jahren) und Körpergewicht (in kg KM) sind in der Tabelle 5 aufgeführt.

Tabelle 5: Probanden für die Messung mit dem *SDI Vet/BP™ 6000*

Name	Rasse	Erkrankung	Geschlecht	Alter (J)	Gewicht (kg KM)
Fino	Appenzeller	PS	m	0,5	9,5
Poldi	Beagle	MI	m	8,0	12,0
Brandy	Mischling	DM	mk	11,5	12,7
Aika	DSH	PDA	w	0,5	15,0
Marko	Beagle	MI	m	9,0	16,0
Fame	Austr. Shephard	hgr. PS.	W	1,5	17,0
Krapitosch	Mischling	Perikard Zubildung	m	7,0	17,0
Emil	Beagle	MI + DCM	m	8,0	18,5
Ronja	Airdale	PS	w	1,5	21,0
Fritz	Beagle	MI	m	8,0	22,0
Lissy	Boxer	hgr.SAS	w	1,0	23,0
Paco	Mischling	NI	m	7,0	24,0
Leo	Dalmatiner	Leistungsschwäche	m	2,0	25,0
Cyra	Dt. Drahthaar	NI	w	7,0	27,0
Eika	Golden Retriever	NI, ggr. SAS	w	3,0	28,0
Till	Mischling	NI	m	8,0	28,0
Assi	DSH	Retina-Ablösung	wk	6,0	29,0
Diana	DSH	NI	wk	9,0	30,0
Maxl	BSH	NI + Anämie	m	6,0	30,0
Goliath	Golden Retriever	NI	mk	1,0	32,0
Nock	Dt. Kurzhaar	NI	m	7,0	32,0
Tanja	Mischling	DM	w	10,0	47,0
Felix	Mischling	ZNS-Störung	m	9,0	50,0
Raika	Barsoi	Hypothyreose	wk	8,0	53,0
Cäsar	Neufundländer	NI	m	9,0	60,0
Summe: 25 Hunde	19 Rassehunde aus 14 Rassen 6 Mischlingshunde	14 verschiedene Erkrankungen	7 w / 3 wk 13 m / 2 mk	≅ = 5,9 0,5 - 11,5	≅ = 27,1 9,5 - 60,0

Erläuterungen der Abkürzungen

Austr. Shephard = Australian Shephard
 BSH = Berner Sennenhund
 DSH = Deutscher Schäferhund

Dt. Drahthaar = Deutsch Drahthaar
 Dt. Kurzhaar = Deutsch Kurzhaar

DCM = Dilatative Kardiomyopathie
 DM = Diabetes mellitus
 MI = Mitralinsuffizienz
 NI = Niereninsuffizienz

PDA = Ductus arteriosus persistens
 PS = Pulmonalstenose
 SAS = Subaortenstenose
 ZNS = zentrales Nervensystems

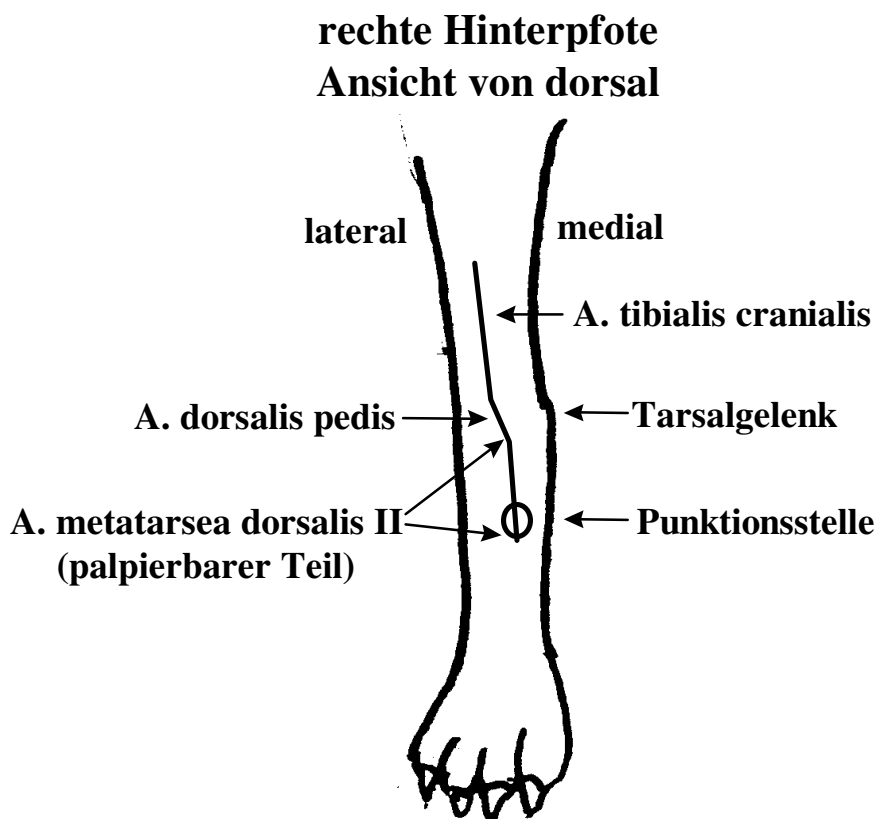
m = männlich mk = männlich kastriert w = weiblich wk = weiblich kastriert ≅ = arithmetisches Mittel

Die Tabelle 5 verdeutlicht, daß für die Vergleichsuntersuchung des *SDI Vet/BP™ 6000 25* Hunde untersucht wurden. Von dieser Gruppe entstammten 19 Hunde 14 verschiedenen Rassen und 6 waren Mischlingshunde. Sie litten an 14 verschiedenen Erkrankungen. 13 Tiere waren männlich, 7 weiblich, 3 weiblich kastriert und 2 männlich kastriert. Das Alter betrug 6 Monate bis 11,5 Jahre, mit einem Mittelwert von 5,9 Jahren. Das Gewicht lag zwischen 9,5 und 60,0 kg KM mit einem Mittelwert von 27,1 kg KM.

3.2. Direkte Blutdruckmessung

Die direkte Blutdruckmessung erfolgte mit dem *Minimon 7132 B*. Dazu wurde die *A. metatarsa dors. II* per Seldingertechnik (SELDINGER, 1953) mit dem Katheter *Leader cath* in der Größe 20 G (Länge: 8 cm; Innendurchmesser: 0,6 mm; Außendurchmesser: 0,9 mm) ohne Anästhesie katheterisiert. Die Katheterspitze und somit die Meßstelle lag je nach Größe des Hundes in der *A. dorsalis pedis* (*A. dors. pedis*) oder in der *A. tibialis cran.*.

Abbildung 6: Skizze der Punktionsstelle und Gefäße zur direkten Blutdruckmessung



Die Verbindung zum Druckwandler *Novatrans II/MX860* wurde über das Druckmeßset *Nova II* hergestellt (Frequenzübertragungsbereich: ≈ 23 -24 Hz; Dämpfung β : $\approx 0,25$).

Vor der Blutdruckmessung wurde das Druckmeßset luftblasenfrei mit einer heparinisierten 0,9%igen NaCl-Lösung (10 I.E. Heparin / ml = 1,0 ml *Liquemin*® N 25.000 / 500 ml NaCl-Lösung) gefüllt. Der Katheter wurde mit dieser Lösung kontinuierlich gespült (ca. 2,0-4,0

ml/h), um die Bildung von Blutgerinnseln an der Katheterspitze zu verhindern. Dazu wurde eine Kunststoff-Infusionsflasche (500 ml) mit Hilfe der Druckinfusionsmanschette *Clear-Cuff* unter einen Druck von 300 mm Hg gesetzt und mit dem Druckmeßset verbunden.

Der Druckwandler wurde über das Verbindungskabel *Novacable* mit dem Blutdruckmonitor *Minimon 7132 B* verbunden. Das *Minimon 7132 B* zeigt auf seinem Monitor EKG, Blutdruckkurve, Herzfrequenz sowie systolischen und diastolischen Blutdruck an. Systolischer, diastolischer und mittlerer Druck werden aber nicht gleichzeitig angezeigt. Mit einer Taste kann man von der Anzeige des systolischen und diastolischen Blutdruckes auf den mittleren Blutdruck (mittels Kurvenintegral ermittelt) umschalten. Die angezeigten Werte stellen den Mittelwert der letzten 8 Druckkurven dar.

Der Blutdruckmonitor besitzt eine Eichfunktion, mittels derer das Gerät vor jeder Blutdruckmessung geeicht wurde. Die Eichung wurde in 4-wöchigem Abstand mit einem amtlich geeichten Manometer überprüft. Eine neue Kalibrierung war während des gesamten Untersuchungszeitraums von November 1995 bis April 1997 nicht notwendig.

Der Druckwandler wurde mit dem darüberliegenden Dreiwegehahn im Druckmeßset auf Herzhöhe fixiert. Der Dreiwegehahn wurde auf die Umgebungsluft umgestellt, um das *Minimon* mit seinem Nullpunkt auf den atmosphärischen Druck abzugleichen.

Nach Beendigung der Messung wurden der Katheter gezogen und die Punktionsstelle für mindestens 5 Minuten manuell komprimiert.

3.3. Oszillometrisch-indirekte Blutdruckmessung

Zur indirekten Blutdruckmessung kamen der *Dinamap™ Veterinär Monitor* und das *SDI Vet/BP™ 6000* zum Einsatz.

3.3.1. *Dinamap™ Veterinär Monitor*

Der *Dinamap™ Veterinär Monitor* ist ein auf veterinärmedizinische Bedürfnisse abgestimmter tragbarer *Dinamap™ 8100 Portable* Blutdruckmonitor. Das Gerät ist ein mikroprozessor-gesteuertes oszillometrisch messendes Blutdruckmeßgerät, das automatisch den systolischen, den mittleren und den diastolischen arteriellen Druck sowie die Pulsfrequenz bei Tieren mißt und die Meßergebnisse auf vier Digitalanzeigen darstellt. Die einzelnen Messungen sind manuell oder automatisch (Meßintervalle 1-90 Minuten) zu starten. Bis zu 100 Messungen werden zur Anzeige auf Abruf gespeichert.

Der *Dinamap™ Veterinär Monitor* löst Alarm aus, wenn gewählte oder vorprogrammierte Alarmgrenzen über- oder unterschritten werden. Das Gerät kann mit einem Akku

netzunabhängig betrieben werden. Außerdem besteht die Möglichkeit zur Datenübertragung auf einen Computer.

Als Zubehör stehen zwei Druckschläuche und 11 verschiedene Blutdruckmanschetten mit einer Breite von 2,5 cm bis 19,4 cm sowie auf Wunsch ein Drucker zur Verfügung.

Der *Dinamap™ Veterinär Monitor* besitzt einen Selbsttest mit Eichfunktion, mit der sich das Gerät nach dem Einschalten selbst eicht. Die Eichung wurde in 4-wöchigem Abstand mit einem amtlich geeichten Manometer überprüft. Eine neue Kalibrierung war während des gesamten Untersuchungszeitraums von November 1995 bis September 1996 nicht notwendig.

3.3.1.1. Meßtechnik

Der *Dinamap™ Veterinär Monitor* startet nach dem Einschalten immer mit einem Selbsttest. Zur Messung wird die Manschette zuerst auf 150 ± 15 mm Hg aufgepumpt. Sobald das Gerät zwei Pulsationen mit relativ gleicher Amplitude erkennt, verringert es den Manschettendruck um eine Stufe (ca. 8 mm Hg). Die Suche nach paarweisen Pulsationen dient der Unterdrückung von Bewegungsartefakten und fördert die Genauigkeit. Der Druck wird auch abgelassen, wenn das Gerät innerhalb von 1,6 s keine Pulsation findet.

Wenn der *Dinamap™ Veterinär Monitor* erkennt, daß der systolische Druck über dem ersten Aufpumpdruck liegt, pumpt er die Manschette weiter auf und beginnt erneut mit dem Druckablaß. Der Druckablaß wird solange fortgeführt, bis der diastolische Druck erkannt wird oder der Gesamtmanschettendruck unter 7 mm Hg fällt. Der aktuelle Manschettendruck wird auf einer Digitalanzeige angezeigt. Bei der nächsten Messung orientiert sich das Gerät für seinen ersten Aufpumpdruck am systolischen Druck der vorherigen Messung. Ist die Druckdifferenz zwischen Systole und Diastole zu gering, kann das Gerät nur den mittleren Blutdruck ausreichend genau bestimmen und zeigt dann auch nur diesen an.

Der maximale Aufpumpdruck liegt bei 300 ± 40 mm Hg, der maximal meßbare systolische Druck bei 245 mm Hg und die maximale Meßzeit bei 200 Sekunden. Die Systole definiert der *Dinamap™ Veterinär Monitor* als den Druck, bei dem die Oszillationen sich das erste Mal vergrößert haben. Der mittlere arterielle Druck entspricht den maximalen Oszillationen, der diastolische den ersten kleinsten Oszillationen.

3.3.2. SDI Vet/BP™ 6000

Das *SDI Vet/BP™ 6000* ist ein ebenfalls auf veterinärmedizinische Bedürfnisse abgestimmter mikroprozessorgesteuerter oszillometrisch messender Blutdruckmonitor, der automatisch den systolischen, mittleren und diastolischen arteriellen Druck sowie die Pulsfrequenz bei Tieren mißt und auf vier Digitalanzeigen darstellt.

Auch hier können die einzelnen Messungen manuell oder automatisch (Meßintervalle 1 - 60 min.) gestartet, automatisch gespeichert und auf Abruf angezeigt werden. Auch Alarmfunktion, Akku und die Möglichkeit der Datenübertragung auf einen Computer sind vorhanden.

Als Zubehör stehen ein Druckschlauch, 6 verschiedene Manschetten mit einer Breite von 2,5 cm bis 14 cm und auf Wunsch ein Drucker zur Verfügung.

Das *SDI Vet/BP™ 6000* besitzt ebenfalls einen Selbsttest mit Eichfunktion, mit der sich das Gerät nach dem Einschalten selbst eicht. Die Eichung wurde gleichfalls in 4-wöchigem Abstand mit einem amtlich geeichten Manometer überprüft. Eine neue Kalibrierung war während des gesamten Untersuchungszeitraums von Juli 1996 bis April 1997 nicht notwendig.

3.3.2.1. Meßtechnik

Das *SDI Vet/BP™ 6000* startet nach dem Einschalten ebenfalls mit einem Selbsttest. Es besitzt zwei Einstellungen für den ersten Aufpumpdruck, wobei es im Standardmodus die Manschette zuerst auf 155 mm Hg aufpumpt. Im Low Inflate Modus wird die Manschette auf 75 mm Hg aufgepumpt. Wenn das Gerät erkennt, daß der systolische Druck über dem ersten Aufpumpdruck liegt, pumpt es die Manschette weiter auf und beginnt erneut mit dem Druckablaß.

Auch beim *SDI Vet/BP™ 6000* wird der Druck schrittweise abgelassen, bis alle drei Drucke gemessen wurden oder der Manschettendruck unter 20 mm Hg gefallen ist. Der aktuelle Manschettendruck beim Druckablaß wird digital angezeigt. Bei der nächsten Messung pumpt das *SDI Vet/BP™ 6000* die Manschette um 30 mm Hg höher auf als der zuletzt gemessene systolische Druck.

Das Gerät besitzt eine Software zur Unterdrückung von Bewegungsartefakten.

Ist die Druckdifferenz zwischen Systole und Diastole zu gering, kann das *SDI Vet/BP™ 6000* nur den mittleren Blutdruck ausreichend genau bestimmen. Es zeigt dann nur den MAD an.

Der maximale Aufpumpdruck liegt bei 280 mm Hg, der maximal meßbare systolische Druck bei 255 mm Hg und die maximale Meßzeit liegt bei 150 s.

3.3.3. Blutdruckmanschetten und Meßstellen

Die Größe der jeweils verwendeten Blutdruckmanschetten ergab sich aus dem Umfang der Meßstellen, wobei die Manschettenbreite ca. 40-60% des Meßstellenumfangs betrug.

Der Umfang der Meßstellen, die resultierenden Manschettengrößen und ihre -breiten sind in der Tabelle 6 aufgeführt.

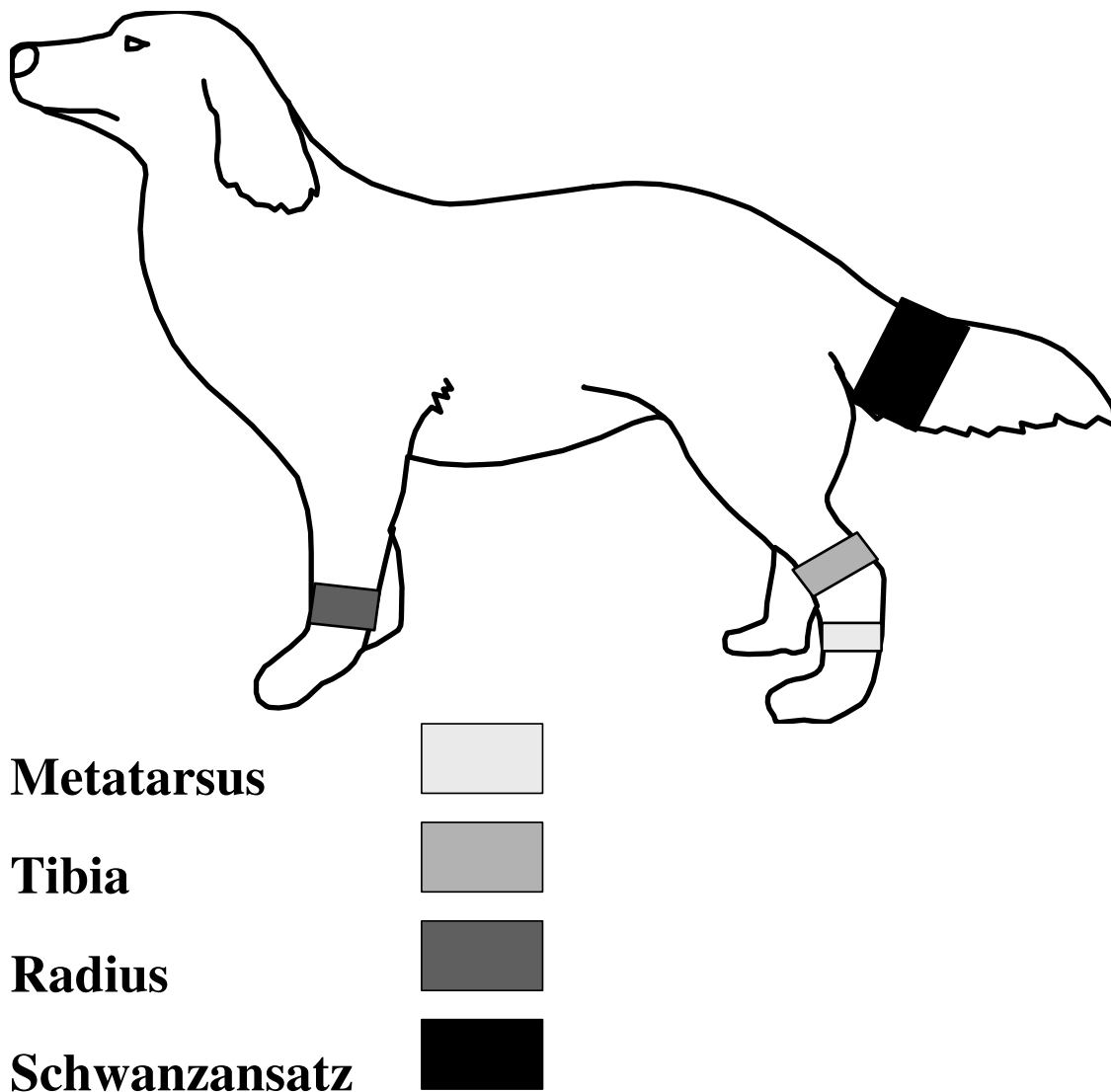
Tabelle 6: Umfang der Meßstellen, Manschettengröße und Manschettenbreite

Umfang der Meßstelle in cm	Manschettengrößen	Manschettenbreite in cm
5 - 7,5	2	3,0
7,6 - 10,0	3	4,0
10,1 - 12,0	4	4,8
12,1 - 13,5	5	5,4
13,6 - 20,0	<i>Child-CufTM</i> Standard	8,0

Nach dem Ausmessen des Meßstellenumfangs mittels Maßband kam, wenn zwei Manschettengrößen die Forderung von 40-60% des Meßstellenumfangs erfüllten, immer die schmalere Variante zum Einsatz. Zur besseren Vergleichbarkeit der beiden Geräte wurden nur die zum *DinamapTM Veterinär Monitor* gehörigen Manschetten benutzt. Es kamen ausschließlich *Disposa-CufTM* Neonatalsmanschetten in den Größen 2 - 5 und dreimal *Child-CufTM* Kindermanschetten in der Größe „Standard“ zum Einsatz.

Die Lage der Manschetten zur indirekten Blutdruckmessung (Meßstellen) ist in der Abbildung 7 dargestellt.

Abbildung 7: Lage der Manschetten zur indirekten Blutdruckmessung



Zur indirekten Blutdruckmessung wurden die Manschetten direkt distal des linken Tarsalgelenks im Bereich des *Metatarsus* (M), direkt proximal des linken Tarsalgelenks im Bereich der *Tibia* (T), direkt proximal des linken Karpalgelenks im Bereich des *Radius* (R) und am Schwanzansatz (S) angelegt. Im weiteren werden der Einfachheit halber die Meßorte als Messung am *Metatarsus*, an der *Tibia*, am *Radius* und am Schwanz bezeichnet.

Die Manschetten haben eine Arterienmarkierung, die über der Hauptarterie der Meßstelle liegen soll. Die Arterienmarkierung wurde entsprechend über der *A. metatarsae dors. II*, *A. tibialis cran.*, *A. caudalis mediana* (*A. caudalis med.*) und der *A. radialis* plaziert. In der Regel wurden die Haare im Bereich der Meßstelle nicht gekürzt, nur bei sehr dichter

Behaarung war dies im Bereich der Hauptarterie mit wenigen Scherenschlägen erforderlich, wobei aber nicht geschoren wurde.

Der Umfang der Meßstellen und die benutzten Manschettengrößen sind für die einzelnen Probanden in den Tabellen 7 und 8 aufgeführt.

Tabelle 7: Umfang der Meßstelle und Manschettengröße bei Messung mit dem *Dinamap™ Veterinär Monitor*

Name	Umfang der Meßstelle in cm				Manschettengröße			
	M	T	S	R	M	T	S	R
Polly	7,0	7,1	6,5	8,1	2	2	2	3
Monja	6,4	7,0	5,5	7,8	2	2	2	3
Schweinchen	10,0	8,5	11,0	9,5	3	3	4	3
Inka	9,0	9,0	kupiert	10,3	3	3	kupiert	4
Elsa	9,5	9,5	9,5	11,6	3	3	3	4
Ulli	8,9	8,7	8,0	10,8	3	3	3	4
Arko	9,5	9,0	9,0	10,0	3	3	3	3
Max	9,0	8,8	kupiert	10,0	3	3	kupiert	3
Duke	10,5	10,0	8,4	11,6	4	3	3	4
Marko	9,9	9,8	9,6	11,4	3	3	3	4
Taiga	10,0	9,5	9,5	10,0	3	3	3	3
Rex	10,30	11,0	10,2	13,0	4	4	4	5
Samson	9,6	9,6	9,0	11,0	3	3	3	4
Huutsch	10,4	10,4	9,0	11,9	4	4	3	4
Annegret	9,6	10,5	9,5	10,3	3	4	3	4
Sheila	10,4	9,0	10,4	10,3	4	3	4	4
Cleo	10,2	10,5	10,2	13,0	4	4	4	5
Lisa	11,0	10,5	8,5	11,8	4	4	3	4
Cent	12,0	10,5	11,5	12,7	4	4	4	5
Groll	10,2	10,5	9,6	12,6	4	4	3	5
Bora	9,6	9,0	11,4	11,0	3	3	4	4
Babsi	11,5	10,5	13,0	12,5	4	4	5	5
Chucky	10,8	10,5	13,0	13,0	4	4	5	5

Erläuterung der Abkürzungen:

M = *Metatarsus*

T = *Tibia*

S = Schwanzansatz

R = *Radius*

Tabelle 8: Umfang der Meßstelle und Manschettengröße bei Messung mit dem
SDI Vet/BP™ 6000

Name	Umfang der Meßstelle in cm				Manschettengröße			
	M	T	S	R	M	T	S	R
Fino	9,4	9,0	7,0	11,0	3	3	2	4
Poldi	8,3	8,3	8,9	9,0	3	3	3	3
Brandy	7,8	7,6	6,5	8,3	3	3	2	3
Aika	9,8	9,5	9,5	11,2	3	3	3	4
Marko	9,5	9,5	9,5	11,0	3	3	3	4
Fame	9,5	8,0	kupiert	11,0	3	3	kupiert	4
Krapitosch	9,5	8,2	9,5	9,5	3	3	3	3
Emil	9,8	10,0	9,5	11,4	3	3	3	4
Ronja	9,5	9,5	10,5	10,5	3	3	4	4
Fritz	10,0	9,9	10,0	11,5	3	3	3	4
Lissy	9,7	9,4	kupiert	11,0	3	3	kupiert	4
Paco	10,5	9,8	11,5	11,5	4	3	4	4
Leo	10,0	8,9	9,0	11,0	3	3	3	4
Cyra	10,1	9,3	11,0	11,0	4	3	4	4
Eika	10,9	9,9	11,8	11,8	4	3	4	4
Till	10,6	10,0	12,0	12,0	4	3	4	4
Assi	11,0	10,3	11,7	11,8	4	4	4	4
Diana	12,0	11,0	12,9	13,0	4	4	5	5
Maxl	13,5	11,0	12,5	14,0	5	4	5	Child
Goliath	10,7	10,5	11,5	12,0	4	4	4	4
Nock	10,0	9,5	9,5	12,0	3	3	3	4
Tanja	13,5	13,0	13,0	13,2	5	5	5	5
Felix	12,0	13,0	13,5	13,7	4	5	5	5
Raika	9,5	10,0	11,8	11,8	3	3	4	4
Cäsar	12,8	15,0	12,8	15,0	5	Child	5	Child

Erläuterung der Abkürzungen:

M = *Metatarsus*

T = *Tibia*

S = Schwanzansatz

R = *Radius*

3.4. Durchführung der Blutdruckmessung

Die wachen und auch nicht sedierten Hunde wurden für die Blutdruckmessung mit möglichst wenig Zwang von einem oder zwei Helfern in rechter Seitenlage fixiert. Nach Katheterisierung der rechten *A. metatarsa dors. II*, Nullabgleich und Eichung des *Minimon 7132 B* wurde das *Nova II* Druckmeßset mit dem *Leader cath* verbunden.

Danach erfolgte das Anlegen der Blutdruckmanschette am linken *Metatarsus*. Das indirekte Blutdruckmeßgerät wurde angeschaltet, der Selbsttest abgewartet und eine Messung manuell gestartet. Bei ordnungsgemäßer Messung konnte mit der vergleichenden Messung begonnen werden, bei Problemen wurde die Manschette neu plaziert und der Vorgang wiederholt.

Da eine Messung beim *Dinamap™ Veterinär Monitor* bis zu 200 s und beim *SDI Vet/BP™ 6000* bis zu 150 s dauern kann, ist eine korrekt zeitgleiche Messung von direktem und indirektem Druck nicht möglich. Daher wurde folgende Registrierung der Daten gewählt: Die direkten Drucke wurden immer dann notiert, wenn der auf den indirekt messenden Geräten angegebene aktuelle Manschettendruck im Bereich des direkten Druckes lag. Falls das indirekt messende Gerät die Manschette nicht bis zum direkt gemessenen systolischen Druck aufgepumpt hat, wurde der direkte systolische Druck beim ersten Abfluß notiert. Beim diastolischen Druck wurde ähnlich verfahren, d.h. wenn das indirekt messende Gerät nicht bis zum direkt gemessenen diastolischen Druck abgelassen hat, wurde der direkte diastolische Druck am Ende der indirekten Messung notiert. Beim mittleren Blutdruck traten diese Probleme nicht auf.

Zwischen den Messungen wurde 30 s gewartet. Es wurden pro Patient und Meßstelle je 7 Messungen durchgeführt. Die indirekten Messungen wurden immer in der Reihenfolge *Metatarsus*, *Tibia*, Schwanz und *Radius* durchgeführt.

3.5. Statistische Auswertung

Alle Meßdaten wurden in einen IBM kompatiblen Pentium-Personalcomputer gespeichert und mit verschiedenen Statistikprogrammen (Microsoft® Excel® 7.0 und ein Programm zur Berechnung der Hauptkomponentengeraden, selbst programmiert durch die Arbeitsgruppe Biomathematik und Datenverarbeitung des Instituts für Veterinärphysiologie des Fachbereichs Veterinärmedizin der JLU Gießen) ausgewertet, die graphischen Abbildungen wurden ebenfalls mit Microsoft® Excel® 7.0 erstellt.

Von den jeweils 7 direkten und indirekten Meßwerten pro Patient und Meßstelle kam jeweils der Median (·) zur statistischen Auswertung. Die Mediane der direkten und indirekten Blutdruckmessung wurden dann für jedes Gerät anhand verschiedener statistischer Verfahren wie folgt verglichen:

Zuerst erfolgte die Berechnung der arithmetischen Mittelwerte (\bar{x}) und Standardabweichungen (s) von direktem und indirektem Blutdruck (dB, iB) sowie der Korrelationskoeffizienten (r) zwischen dB und iB aller Meßstellen, gebildet über alle Tiere für jedes Gerät. Danach wurde die statistische Signifikanz der Korrelationskoeffizienten mittels t-Test geprüft (Tabelle 193, Seite 540, in: Angewandte Statistik, SACHS, 1992). Ebenfalls wurden $\bar{x} = [\bar{x}(dB/iB)]$ und die Differenz (ΔB) von dB und iB der einzelnen Meßstellen eines Tieres und \bar{x} von $\Delta B = [\bar{x}(\Delta B)]$ für alle Tiere eines Geräts berechnet. Von $\bar{x}(\Delta B)$ werden auch die einfachen und zweifachen Standardabweichungen ($s, 2s$) sowie Minima (x_{\min}) und Maxima (x_{\max}) angegeben.

Anhand des zweiseitigen t-Tests für verbundene Stichproben (t-Test I) erfolgte die Überprüfung der durchschnittlichen Abweichung zwischen direktem und indirektem Blutdruck.

Mit einer Regressionsanalyse in Verbindung mit dem zugehörigen t-Test (t-Test II) wurde geprüft, ob mit Ansteigen des arithmetischen Mittelwertes von dB und iB die Differenz der beiden Drucke (ΔB) signifikant ansteigt oder nicht. Die Steigung der Regressionsgeraden und die Signifikanz wurden berechnet.

Die Berechnung der Hauptkomponentengeraden (HKG) für SAD, MAD und DAD an jeder Meßstelle und für jedes Gerät, unter Verwendung der direkten Messung als x-Wert, schloß sich an.

Zur Bestimmung der Abweichung des iB von der HKG wurden die direkt ermittelten Werte in die HKG-Gleichung eingesetzt und die Differenz (ΔHKG) zwischen den errechneten Soll- und den gemessenen Ist-Werten, deren Minima und Maxima sowie die ein- und zweifachen Standardabweichungen ermittelt.

Bei der Benennung von Signifikanzen werden folgende Bezeichnungen verwendet:

- $p \leq 0,001$: hoch signifikant
- $p \leq 0,01$: signifikant
- $p \leq 0,05$: schwach signifikant
- $p > 0,05$: nicht signifikant (n.s.)

Alle diese Werte sind tabellarisch wiedergegeben (siehe Tabelle 16 - 39).

Als Diagramme werden dargestellt:

- der direkte Blutdruck im Vergleich zum indirekten Blutdruck und die dazu gehörige Hauptkomponentengerade (siehe Abbildung 12 - 35).
- die Hauptkomponentengerade bezogen auf die direkten Drucke und die Differenz der indirekten Drucke (siehe Abbildung 60 - 83).

- die Mittelwerte von iB im Vergleich zum dB mit deren Differenzen und der zugehörigen Regressionsgeraden (siehe Abbildung 36 - 59).
- die Differenz von dB und iB zum Vergleich *Dinamap™ Veterinär Monitor* und *SDI Vet/BP™ 6000* (siehe Abbildung 9 und 10).
- die Differenz von HKG und iB zum Vergleich von *Dinamap™ Veterinär Monitor* und *SDI Vet/BP™ 6000* (siehe Abbildung 11).

3.6. Textverarbeitung und Grafiken

Die Textverarbeitung erfolgte mit dem Programm Microsoft Word für Windows®7.0, die Darstellung der Tabellen mit Microsoft Excel® 7.0 und die Darstellung der Abbildungen mit Microsoft Excel® 7.0 oder mit Microsoft PowerPoint® 7.0.

3.7. Materialien

3.7.1. Geräte

Minimon 7132 B	Fa. Kontron Instruments, 85386 Neufahrn
Novocable	Fa. Medex Medical, 40880 Ratingen
Novatrans	Fa. Medex Medical, 40880 Ratingen
Nova II	Fa. Medex Medical, 40880 Ratingen
Clear-Cuff	Fa. Medex Medical, 40880 Ratingen
Leader cath 20G	Fa. Vygon, 52070 Aachen
Dinamap™ Veterinär Monitor	Fa. Johnson & Johnson, 22844 Norderstedt
Dura-Cuf™	Fa. Johnson & Johnson, 22844 Norderstedt
SDI Vet/BP™ 6000	Fa. Sensor Devices Inc., Waukesha (USA)

3.7.2. Medikamente

NaCl Lsg. 0,9%	Fa. Serag-Wiesner, 95119 Naila
Liquemin® N 25.000	Fa. Hoffman-La Roche, 79639 Grenzach-Wyhlen

3.7.3. Computerprogramme

Microsoft Word für Windows® 7.0	Fa. Microsoft, 85716 Unterschleißheim
Microsoft Excel® 7.0	Fa. Microsoft, 85716 Unterschleißheim
Microsoft PowerPoint® 7.0	Fa. Microsoft, 85716 Unterschleißheim
Hauptkomponentengeraden Programm	AG Biomathematik und Datenverarbeitung der JLU, 35392 Gießen

4. Ergebnisse

Die indirekte Blutdruckmessung war mit beiden Geräten sehr einfach durchführbar und wurde von allen Hunden gut toleriert. Mit Ausnahme des Hundes „Fame“ war bei allen Tieren der indirekte Blutdruck an allen Meßstellen meßbar. Bei „Fame“ konnte das *SDI Vet/BP™ 6000* am Radius keinen Puls finden und somit auch keinen Blutdruck messen. Es mußte allerdings bei einigen Hunden und Meßstellen die Manschette mehrmals ausgerichtet werden, bis die Geräte einen Puls detektieren konnten, wobei das *SDI Vet/BP™ 6000* diesbezüglich problembehafteter war als der *Dinamap™ Veterinär Monitor*.

4.1. Mittelwerte, Minima und Maxima der Mediane von 7 Meßwerten

In der Tabelle 9 sind die arithmetischen Mittelwerte (\cong), Minima (x_{\min}) und Maxima (x_{\max}) aller Mediane (\therefore) für jede Meßstelle aufgeführt. Hierbei sind die Werte für beide Geräte (*Dinamap™ Veterinär-Monitor* und *SDI Vet/BP™ 6000*) nach SAD, MAD und DAD sortiert dargestellt. Für jedes Gerät werden die Daten der einzelnen Meßorte getrennt aufgelistet und abschließend die arithmetischen Mittelwerte der jeweiligen Parameter (\cong , x_{\min} , x_{\max}) über alle Meßstellen für jedes Gerät angegeben.

Tabelle 9: Arithmetisches Mittel (\cong), Minima (x_{\min}) und Maxima (x_{\max}) der Mediane (.:) sämtlicher Blutdruckwerte aller Hunde bei der Untersuchung mit dem *Dinamap™ Veterinär Monitor* und dem *SDI Vet/BP™ 6000*.

\cong, x_{\min} und x_{\max} -Werte der Mediane (.:)									
	SAD			MAD			DAD		
<i>Dinamap™</i>	\cong	x_{\min}	x_{\max}	\cong	x_{\min}	x_{\max}	\cong	x_{\min}	x_{\max}
dB (M)	181,39	96,00	281,00	102,87	73,00	145,00	79,00	54,00	110,00
iB (M)	132,04	79,00	203,00	91,35	49,00	159,00	73,30	40,00	143,00
dB (T)	180,91	95,00	286,00	102,39	70,00	139,00	79,00	54,00	106,00
iB (T)	149,17	91,00	209,00	108,09	71,00	157,00	91,74	58,00	136,00
dB (S)	179,71	94,00	251,00	102,29	73,00	139,00	78,90	56,00	107,00
iB (S)	131,19	90,00	171,00	96,48	65,00	134,00	78,10	49,00	111,00
dB (R)	183,13	96,00	296,00	102,91	71,00	137,00	78,83	58,00	102,00
iB (R)	141,74	95,00	191,00	106,48	64,00	151,00	89,78	55,00	134,00
dB (alle)	181,29	94,00	296,00	102,61	70,00	145,00	78,93	54,00	110,00
iB (alle)	138,54	79,00	209,00	100,60	49,00	159,00	83,23	40,00	143,00
<i>SDI™</i>	\cong	x_{\min}	x_{\max}	\cong	x_{\min}	x_{\max}	\cong	x_{\min}	x_{\max}
dB (M)	192,16	94,00	253,00	110,76	68,00	152,00	86,56	57,00	121,00
iB (M)	154,16	89,00	220,00	106,16	57,00	166,00	84,52	38,00	145,00
dB (T)	191,84	92,00	250,00	110,04	69,00	152,00	86,16	56,00	122,00
iB (T)	158,96	102,00	220,00	110,56	77,00	165,00	90,88	54,00	145,00
dB (S)	193,70	90,00	253,00	111,61	67,00	154,00	87,57	55,00	123,00
iB (S)	145,22	88,00	207,00	107,17	65,00	161,00	89,39	48,00	141,00
dB (R)	192,42	93,00	259,00	110,29	67,00	156,00	87,21	55,00	123,00
iB (R)	157,50	102,00	212,00	114,96	77,00	161,00	95,71	57,00	141,00
dB (alle)	192,53	90,00	259,00	110,68	67,00	156,00	86,87	55,00	123,00
iB (alle)	153,96	88,00	220,00	109,71	57,00	166,00	90,12	38,00	145,00

Erläuterungen der Abkürzungen:

\cong = arithmetischer Mittelwert

.: = Median

x_{\min} = Minimum

x_{\max} = Maximum

dB = direkter Blutdruck

iB = indirekter Blutdruck

M = *Metatarsus*

T = *Tibia*

S = Schwanzansatz

R = *Radius*

SAD = systolischer arterieller Druck

MAD = mittlerer arterieller Druck

DAD = diastolischer arterieller Druck

Die Mediane sämtlicher Blutdruckwerte aller Hunde ergaben bei der Untersuchung mit dem *Dinamap™ Veterinär Monitor* für den direkten Blutdruck im Mittel einen Wert von 181,29 / 102,61 / 78,93 mm Hg (SAD / MAD / DAD) mit einem Minimum von 94 / 70 / 54 mm Hg und einem Maximum von 296 / 145 / 110 mm Hg. Die Werte für die indirekte Messung beliefen sich im Mittel auf 138,54 / 100,60 / 83,23 mm Hg mit einem Minimum von 79 / 49 / 40 mm Hg und einem Maximum von 209 / 159 / 143 mm Hg.

Für das *SDI Vet/BP™ 6000* lagen die Werte für den direkten Blutdruck im Mittel bei 192,53 / 110,68 / 86,87 mm Hg mit einem Minimum von 90 / 67 / 55 mm Hg und einem Maximum von 259 / 156 / 123 mm Hg. Beim indirekten Blutdruck betrug das arithmetische Mittel 153,96 / 109,71 / 90,12 mm Hg mit einem Minimum von 88 / 57 / 38 mm Hg und einem Maximum von 220 / 166 / 145 mm Hg.

Die kompletten Ergebnisse und ihre statistische für die Vergleichsmessung eines Druckes (SAD, MAD oder DAD) an einer Meßstelle und für ein Gerät sind in den Tabellen 16 bis 39 im Anhang zusammengefaßt.

4.2. Korrelation von direkter und oszillometrischer Blutdruckmessung

Die Korrelationskoeffizienten (r) sind für beide Geräte, alle drei Drucke und jede Meßstelle in der Tabelle 10 zusammengefaßt dargestellt.

Tabelle 10: Korrelationskoeffizienten (r) der Mediane (dB/iB)

Meßstellen	<i>Dinamap™ Veterinär Monitor</i>			<i>SDI Vet/BP™ 6000</i>		
	SAD	MAD	DAD	SAD	MAD	DAD
M	0,832	0,824	0,663	0,877	0,918	0,888
T	0,828	0,834	0,730	0,898	0,917	0,894
S	0,905	0,951	0,775	0,833	0,955	0,947
R	0,768	0,872	0,832	0,764	0,881	0,947

Erläuterung der Abkürzungen:

M = *Metatarsus*

T = *Tibia*

S = Schwanzansatz

R = *Radius*

SAD = systolischer arterieller Druck

MAD = mittlerer arterieller Druck

DAD = diastolischer arterieller Druck

Der Korrelationskoeffizient der Mediane (dB/iB) lag bei 8 von 12 Vergleichsmessungen mit dem *Dinamap™ Veterinär Monitor* und bei 11 von 12 Vergleichsmessungen mit dem *SDI Vet/BP™ 6000* über 0,800.

Bei der Untersuchung des *Dinamap™ Veterinär Monitors* belief sich der Korrelationskoeffizient bei der indirekten Messung am *Radius* auf 0,768 für den SAD. Bei der Vergleichsmessung des diastolischen Drucks lag nur der Korrelationskoeffizient für die Messung am *Radius* über 0,800. Für die Messung an der *Tibia* betrug er 0,730 und für die Messung am Schwanz 0,775. Nur bei der Messung am *Metatarsus* lag der Korrelationskoeffizient mit 0,663 deutlich unter 0,800. Bei allen anderen Messungen war er größer als 0,800.

Bei der Vergleichsuntersuchung des *SDI Vet/BP™ 6000* lag nur der Korrelationskoeffizient für die indirekte Messung des SAD am *Radius* mit 0,764 unerheblich unter dem Wert von 0,800.

Die Korrelation des indirekten Blutdrucks mit dem direkten Blutdruck war bei beiden Geräten an allen Meßstellen hochsignifikant (Tabelle 193, Seite 540, in: Angewandte Statistik, SACHS, 1992).

Die Streudiagramme mit eingezeichneter Winkelhalbierenden und Hauptkomponentengeraden sind im Anhang in den Abbildungen 12 bis 35 dargestellt.

4.3. Zweiseitiger t-Test für verbundene Stichproben zur Überprüfung der Differenz von dB und iB (t-Test I)

Mit dem zweiseitigen t-Test für verbundene Stichproben (t-Test I) wurde überprüft, ob sich der direkt gemessene Blutdruck und der indirekt mit den Geräten *Dinamap™ Veterinär Monitor* und *SDI Vet/BP™ 6000* gemessene Blutdruck im Durchschnitt unterscheiden.

Die einzelnen Signifikanzen sind nachfolgend in der Tabelle 11 aufgeführt.

Tabelle 11: Zweiseitiger t-Test für verbundene Stichproben (t-Test I) zur Überprüfung der Meßergebnisse von den Geräten *Dinamap™ Veterinär Monitor* und *SDI Vet/BP™ 6000*.

Blutdruckarten (Meßstellen)	<i>Dinamap™ Veterinär Monitor</i>	<i>SDI Vet/BP™ 6000</i>
	Signifikanz	Signifikanz
SAD (M)	p < 0,001	p < 0,001
SAD (T)	p < 0,001	p < 0,001
SAD (S)	p < 0,001	p < 0,001
SAD (R)	p < 0,001	p < 0,001
MAD (M)	p < 0,01	n.s.
MAD (T)	p < 0,05	n.s.
MAD (S)	p < 0,001	p < 0,01
MAD (R)	n.s.	n.s.
DAD (M)	n.s.	n.s.
DAD (T)	p < 0,001	p < 0,05
DAD (S)	n.s.	n.s.
DAD (R)	p < 0,001	p < 0,001

Erläuterung der Abkürzungen:

p < 0,001 : hoch signifikant

p < 0,01 : signifikant

p < 0,05 : schwach signifikant

n.s. : nicht signifikant

M = *Metatarsus*

T = *Tibia*

S = Schwanzansatz

R = *Radius*

SAD = systolischer arterieller Druck

MAD = mittlerer arterieller Druck

DAD = diastolischer arterieller Druck

t = t-Wert

Bei der Untersuchung des *Dinamap™ Veterinär Monitors* gab es nur bei der indirekten Messung des mittleren Blutdruckes am *Radius* und des diastolischen Blutdruckes an *Metatarsus* und Schwanz keinen signifikanten Unterschied zum direkt gemessenen Blutdruck. Bei der Messung des MAD differierten direkter und indirekter Blutdruck am *Metatarsus* signifikant und an der *Tibia* schwachsignifikant. An allen anderen Meßstellen unterschieden sie sich hochsignifikant.

Bei der Überprüfung des *SDI Vet/BP™ 6000* differierten dB und iB bei allen Messungen des SAD und bei der Messung des DAD am *Radius* hochsignifikant. Bei der vergleichenden Untersuchung des MAD am Schwanz differierten dB und iB signifikant und bei der Messung des DAD an der *Tibia* schwachsignifikant. Bei den restlichen Meßstellen war keine signifikante Differenz zwischen den beiden Methoden zu ermitteln.

4.4. t-Test anhand der Prüfung des Regressionskoeffizienten von \cong (von dB und iB) und ΔB auf Abweichung vom Wert Null (t-Test II)

Mit dem t-Test zur Prüfung des Regressionskoeffizienten auf Abweichung vom Wert Null (t-Test II) wurde überprüft, ob mit dem Anwachsen des arithmetischen Mittelwertes (\cong) von dB und iB die Differenz der beiden Drucke (ΔB) signifikant ansteigt oder nicht, d.h. ob mit zunehmendem Blutdruck die Werte der indirekten Messung gleichmäßig mit den Werten der direkten Blutdruckmessung steigen (n.s.), oder ob sie stärker ($p \leq 0,05$ und Steigung der Regressionsgeraden negativ) oder schwächer ($p \leq 0,05$ und Steigung der Regressionsgeraden positiv) ansteigen.

Die Steigung der Regressionsgeraden und Signifikanz sind auf der nächsten Seite in der Tabelle 12 aufgelistet.

Tabelle 12: t-Test zur Prüfung des Regressionskoeffizienten Regressionskoeffizienten von \cong (von dB und iB) und ΔB auf Abweichung vom Wert Null (t-Test II) zur Überprüfung der Meßergebnisse von den Geräten *DinamapTM Veterinär Monitor* und *SDI Vet/BPTM 6000*.

Blutdruckarten (Meßstellen)	<i>DinamapTM Veterinär Monitor</i>		<i>SDI Vet/BPTM 6000</i>	
	Steigung	Signifikanz	Steigung	Signifikanz
SAD (M)	0,343	p < 0,05	0,002	n.s.
SAD (T)	0,420	p < 0,01	0,271	p < 0,01
SAD (S)	0,710	p < 0,001	0,357	p < 0,05
SAD (R)	0,752	p < 0,001	0,273	n.s.
MAD (M)	-0,459	p < 0,01	-0,305	p < 0,01
MAD (T)	-0,298	p < 0,05	-0,037	n.s.
MAD (S)	-0,050	n.s.	-0,095	n.s.
MAD (R)	-0,182	n.s.	-0,160	n.s.
DAD (M)	-0,654	p < 0,01	-0,419	p < 0,001
DAD (T)	-0,540	p < 0,01	-0,248	p < 0,05
DAD (S)	-0,243	n.s.	-0,180	p < 0,05
DAD (R)	-0,515	p < 0,001	-0,242	p < 0,01

Erläuterung der Abkürzungen:

M = *Metatarsus*

T = *Tibia*

S = Schwanzansatz

R = *Radius*

SAD = systolischer arterieller Druck

MAD = mittlerer arterieller Druck

DAD = diastolischer arterieller Druck

Mit dem *DinamapTM Veterinär Monitor* war beim SAD mit zunehmendem Blutdruck ein schwächeres Anwachsen des iB als des dB zu verzeichnen. Beim *SDI Vet/BPTM 6000* war dies auch an *Tibia* und Schwanz der Fall, aber schwächer ausgeprägt.

Der indirekt gemessene MAD stieg bei der Untersuchung des *DinamapTM Veterinär Monitors* an *Metatarsus* und *Tibia* und bei der *SDI Vet/BPTM 6000*-Studie am *Metatarsus* etwas stärker an als der direkt gemessene.

Bei der Vergleichsmessung des DAD nahm der iB bei der Messung mit dem *DinamapTM Veterinär Monitor* an *Metatarsus*, *Tibia* und *Radius* stärker zu als der dB. Bei der Messung mit dem *SDI Vet/BPTM 6000* war dies an allen Stellen der Fall, jedoch weniger ausgeprägt als beim *DinamapTM Veterinär Monitor*.

Bei den restlichen Messungen war der Anstieg von dB und iB nahezu gleich.

Streudiagramme der Mittelwerte von iB und dB im Vergleich zur Differenz der beiden Drucke und die zugehörigen Regressionsgeraden sind im Anhang in den Abbildungen 36 bis 59 dargestellt.

4.5. Betrachtung der Differenz von direktem und indirektem Blutdruck

Betrachtet wurden das arithmetische Mittel, die Standardabweichung, sowie die Minima und Maxima der Differenz von direktem und indirektem Blutdruck. Dabei stellt der arithmetische Mittelwert von ΔB die mittlere Differenz der beiden Methoden dar.

Die einzelnen Werte sind nachfolgend in der Tabelle 13 aufgelistet.

Tabelle 13: Arithmetisches Mittel (\cong), Standardabweichung (s), Minimum (x_{\min}) und Maximum (x_{\max}) von ΔB zur Überprüfung der Meßergebnisse von den Geräten *Dinamap™ Veterinär Monitor* und *SDI Vet/BP™ 6000*.

Blutdruckarten (Meßstellen)	<i>Dinamap™ Veterinär Monitor</i>				<i>SDI Vet/BP™ 6000</i>			
	\cong	s	x_{\min}	x_{\max}	\cong	s	x_{\min}	x_{\max}
SAD (M)	49,35	27,81	2,00	131,00	38,00	18,51	-2,00	71,00
SAD (T)	31,74	27,72	3,00	98,00	32,88	16,83	0,00	62,00
SAD (S)	48,52	26,18	0,00	97,00	48,48	21,19	0,00	88,00
SAD (R)	41,39	33,64	1,00	138,00	34,92	24,52	0,00	78,00
MAD (M)	11,52	16,68	0,00	45,00	4,60	12,49	$\pm 1,00$	41,00
MAD (T)	-5,70	12,81	0,00	-45,00	-0,52	8,88	0,00	-20,00
MAD (S)	5,81	5,76	0,00	16,00	4,43	6,97	0,00	20,00
MAD (R)	-3,57	9,91	0,00	-24,00	-4,67	11,79	0,00	-46,00
DAD (M)	5,70	19,27	0,00	47,00	2,04	13,77	0,00	37,00
DAD (T)	-12,74	14,65	-1,00	-59,00	-4,72	10,58	0,00	-24,00
DAD (S)	0,81	10,85	0,00	-22,00	-1,83	7,48	0,00	-19,00
DAD (R)	-10,96	11,27	0,00	-34,00	-8,50	8,29	0,00	-19,00

Erläuterung der Abkürzungen:

M = *Metatarsus*

T = *Tibia*

S = Schwanzansatz

R = *Radius*

\cong = arithmetisches Mittel

x_{\min} = Minimum

x_{\max} = Maximum

s = Standardabweichung

SAD = systolischer arterieller Druck

MAD = mittlerer arterieller Druck

DAD = diastolischer arterieller Druck

Bei der Untersuchung mit dem *Dinamap™ Veterinär Monitor* betrug die geringste mittlere Differenz 0,81 mm Hg und die größte 49,35 mm Hg mit einem Minimum von Null mm Hg und einem Maximum von 138 mm Hg. Die geringste Standardabweichung belief sich auf 5,76 mm Hg und die höchste auf 33,64 mm Hg.

Die geringste mittlere Differenz beim Vergleich des *SDI Vet/BP™ 6000* mit der direkten Blutdruckmessung ergab einen Wert von 0,52 mm Hg, die größte einen Wert von 48,48 mm Hg mit einem Minimum von Null mm Hg und einem Maximum von 88 mm Hg. Die Werte der Standardabweichung reichen von 6,97 bis 24,52 mm Hg.

4.6. Hauptkomponentengerade

Die Hauptkomponentengeraden (HKG) wurden mit den Werten der direkten Messung als x für SAD, MAD und DAD an jeder Meßstelle und für jedes Gerät berechnet.

Die Gleichungen der Geraden sind in der Tabelle 14 zusammengefaßt.

Tabelle 14: Gleichungen der Hauptkomponentengeraden von direktem gemessenem Blutdruck und indirekt mit dem *Dinamap™ Veterinär Monitor* und dem *SDI Vet/BP™ 6000* gemessenem Blutdruck.

Blutdruckarten (Meßstellen)	<i>Dinamap™ Veterinär Monitor</i>	<i>SDI Vet/BP™ 6000</i>
SAD (M)	$y = 0,685 * x + 7,852$	$y = 0,998 * x - 37,574$
SAD (T)	$y = 0,627 * x + 35,661$	$y = 0,750 * x + 15,052$
SAD (S)	$y = 0,463 * x + 48,037$	$y = 0,674 * x + 14,643$
SAD (R)	$y = 0,417 * x + 65,406$	$y = 0,730 * x + 17,08$
MAD (M)	$y = 1,666 * x - 80,040$	$y = 1,377 * x - 46,375$
MAD (T)	$y = 1,388 * x - 34,037$	$y = 1,039 * x - 3,812$
MAD (S)	$y = 1,052 * x - 11,144$	$y = 1,102 * x - 15,860$
MAD (R)	$y = 1,215 * x - 18,606$	$y = 1,187 * x - 15,952$
DAD (M)	$y = 2,249 * x - 104,37$	$y = 1,567 * x - 51,105$
DAD (T)	$y = 1,894 * x - 57,881$	$y = 1,302 * x - 21,274$
DAD (S)	$y = 1,320 * x - 26,061$	$y = 1,204 * x - 16,050$
DAD (R)	$y = 1,771 * x - 49,844$	$y = 1,284 * x - 16,269$

Erläuterung der Abkürzungen:

M = *Metatarsus*

T = *Tibia*

S = Schwanzansatz

R = *Radius*

SAD = systolischer arterieller Druck

MAD = mittlerer arterieller Druck

DAD = diastolischer arterieller Druck

Die Hauptkomponentengeraden sind im Anhang in die Streudiagramme der Abbildungen 12 bis 35 eingezeichnet.

4.6.1. Betrachtung der Abweichung der indirekt gemessenen Blutdruckwerte von der Hauptkomponentengeraden

Um die Abweichung des iB von der HKG zu bestimmen, wurden die direkt ermittelten Werte in die HKG-Gleichung eingesetzt und die Differenz (Δ HKG) zwischen den errechneten Soll- und den gemessenen Ist-Werten, deren Minima und Maxima sowie ein- und zweifachen Standardabweichungen berechnet.

Die einzelnen Werte von einfacher und zweifacher Standardabweichung, Minimum und Maximum sind in der Tabelle 15 aufgeführt.

Tabelle 15: Einfache und zweifache Standardabweichung, Minimum und Maximum von Δ HKG zur Überprüfung der Meßergebnisse von den Geräten *Dinamap™ Veterinär Monitor* und *SDI Vet/BP™ 6000*.

Blutdruckarten (Meßstellen)	<i>Dinamap™ Veterinär Monitor</i>				<i>SDI Vet/BP™ 6000</i>			
	s	2s	x _{min}	x _{max}	s	2s	x _{min}	x _{max}
SAD (M)	20,27	40,54	2,01	50,24	18,49	36,99	0,07	-39,78
SAD (T)	18,40	36,79	-0,69	41,99	12,67	25,34	0,58	-23,93
SAD (S)	9,31	18,61	0,00	19,59	15,17	30,33	0,00	-32,02
SAD (R)	15,44	30,89	0,42	34,44	19,86	39,71	0,00	-54,73
MAD (M)	17,61	35,22	-0,43	37,56	11,85	23,71	0,64	31,59
MAD (T)	13,67	27,35	-0,62	-35,57	9,02	18,04	0,32	-19,25
MAD (S)	5,84	11,68	0,00	-14,25	6,99	13,99	0,00	-14,96
MAD (R)	10,37	20,74	0,06	22,10	12,28	24,56	0,00	-43,63
DAD (M)	24,69	49,38	0,02	60,03	13,17	26,34	0,94	-28,73
DAD (T)	17,22	34,44	-0,35	-48,05	10,75	21,51	0,04	19,67
DAD (S)	11,91	23,82	0,00	-24,69	7,23	14,46	0,00	-21,17
DAD (R)	11,60	23,21	-0,46	-22,92	7,58	15,17	0,00	19,42

Erläuterung der Abkürzungen:

M = *Metatarsus*

x_{min} = Minimum

SAD = systolischer arterieller Druck

T = *Tibia*

x_{max} = Maximum

MAD = mittlerer arterieller Druck

S = Schwanzansatz

s = Standardabweichung

DAD = diastolischer arterieller Druck

R = *Radius*

2s = zweifache Standardabweichung

Beim Vergleich des *Dinamap™ Veterinär Monitors* mit der direkten Blutdruckmessung betrug die geringste Standardabweichung von Δ HKG 5,84 mm Hg und die größte 24,69 mm Hg. Das Minimum von Δ HKG lag bei Null mm Hg und das Maximum bei 60,03 mm Hg.

Die *SDI Vet/BP™ 6000* Vergleichsstudie ergab als geringste Standardabweichung von Δ HKG 6,99 mm Hg und als größte 19,86 mm Hg. Das Minimum von Δ HKG belief sich auf Null mm Hg und das Maximum auf 54,73 mm Hg.

Die Werte von Δ HKG sind in den Abbildungen 60 bis 83 im Anhang eingezeichnet, wobei die Hauptkomponentengeraden als x-Achse und die Differenzen der indirekten Drucke auf der y-Achse dargestellt sind.

Im nächsten Abschnitt werden die hier dargestellten Ergebnisse diskutiert.

5. Diskussion

Die indirekte Messung des arteriellen Blutdrucks, in der Humanmedizin ein Routinediagnostikum, wird heute noch selten in der Kleintiermedizin eingesetzt, aber in den letzten Jahren immer häufiger gefordert (MICHELL, 1993; BODEY et al., 1994; GAINS et al., 1995; BODEY und MICHELL, 1996; MEURS et al., 1996; SANDER et al., 1996; SPRENG et al., 1996; BODEY, 1997).

Gründe für die seltene Durchführung der Blutdruckmessung bei Hund und Katze sind die mangelnde Genauigkeit vieler Methoden oder Geräte zur indirekten Blutdruckmessung und die Invasivität und Schwierigkeit der direkten Blutdruckmessung (HASSLER et al., 1979; SCHMIDT-OECHTERING und TRAUTVETTER, 1987; GAINS et al., 1995).

In dieser Arbeit wurde unter Praxisbedingungen die indirekte Blutdruckmessung an kranken Hunden mittels zweier, speziell für die Veterinärmedizin konzipierter, oszillometrischer Blutdruckmeßgeräte im Vergleich zur direkten Blutdruckmessung durchgeführt, um ihre praktische Anwendbarkeit zu beurteilen.

In den nächsten Kapiteln werden zunächst Patientenauswahl, Meßstellenauswahl und Auswahl der Druckwerte-Registrierung und -Berechnung diskutiert. Danach wird auf die Ergebnisse dieser Studie eingegangen.

5.1. Patientenauswahl

Die meisten Untersuchungen von mikroprozessorgesteuerten oszillometrisch messenden Blutdruckmeßgeräten wurden entweder an relativ homogenen Gruppen (Rasse, Größe und Gewicht) von Versuchshunden (BODEY et al., 1996) oder an sedierten bzw. narkotisierten Hunden (HAMLIN et al., 1982; ROBINSON et al., 1986; PETTERSEN et al., 1988; SCHRAGEL, 1989; HUNTER et al., 1990; KLEIST, 1991; BODEY et al., 1994; GAINS et al., 1995; MEURS et al., 1996) durchgeführt.

Durch Bewegungsartefakte unsedierter Tiere (SCHMIDTKE et al., 1977) und die Differenzen in der Anatomie der verschiedenen Hunderassen können diese Ergebnisse nur eingeschränkt auf die Blutdruckmessung am wachen Patienten übertragen werden. Deshalb wurde in dieser Studie die Blutdruckmessung an unsedierten Patienten durchgeführt. Bei allen Hunden bestand die Möglichkeit, daß Blutdruckveränderungen als Folge von Grunderkrankungen vorlagen. Beide Gruppen waren sehr inhomogen bezüglich Rasse, Alter, Größe und Gewicht. Die Probanden zeigten hypo-, normo- und hypertone Zustände. Während in anderen Untersuchungen diese Blutdruckveränderungen durch die Gabe von Medikamenten hervorgerufen wurden, traten sie hier als Folge der jeweiligen Grunderkrankung auf (HAMLIN et al., 1982; ROBINSON et al., 1986; PETTERSEN et al., 1988; HUNTER et al., 1990; SAWYER et al., 1991; GAINS et al., 1995).

5.2. Auswahl der Meßorte

5.2.1. Direkte Blutdruckmessung

Zur Katheterisierung einer peripheren Arterie bietet die *A. metatarsa dors. II* mehrere Vorteile:

Durch ihre oberflächliche Lage läßt sie sich beim Hund i.d.R. sehr gut palpieren und auch katheterisieren. Nur bei Hunden unter ca. 7,5 kg KM ist das Gefäß sehr klein und die Katheterisierung deshalb oft nicht möglich.

Da sich die *A. metatarsa dors. II* sehr gut manuell und gegebenenfalls auch mit einem Druckverband komprimieren läßt, ist die Nachblutungsgefahr, die eine häufige Komplikation bei der direkten Blutdruckmessung darstellt, sehr gering (MURRAY, 1981; TOLL, 1984).

Ein weiterer Vorteil dieser Meßstelle ist die gute Vergleichbarkeit zwischen direkter und indirekter Messung, da beide in der Peripherie durchgeführt werden und sich der Druck in peripheren Gefäßen deutlich von dem in zentralen unterscheiden kann (BAGSHAW, 1985; WETTERER et al., 1985; ECKERT und RANDALL, 1986; SPÖRRI, 1987; SCHRAGEL, 1989; BUSSE, 1995). SCHRAGEL (1989) stellte in seiner Untersuchung fest, daß der zentrale Druck eher dem indirekt mit dem *Dinamap™ 1846 SX Monitor* gemessenen Druck entspricht als der periphere. Voraussetzung hierzu ist, daß die Differenz zwischen zentralem und peripherem Druck bei allen Tieren und unter allen Bedingungen gleich ist. Dies ist aber nicht der Fall, da der Blutdruck in der Peripherie durch folgende Faktoren beeinflusst wird:

1. Erhöhung des Wellenwiderstandes in der Peripherie durch den Übergang von Gefäßen vom elastischen Typ zu Gefäßen vom muskulösen Typ,
2. Übergang von großen zu kleinen Gefäßlumina und
3. Superposition reflektierter Pulswellen auf ankommende Pulswellen (WETTERER et al., 1985; ECKERT und RANDALL, 1986).

All diese Faktoren werden ihrerseits durch den peripheren Widerstand, der sich der ständig wechselnden Kreislaufsituation anpaßt, beeinflusst, wodurch sich die Differenz zwischen zentralem und peripherem Druck immer wieder ändert (WESTERHOF et al., 1972). BAGSHAW et al. (1985) geben für den Hund einen im Durchschnitt um ca. 20-40 mm Hg höher liegenden SAD in der *A. tibialis cran.* gegenüber der *Aorta* an.

5.2.2. Oszillometrisch-indirekte Blutdruckmessung

Die indirekte Blutdruckmessung mittels Oszillometrie wurde je nach Untersucher an Oberschenkel (ROMAGNOLI, 1953), proximalem *Metatarsus* (HAMLIN et al., 1982; SCHRAGEL, 1989; HUNTER et al., 1990; SAWYER et al., 1991; KALLET et al., 1992 B; BODEY et al., 1994, 1996; MEURS et al., 1996), distalem Unterschenkel (SCHRAGEL, 1989; BODEY et al., 1994, 1996), Schwanz (PETTERSEN et al., 1988; BODEY et al., 1994, 1996), *Metakarpus* (BODEY et al., 1994, 1996) oder Unterarm (WERNER, 1972; SCHMIDTKE et al., 1977; WERNER et al., 1977 A; GEDDES et al., 1980; HAMLIN et al., 1982; SCHRAGEL, 1989; SAWYER et al., 1991; KLEIST, 1991; BODEY et al., 1994, 1996; GAINS et al., 1995) durchgeführt.

Die Messung am Oberschenkel ist abzulehnen, da durch seine konische Form der Halt der Manschette und ein gleichmäßiger Druck in ganzer Manschettenbreite auf die Arterie nur schwer zu gewährleisten ist. Der gleichmäßige Druck auf der gesamten Breite der Manschette ist wichtig, da sonst der Effekt einer zu schmalen Manschette auftritt und der gemessene Wert des Blutdrucks zu hoch wird (GLEN, 1970; VALTONEN und ERIKSSON, 1970; WERNER, 1972; GEDDES und TIVEY 1976; HILL und MACHIN, 1976; GEDDES und WHISTLER, 1978; KVART, 1979; LATSHAW et al., 1979; KIRKENDALL et al., 1980; HASKINS, 1992).

An allen anderen Meßstellen ist dieses Kriterium annähernd erfüllt, am Unterarm am besten direkt proximal des Karpalgelenks.

Im Bereich des *Metakarpus* ist das Anlegen der Blutdruckmanschette häufig nicht gut möglich und wird von den Hunden schlecht toleriert, deshalb wurden die oszillometrischen Messungen bei dieser Untersuchung an proximalem *Metatarsus*, distalem Unterschenkel, Schwanzansatz und distalem Unterarm durchgeführt.

5.3. Auswahl der Druckwerte-Registrierung und -Berechnung

Ein großes Problem beim Vergleich der direkten mit der oszillometrisch-indirekten Blutdruckmessung besteht darin, daß bei der direkten Blutdruckmessung die Bestimmung der Druckwerte anhand eines einzigen Herzzyklus (Beginn Systole bis Ende Diastole) möglich ist, während bei der indirekten Blutdruckmessung die Werte immer im Verlauf mehrerer Zyklen abgenommen werden. Die Folge können signifikant differierende Vergleichswerte sein, ohne daß ein meßtechnischer Fehler vorliegt (IRNICH, 1970; KITTLESON und OLIVIER, 1983; FRITSCH und HAUSMANN, 1988; KLEIST, 1991).

Der Blutdruckmonitor *Minimon 7132 B* (direkte Messung) bestimmt die angezeigten Drucke, in dem er die letzten 8 Pulszyklen mittelt. Da die oszillometrische Blutdruckmessung deutlich mehr als 8 Zyklen zur Messung benötigt und so eine zeitgleiche Messung nicht gewährleistet

werden konnte, wurde zur Fehlerminimierung die im Kapitel *Material und Methoden* unter dem Punkt 3.4. *Versuchsdurchführung* beschriebene Registrierungsart gewählt.

Viele Untersucher betonen auch die Notwendigkeit, mehrere Messungen zu mitteln, um Fehler zu minimieren (WERNER, 1972; WERNER et al., 1977 A; GEDDES et al., 1980; SCHRAGEL, 1989; HUNTER et al., 1990; BODEY et al., 1994, 1996; GAINS et al., 1995; MEURS et al., 1996; BODEY, 1997). In der vorliegenden Untersuchung wurden deshalb nicht Einzelwerte, sondern der Median von 7 Meßwerten zur Auswertung herangezogen. Der Median kam zur Anwendung, da bei der Messung z.T. deutliche Druckschwankungen auftraten und der Median im Gegensatz zum arithmetischen Mittelwert von Ausreißerwerten kaum beeinflußt wird.

5.4. Ergebnisse

Die oszillometrisch-indirekte Messung und die direkte Blutdruckmessung wurden von den Hunden sehr gut toleriert. Auch die Punktion und Katheterisierung der *A. metatarsa dors. II* stellte kein Problem dar, wobei gelegentliche Widersetzlichkeiten vergleichbar mit den Abwehrbewegungen beim Legen eines Venenkatheters waren. Nur die lange Meßdauer, die indirekte Blutdruckmessung erfolgte an vier Meßstellen, ließ manche Tiere zeitweise etwas unruhig werden. Der zeitliche Aufwand für Vorbereitung, Durchführung und Abbau für die direkte Blutdruckmessung war mit ca. 40 min deutlich höher als der für die indirekte (ca. 15 min), wenn man nur die Zeit berücksichtigt, die zu einer Routinemessung nötig ist.

5.4.1. Korrelation von direkter und oszillometrisch-indirekter Blutdruckmessung

Die Korrelationskoeffizienten der Mediane von direkt und indirekt gemessenem Blutdruck waren bei der Untersuchung mit dem *Dinamap™ Veterinär Monitor* zwischen $r = 0,663$ und $r = 0,951$ und mit $p \leq 0,001$ alle statistisch hochsignifikant. Beim SAD lag der Korrelationskoeffizient nur für die indirekte Messung am *Radius* mit $r = 0,768$ knapp unter 0,800. Nur bei der indirekten Messung des diastolischen Druckes am *Radius* befand sich der Korrelationskoeffizient mit $r = 0,832$ über 0,800. Die besten Korrelationen wurden außer bei der indirekten Messung am *Metatarsus* mit dem mittleren Blutdruck erzielt, wobei am Schwanz der Korrelationskoeffizient mit $r = 0,951$ am höchsten war.

Bei der Blutdruckmessung mit dem *SDI Vet/BP™ 6000* lagen die Korrelationskoeffizienten der Mediane im Schnitt höher als mit dem *Dinamap™ Veterinär Monitor*. Lediglich bei der indirekten Messung am *Radius* lag der Korrelationskoeffizient mit $r = 0,766$ gering unter 0,800. Insgesamt befanden sich 6 Korrelationskoeffizienten zwischen 0,800 und 0,900 sowie 5 sogar über 0,900. Auch hier wurde der höchste Korrelationskoeffizient bei der indirekten

Messung des MAD am Schwanz erzielt. Die Korrelation war hier mit $p \leq 0,001$ hochsignifikant.

Im Schnitt hatte die Bestimmung des MAD mit beiden oszillometrisch messenden Geräten die beste Korrelation mit dem direkt gemessenen Blutdruck. Das *SDI Vet/BP™ 6000* zeigte im Durchschnitt höher liegende Korrelationskoeffizienten als der *Dinamap™ Veterinär Monitor*.

GEDDES et al. (1980) ermittelten bei ihrer Vergleichsuntersuchung des mittleren Blutdrucks einen Korrelationskoeffizienten von über 0,900 und beurteilten die Oszillometrie als geeignet zur Messung des MAD beim Hund. Dabei wurde der direkte Druck in der *A. carotis com.* und der indirekte am Vorderbein gemessen.

Bei Untersuchungen mit dem *Dinamap™ 1255 Monitor* an anästhesierten Hunden von HAMLIN et al. (1982) lagen alle Korrelationskoeffizienten über 0,900 (SAD: $r = 0,908$, MAD: $r = 0,929$, DAD: $r = 0,908$). Auch hier war beim mittleren Druck die beste Korrelation zu verzeichnen. Die Manschetten wurden am Unterarm direkt proximal des Karpalgelenks oder am *Metatarsus* angelegt. Die direkte Blutdruckmessung wurde an der *A. femoralis* durchgeführt. Die Autoren sehen in der Blutdruckmessung mit dem *Dinamap™ 1255 Monitor* eine geeignete Methode zum Blutdruckmonitoring narkotisierter Hunde.

Auch PETTERSEN et al. (1988) untersuchten die Eignung des *Dinamap™ 1255 Monitors* für die indirekte Blutdruckmessung an sedierten Hunden. Beim Vergleich mit dem direkt gemessenen Druck in der *A. femoralis* erzielten sie Korrelationskoeffizienten von $r \geq 0,890$ für den SAD und $r \geq 0,850$ für den DAD. Der Korrelationskoeffizient für den MAD wurde nicht bestimmt. Die direkte Messung wurde in der abdominalen *Aorta* und die oszillometrische am Schwanz durchgeführt. PETTERSEN et al. (1988) sehen den *Dinamap™ 1255 Monitor* als geeignet zur Erkennung von Blutdruckveränderungen beim Hund an.

SCHRAGEL (1989) fand bei seiner Untersuchung an anästhesierten Hunden Korrelationskoeffizienten von 0,950 beim Vergleich des direkt gemessenen zentralen SAD und von 0,900 beim Vergleich des direkt gemessenen peripheren SAD mit dem *Dinamap™ 1846 SX Monitor*. Die verschiedenen Korrelationskoeffizienten erhielt er, weil er die Korrelationskoeffizienten für die zentral und peripher gemessenen direkten systolischen Drucke aufgrund der Differenz von 10-20 mm Hg getrennt berechnete. Beim mittleren und beim diastolischen Druck traten diese Differenzen nicht auf. Für den MAD erhielt er einen Korrelationskoeffizienten von 0,941 und für den DAD von 0,984. SCHRAGEL (1989) hält die Blutdruckmessung beim Hund mit dem *Dinamap™ 1846 SX Monitor* für eine genaue Methode.

HUNTER et al. (1990) untersuchten die Einsetzbarkeit von zwei preisgünstigen Oszillometriemonitoren aus der Humanmedizin zur indirekten Blutdruckmessung an narkotisierten Hunden.

Mit dem Gerät A erhielten sie die Korrelationskoeffizienten $r(\text{SAD}) = 0,780$, $r(\text{MAD}) = 0,740$ und $r(\text{DAD}) = 0,650$ und mit dem Gerät B $r(\text{SAD}) = 0,770$, $r(\text{MAD}) = 0,870$ und $r(\text{DAD}) = 0,870$.

Zur direkten Blutdruckmessung wurde die *A. dors. pedis* katheterisiert und zur indirekten Messung die Manschette am *Metatarsus* angelegt. HUNTER et al. (1990) beurteilen Gerät A als ungeeignet und Gerät B als geeignet zur oszillometrischen Blutdruckmessung beim Hund.

KLEIST (1991) verglich den direkt gemessenen Blutdruck in der *A. carotis com.* mit dem am Unterarm oszillometrisch gemessenen Druck an narkotisierten Hunden. Bei der Studie mit dem Omega 1400 lag der Korrelationskoeffizient für den SAD bei 0,630, für den MAD bei 0,670 und für den DAD bei 0,640. Mit dem BP 103N erzielte die Autorin folgende Korrelationskoeffizienten: SAD $r = 0,760$, MAD $r = 0,850$ und DAD $R = 0,820$. Sie hält die Geräte für nur bedingt zur Blutdruckmessung geeignet. Zur Narkoseüberwachung, bei der vor allem Tendenzen wichtig sind, eignen sich die beiden Geräte gut. Zur Messung von absoluten Werten sind sie aufgrund der starken Streuung jedoch nur schlecht geeignet.

BODEY et al. (1994) verglichen den Dinamap™ 1846 SX Monitor mit der direkten Blutdruckmessung in der *A. metatarsa dors.* bei anästhesierten Hunden. An den 5 verschiedenen Meßstellen (siehe auch Kapitel 5.2.2. *Oszillimetrisch-indirekte Blutdruckmessung*) schwankten die Korrelationen für den SAD von $r = 0,24$ bis $r = 0,76$, für den MAD von $r = 0,51$ bis $r = 0,78$ und für den DAD von $r = 0,04$ bis $r = 0,73$. Die besten Korrelationen wurden am Schwanz und an der *Tibia* erzielt. BODEY et al. (1994) beurteilen die indirekte Blutdruckmessung mit dem Dinamap™ 1846 SX Monitor als anwendbar an *Tibia* und Schwanz. Sie hoffen durch die Anwendung dieser Methode die Diagnostik der Hypertonie beim Hund zu verbessern und dadurch Hunden, die an einer Hypertonie auslösenden Krankheit leiden, eine Therapie der Hypertonie auf bloßen Verdacht hin zu ersparen.

Bei einer Vergleichsuntersuchung des Dinamap™ 8100 Monitors (Manschette in der Mitte des Unterarms) mit der direkten Messung in der *A. lingualis* an narkotisierten Hunden fanden GAINS et al. (1995) einen Korrelationskoeffizienten für alle drei Drucke von 0,93. Sie sehen in der Untersuchung einen Beweis für die Präzision des Dinamap™ 8100 Monitors zur Blutdruckmessung bei Hunden zwischen 8,0 und 11,5 kg KM.

BODEY et al. (1996) verglichen den Dinamap™ 1846 SX Monitor mit der direkten Blutdruckmessung in der *A. femoralis* mittels Telemetriesystem am wachen Hund. Die Meßorte für die indirekte Blutdruckmessung entsprachen denen in der Untersuchung von BODEY et al. (1994). Bei der Untersuchung am liegenden Hund ergaben sich im Durchschnitt

wesentlich höhere Korrelationskoeffizienten als am stehenden Hund. Am liegenden Hund waren die Korrelationskoeffizienten zwischen 0,358 und 0,909, am stehenden Hund zwischen 0,529 und 0,821. Die Autoren beurteilen alle Meßstellen am liegenden Hund als geeignet, am stehenden Hund dagegen nur die Messung an Schwanz und *Radius*.

In der Untersuchung von MEURS et al. (1996) lag der Korrelationskoeffizient für den SAD bei 0,800 und für den MAD bei 0,870. Die direkte Messung wurde in der *A. dors. pedis* und die indirekte Messung am kontralateralen *Metatarsus* mit dem Dinamap™ 8300 Monitor an anästhesierten Hunden durchgeführt. Sie beurteilen die indirekte Blutdruckmessung mittels Dinamap™ 8300 Monitor als eine gute Methode zum Monitoring narkotisierter Hunde, warnen aber vor übereilten therapeutischen Eingriffen aufgrund einer einzelnen Messung und empfehlen mehrere Messungen.

Auch BODEY (1997) hatte bei der oszillometrischen Messung mit dem Dinamap™ 1846 SX Monitor am Schwanz die höchsten Korrelationskoeffizienten, die bei narkotisierten Hunden deutlich höher lagen als bei wachen.

Abschließend läßt sich sagen, daß bei allen Untersuchungen mit Dinamap™ Monitoren ebenso wie bei der vorliegenden Untersuchung mit dem *Dinamap™ Veterinär Monitor* und dem *SDI Vet/BP™ 6000* je nach Meßstelle und Druck hohe bis sehr hohe Korrelationen zu verzeichnen waren. Allerdings sind an manchen Meßstellen, je nachdem ob die Hunde wach oder sediert / anästhesiert untersucht wurden, auch sehr schlechte Korrelationen erzielt worden. Die besten Korrelationen wurden, falls an mehreren Stellen gemessen wurde, i.d.R. am Schwanz erzielt.

5.4.2. Zweiseitiger t-Test für verbundene Stichproben zur Überprüfung der Differenz von dB und iB (t-Test I)

Mit dem zweiseitigen t-Test für verbundene Stichproben zur Überprüfung der Differenz von dB und iB haben sich der direkt und der indirekt gemessene Blutdruck nur dreimal nicht signifikant unterschieden. Dies war bei der Untersuchung des MAD am *Radius* sowie des DAD an *Metatarsus* und Schwanz mit dem *Dinamap™ Veterinär Monitor* der Fall. Bei der Untersuchung des *SDI Vet/BP™ 6000* differierten dB und iB bei der indirekten Messung des MAD an *Metatarsus*, *Tibia* und *Radius* sowie beim DAD an *Metatarsus* und Schwanz. Geringe Differenzen sind bei vergleichenden Untersuchungen zweier Blutdruckmeßmethoden nur bei absolut gleicher Versuchsanordnung zu erreichen (KITTLESON und OLIVIER, 1983). Da diese Voraussetzung beim Vergleich zweier grundsätzlich verschiedener Methoden nicht gegeben ist, waren Differenzen von dB und iB auch zu erwarten.

5.4.3. t-Test anhand der Prüfung des Regressionskoeffizienten von \cong (von dB und iB) und ΔB auf Abweichung vom Wert Null (t-Test II)

Bei der oszillometrischen Blutdruckmessung mit dem *Dinamap™ Veterinär Monitor* stiegen die oszillometrisch ermittelten systolischen Werte immer deutlich schwächer an als die direkt gemessenen.

Beim *SDI Vet/BP™ 6000* war dies nur an *Tibia* und Schwanz zu verzeichnen und auch dort nicht ganz so ausgeprägt wie beim *Dinamap™ Veterinär Monitor*, was an den deutlich geringeren Steigungen der Regressionsgeraden bei der *SDI Vet/BP™ 6000* Untersuchung zu erkennen ist (siehe Abbildung 36 - 59 im Anhang).

Beim MAD waren die Unterschiede im Anstieg von dB und iB bei beiden Geräten deutlich schwächer ausgeprägt. Bei der Messung mit dem *Dinamap™ Veterinär Monitor* an *Metatarsus* und *Tibia* stieg der iB etwas stärker an als der dB.

Bei der Messung mit dem *SDI Vet/BP™ 6000* war dies nur bei der Messung am *Metatarsus* der Fall. An den anderen Stellen erhöhten sich dB und iB gleichermaßen (siehe Abbildung 36 - 59 im Anhang).

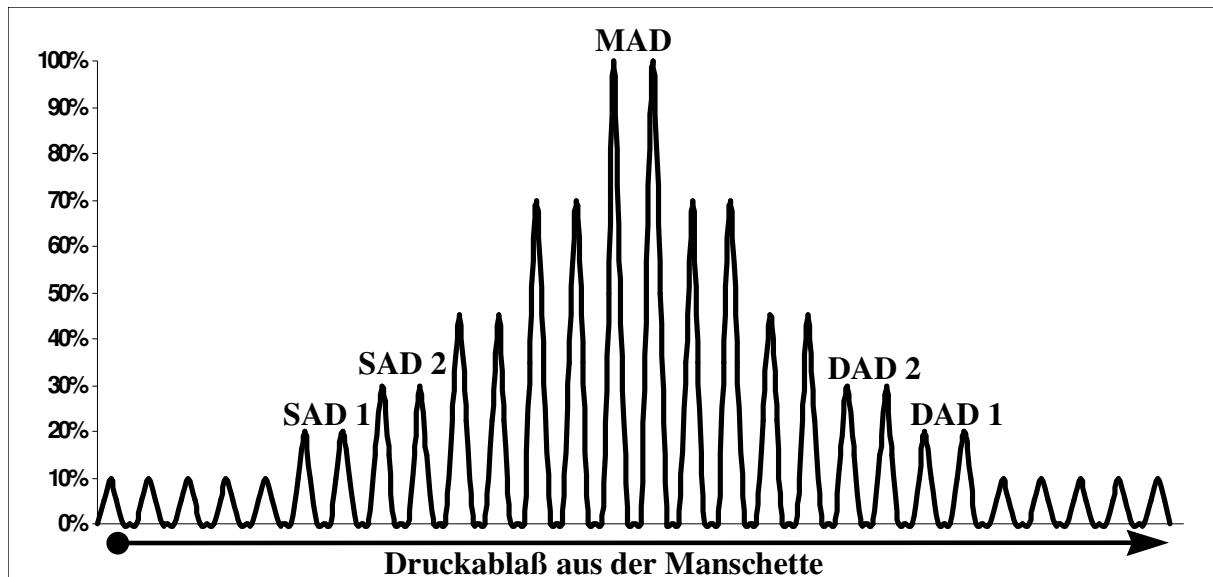
Der indirekte und der direkte Blutdruck stiegen synchron bei der Messung des DAD mit dem *Dinamap™ Veterinär Monitor* am Schwanz und mit dem *SDI Vet/BP™ 6000* an *Tibia* und Schwanz an. In allen anderen Fällen nahm der iB stärker zu als der dB, wobei dies auch hier bei der Messung mit dem *Dinamap™ Veterinär Monitor* stärker ausgeprägt war als bei der Messung mit dem *SDI Vet/BP™ 6000*. Dies ist an den deutlich geringeren Steigungen der Regressionsgeraden bei der *SDI Vet/BP™ 6000* Untersuchung zu erkennen (siehe Abbildung 36 - 59 im Anhang).

Die Ursache für den ungleichmäßigen Anstieg von iB und dB muß nicht alleine an der oszillometrischen Blutdruckmessung liegen. Bei der direkten Blutdruckmessung mit unterdämpften flüssigkeitsgefüllten Systemen, wie es in dieser Studie verwandt wurde (Dämpfungsfaktor $\beta \approx 0,25$), kann es vor allem zur Messung von falsch hohen systolischen Drucken kommen (KITTLESON und OLIVIER, 1983).

Die Tatsache, daß der *Dinamap™ Veterinär Monitor* im Vergleich zum *SDI Vet/BP™ 6000* indirekte Drucke in Relation zu direkten Drucken niedriger mißt, könnte auch an einer unterschiedlichen Programmierung liegen.

Zum besseren Verständnis werden zwei mögliche Programmierungen beispielhaft in der Abbildung 8 dargestellt.

Abbildung 8: Oszillationen in der Druckmanschette



Erläuterungen der Abkürzungen:

SAD: systolischer arterieller Druck

MAD: mittlerer arterieller Druck

DAD: diastolischer arterieller Druck

Die Programmierung des *Dinamap™ Veterinär Monitors* definiert den SAD als den Manschettendruck, bei dem sich die Oszillationen das erste Mal vergrößert haben (SAD 1 in Abbildung 8). Der MAD entspricht dem Manschettendruck, bei dem die Oszillationen maximal sind, der DAD dem Manschettendruck mit den ersten kleinsten Oszillationen (DAD 1 in Abbildung 8). Diese Angaben stammen aus dem Begleitheft des Herstellers.

Für das *SDI Vet/BP™ 6000* waren keine Angaben über die Programmierung zur Messung der drei Drucke erhältlich.

Es ist auch möglich, SAD und DAD über die relative Größe der Oszillationen verglichen mit den maximalen Oszillationen zu programmieren: z.B. kann der Meßzeitpunkt bei einer Oszillationsgröße von 30% (SAD 2 und DAD 2 in Abbildung 8) festgelegt werden. Die Größen von SAD und DAD können auch differieren.

Die Bestimmung des SAD bei den ersten sich vergrößern Oszillationen beim Druckablaß aus der Blutdruckmanschette ergibt den höchsten SAD im Vergleich zu anderen möglichen Programmierungen (siehe SAD 1 in Abbildung 8). Deshalb lassen sich die Unterschiede von *Dinamap™ Veterinär Monitor* und *SDI Vet/BP™ 6000* bei der Messung des SAD nicht durch eine differierende Programmierung erklären.

5.4.4. Betrachtung der Differenz von direktem und indirektem Blutdruck

Die *Association for the Advancement of Medical Instrumentation (AAMI)* gibt einen maximalen mittleren Fehler von 5 ± 8 mm Hg Standardabweichung als Richtlinie beim Vergleich von direkter und indirekter Blutdruckmessung beim Menschen an (STOKES et al., 1991). Der mittlere Fehler entspricht der mittleren Differenz von dB und iB.

Diese Bedingungen erfüllte nur das *SDI Vet/BP™ 6000* bei der Messung von MAD und DAD am Schwanz. An allen anderen Meßstellen lag das *SDI Vet/BP™ 6000* bei der Bestimmung von MAD und DAD nur sehr knapp außerhalb dieser Grenzen.

Der *Dinamap™ Veterinär Monitor* verfehlte diese Maßgabe bei der Messung des MAD an *Tibia*, Schwanz und *Radius* und bei der Messung des DAD am Schwanz nur knapp. An allen anderen Meßstellen wurden die Richtlinien noch deutlicher verfehlt. Entweder waren die mittlere Differenz oder die Standardabweichung oder sogar beide zu hoch.

Bei Messung des systolischen Blutdrucks lagen die mittleren Fehler und die Standardabweichungen an allen Stellen bei beiden Geräten deutlich außerhalb der von der *AAMI* festgelegten Grenzen. Die Richtlinien der *AAMI* geben die direkte Blutdruckmessung als *Golden Standard* an. Bedenkt man allerdings, daß auch die direkte Blutdruckmessung (und da vor allem der SAD) für Artefakte anfällig ist (KITTLESON und OLIVIER, 1983), muß die Ursache für die höheren Differenzen und Standardabweichungen nicht zwangsläufig in der oszillometrischen Blutdruckmessung liegen, sondern kann auch durch Fehler bei der direkten Messung verursacht worden sein. Daß die kaum Artefakt-anfälligen Messungen des MAD und des DAD deutlich geringere Fehler aufweisen, stützt diese Vermutung.

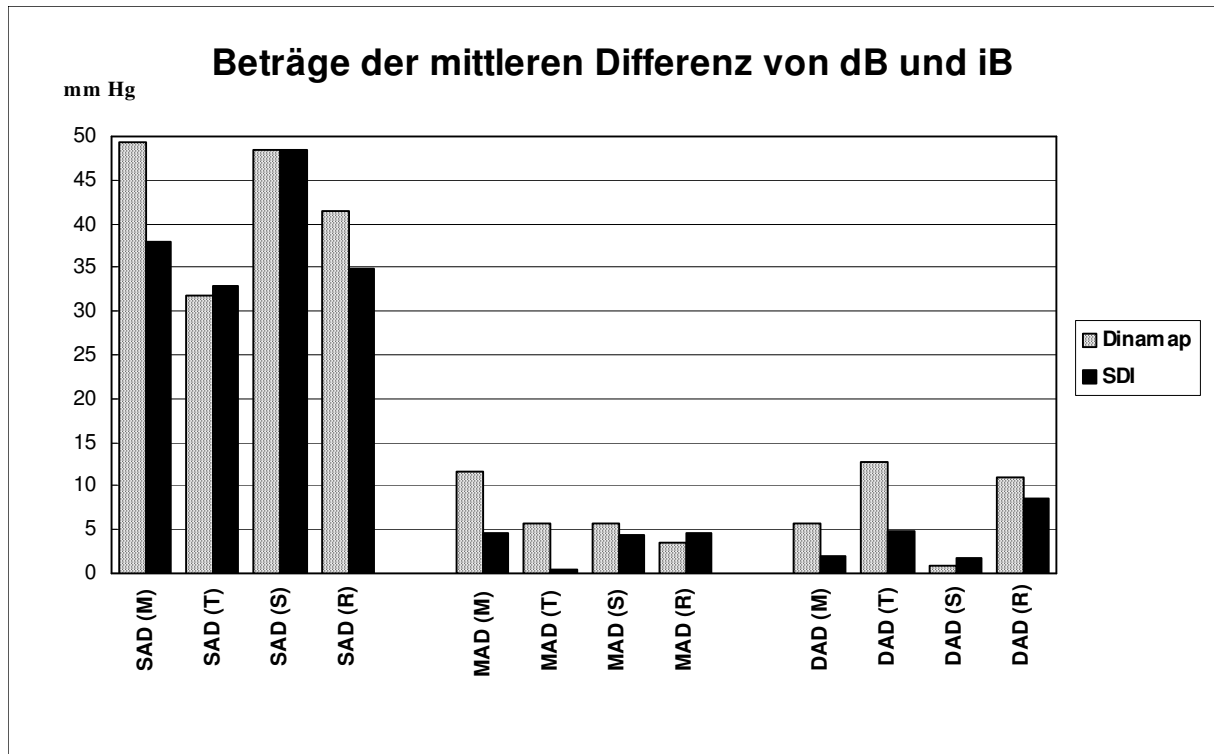
Auch BODEY et al. (1994) fanden in ihrer Untersuchung für den SAD die größte und für den MAD die geringste mittlere Differenz von dB und iB.

Betrachtet man die maximalen Differenzen von dB und iB am einzelnen Hund, sind deutliche Abweichungen zu finden. Beispielsweise wurde bei der Messung des SAD mit dem *Dinamap™ Veterinär Monitor* am *Radius* von Hund „Inka“ eine maximale Differenz von 138 mm Hg ermittelt. Die Messung des SAD mit dem *SDI Vet/BP™ 6000* am Schwanz von Hund „Eira“ ergab eine maximale Differenz von 88 mm Hg.

Auch bei der Messung der mittleren und diastolischen Drucke hatten beide Geräte teilweise sehr hohe maximale Differenzen von dB und iB. Bei einzelnen Tieren traten Differenzen bis über 40 mm Hg auf. Im Durchschnitt lag die maximale Differenz von dB und iB um ca. 20 mm Hg. Da die direkte Messung von MAD und DAD sehr genau ist, werden diese Differenzen v.a. durch die oszillometrische Messung verursacht.

In den Abbildungen 9 und 10 sind die Beträge der mittleren Differenz von dB und iB und die Standardabweichungen der Differenz im Vergleich von *Dinamap™ Veterinär Monitor* und *SDI Vet/BP™ 6000* dargestellt.

Abbildung 9: Vergleich von *Dinamap™ Veterinär Monitor* und *SDI Vet/BP™ 6000* anhand der Beträge der mittleren Differenz von dB und iB

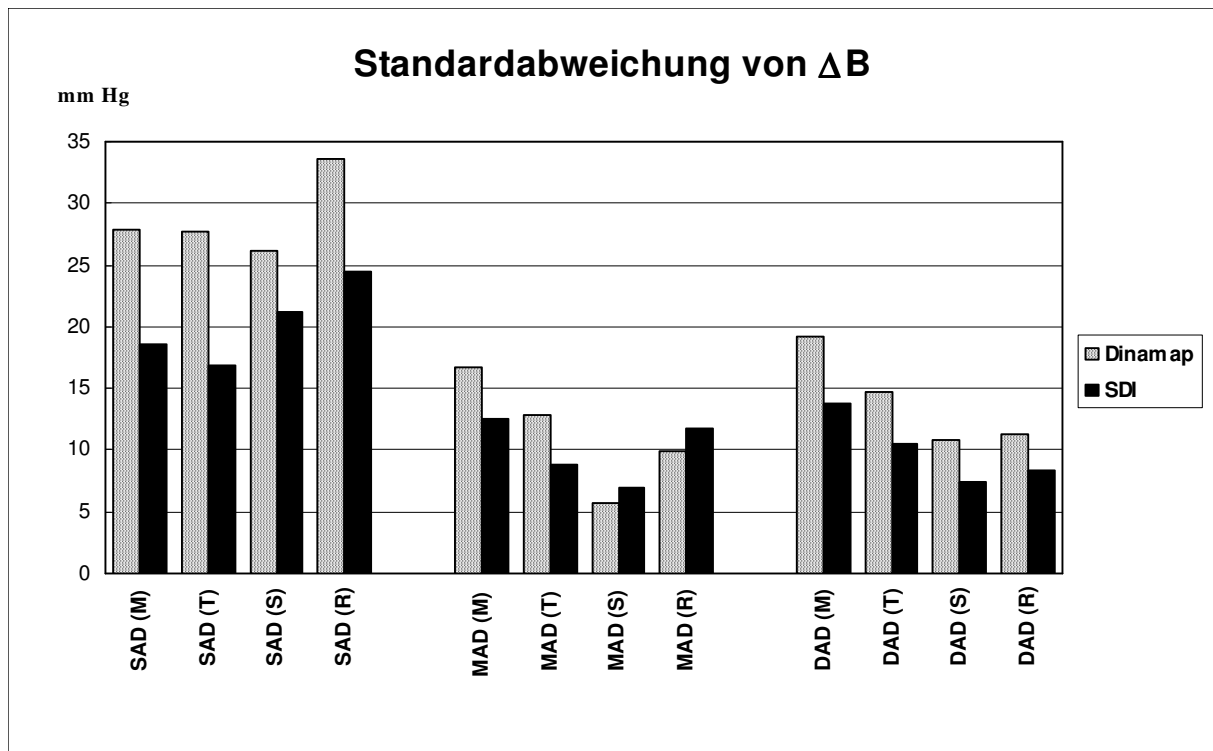


Erläuterung der Abkürzungen:

M = *Metatarsus*
 T = *Tibia*
 S = Schwanzansatz
 R = *Radius*

SAD = systolischer arterieller Druck
 MAD = mittlerer arterieller Druck
 DAD = diastolischer arterieller Druck
 mm Hg = Millimeter Quecksilbersäule

Abbildung 10: Vergleich von *Dinamap™ Veterinär Monitor* und *SDI Vet/BP™ 6000* anhand der Standardabweichungen von ΔB



Erläuterung der Abkürzungen:

M = *Metatarsus*

T = *Tibia*

S = Schwanzansatz

R = *Radius*

ΔB = Differenz von direktem und indirektem Blutdruck

SAD = systolischer arterieller Druck

MAD = mittlerer arterieller Druck

DAD = diastolischer arterieller Druck

mm Hg = Millimeter Quecksilbersäule

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß bei der oszillometrisch-indirekten Blutdruckmessung am Schwanz mit dem *Dinamap™ Veterinär Monitor* und dem *SDI Vet/BP™ 6000* für die mittlere Differenz und für die Standardabweichung der mittleren Differenz von dB und iB bei MAD und DAD die besten Werte erzielt wurden. Aber auch andere Meßstellen lieferten noch annähernd akzeptable Werte, wobei der *Metatarsus* im Durchschnitt am schlechtesten abschnitt. Bei der Messung des SAD wurden die hohen mittleren Fehler und Standardabweichungen sicherlich auch durch Artefakte in der direkten Blutdruckmessung verursacht, deren Einfluß sich leider ohne weitere Untersuchungen nicht abschätzen läßt.

Auch BODEY (1997) ermittelte bei der oszillometrischen Blutdruckmessung am Schwanz die geringsten mittleren Fehler und Standardabweichungen. Allerdings waren ihre Werte bei der Messung am *Metatarsus* von wachen stehenden Hunden besser als bei der Messung an der *Tibia*. Dies kann dadurch erklärt werden, daß bei der Messung an der *Tibia* beim wachen stehenden Hund Bewegungsartefakte häufiger auftreten und sich stärker auswirken als bei der

Messung am *Metatarsus*, da der Spannungszustand der Achillessehne den Anpreßdruck der Druckmanschette auf die Arterien deutlich beeinflusst. Bei liegenden, narkotisierten Hunden waren auch hier die Werte an der *Tibia* besser als am *Metatarsus*.

Insgesamt lieferte in der vorliegenden Untersuchung das *SDI Vet/BP™ 6000* im Vergleich zum *Dinamap™ Veterinär Monitor* die geringere mittlere Differenz, die Messung des MAD an Schwanz und *Radius* ausgenommen.

Es ist allerdings zu bedenken, daß bei einzelnen Tieren auch sehr hohe maximale Abweichungen auftreten können, die leicht zu einer falschen Diagnose führen.

5.4.5. Hauptkomponentengerade

Um die statistisch berechenbare Abweichung zweier Untersuchungsverfahren voneinander aus dem Vergleich der direkten und indirekten Blutdruckmeßmethoden zu erhalten, wurde die Hauptkomponentengerade berechnet. Mit ihr läßt sich im statistischen Mittel der direkte Blutdruck in den indirekten umrechnen und umgekehrt. Die Streuung der Punkte im Streudiagramm um diese Gerade ist rein zufällig (siehe Abbildung 12 - 35 im Anhang). Die Hauptkomponentengerade wurde gewählt, da diese im Gegensatz zur Regressionsgeraden beide Methoden gleichberechtigt behandelt und nicht eine Methode als *Golden Standard* setzt.

5.4.5.1. Betrachtung der Abweichung der indirekt gemessenen Blutdruckwerte von der Hauptkomponentengeraden

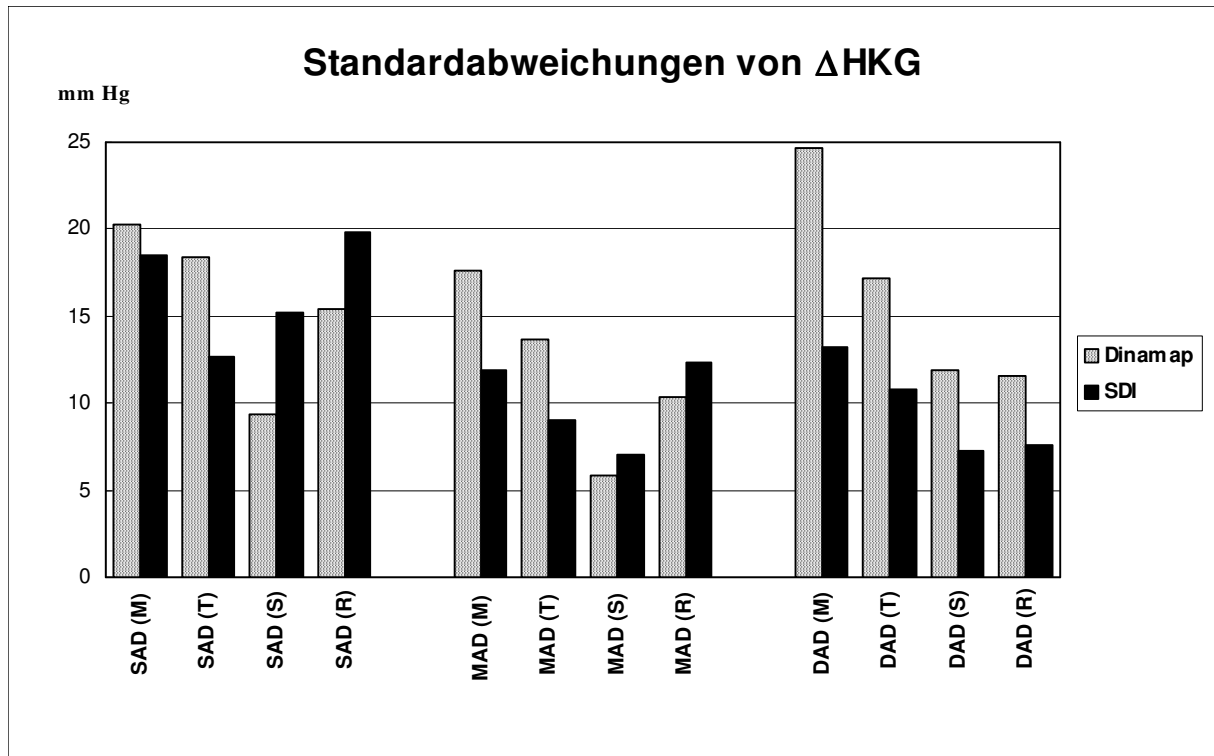
Im Gegensatz zur direkten Differenz von dB und iB wird bei der Differenz des iB von der HKG der systematische Fehler nicht erfaßt, nur zufällige Fehler wirken sich auf das Ergebnis aus.

Bemerkenswert war, daß die hohen maximalen Differenzen des iB von der HKG beim SAD deutlich geringer ausfielen als die direkten Differenzen von dB und iB. Die maximalen Abweichungen bei MAD und DAD vergrößerten sich teilweise. Daraus läßt sich schlußfolgern, daß die hohen Differenzen zwischen dB und iB bei der Messung des SAD v.a. durch einen systematischen Fehler bedingt sind.

Bedenkt man, daß bei Normalverteilung innerhalb der einfachen Standardabweichung 66% aller Werte und innerhalb der zweifachen Standardabweichung 95% aller Werte liegen, liefert vor allem die Messung am Schwanz bei beiden Geräten die besten Werte, da hier im Schnitt die geringsten Standardabweichungen vorliegen. Daß die Messung des SAD mit dem *SDI Vet/BP™ 6000* auch hier wieder nicht ganz so gut ist, kann durch Artefakte bei der direkten Blutdruckmessung bedingt sein.

In der Abbildung 11 sind vergleichend die einfachen Standardabweichungen von Δ HKG der beiden Geräte dargestellt

Abbildung 11: Vergleich von *Dinamap™ Veterinär Monitor* und *SDI Vet/BP™ 6000* anhand der einfachen Standardabweichungen von Δ HKG



Erläuterung der Abkürzungen:

M = *Metatarsus*

T = *Tibia*

S = Schwanzansatz

R = *Radius*

Δ HKG = Differenz der Werte von Hauptkomponentengeraden und indirektem Blutdruck

SAD = systolischer arterieller Druck

MAD = mittlerer arterieller Druck

DAD = diastolischer arterieller Druck

mm Hg = Millimeter Quecksilbersäule

Die Standardabweichung der Differenz von HKG und iB liegt beim *Dinamap™ Veterinär-Monitor* meist höher als beim *SDI Vet/BP™ 6000*. Allerdings schneidet gerade am Schwanz, wo die Standardabweichung im Schnitt am geringsten ist, der *Dinamap™ Veterinär Monitor* etwas besser ab als das *SDI Vet/BP™ 6000*.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß der Schwanz der Meßort mit der geringsten Standardabweichung von Δ HKG ist. Am *Metatarsus* ist die Standardabweichung im Durchschnitt am größten.

5.6. Schlußfolgerung

Abschließend und schlußfolgernd haben die oszillometrisch-indirekten Blutdruckmessungen mit dem *Dinamap™ Veterinär Monitor* und dem *SDI Vet/BP™ 6000* im Vergleich zur direkten Blutdruckmessung folgende Ergebnisse erbracht:

Die oszillometrisch-indirekte Messung des Blutdrucks mittels *Dinamap™ Veterinär Monitor* bzw. *SDI Vet/BP™ 6000* ist zur nichtinvasiven Blutdruckmessung bei Hunden mit einer Körpermasse von mehr als 7,5 bzw. 9,5 kg gut geeignet.

Dabei ist allerdings zu beachten, daß trotz guter Korrelationen und akzeptabler Differenzen der beiden Methoden einzelne Werte deutlich differieren, was zu Fehldiagnosen führen kann. Außerdem sollten auch die psychischen Faktoren, die sich bei wachen Hunden auf den Blutdruck auswirken, bedacht werden. Es sollten daher immer psychische Verfassung, Erkrankung und klinische Symptome des Tieres in die Diagnose-Stellung mit einbezogen werden.

Beim Vergleich der beiden Geräte hat die Untersuchung einen kleinen Vorteil für das *SDI Vet/BP™ 6000* ergeben.

Die z.T. sehr hohen Differenzen der Mittelwerte von direktem und indirektem Blutdruck oder des indirekten Blutdrucks von der Hauptkomponentengeraden bei der Messung des systolischen Blutdrucks sollte durch weitere Untersuchungen überprüft werden. Neuere Techniken ermöglichen es vielleicht bald, auch peripher mit Tip-Kathetern den Blutdruck direkt zu messen, um die beschriebenen Artefakte bei der direkten Blutdruckmessung mittels flüssigkeitsgefüllter Katheter zu eliminieren. Dann kann man eine bessere Aussage über die Exaktheit der oszillometrischen Messung des SAD machen.

Der mittlere Blutdruck konnte mit der oszillometrisch-indirekten Methode am genauesten bestimmt werden, was an den im Durchschnitt höchsten Korrelationskoeffizienten und den geringsten Differenzen der Mittelwerte von direktem und indirektem Blutdruck oder des indirekten Blutdrucks von der Hauptkomponentengeraden zu erkennen ist.

Diese Werte zeichnen auch den Schwanz als die im Durchschnitt genaueste Meßstelle aus. Auch BODEY et al. (1994, 1996) und BODEY (1997) kommen zu diesem Ergebnis.

Der *Metatarsus* ist die durchschnittlich am schlechtesten geeignete Meßstelle. Allerdings hatte der *Radius* bei der Messung des SAD niedrigere Korrelationskoeffizienten und höhere Differenzen als der *Metatarsus*.

Zur oszillometrisch-indirekten Blutdruckmessung am Hund sollten zur Verbesserung der Genauigkeit immer mehrere Messungen durchgeführt und die Werte gemittelt werden.

Der Einfachheit halber ist das Erstellen von Referenzwerten für beide Geräte zu empfehlen, damit nicht immer der indirekt gemessene Blutdruck in den direkt gemessenen umgerechnet

werden muß. Die vorliegende Untersuchung hat allerdings gezeigt, daß keine allgemein gültigen Referenzwerte für *"die oszillometrische Blutdruckmessung beim Hund"* erstellt werden können. Möglicherweise differieren die Werte aufgrund einer unterschiedlichen Programmierung der beiden Blutdruckmonitore. Es ist daher zu fordern, daß oszillometrisch messende Blutdruckmonitore für die Veterinärmedizin aufeinander abgestimmt werden.

6. Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, zwei für die Veterinärmedizin konzipierte oszillometrische Blutdruckmeßgeräte mit der direkten (blutigen) Blutdruckmessung zu vergleichen. Um Praxisbedingungen gerecht zu werden, wurde der Vergleich an zwei inhomogenen Patientenhunden-Gruppen (unterschiedliches Alter: 6 Monate bis 14 Jahre; breite Gewichtsspanne: 7,5 - 60,0 kg; verschiedene Rassen: 21 Rassen und 11 Mischlinge; beiderlei Geschlecht) in wachem, unseziertem Zustand durchgeführt.

Für diese Studie wurde bei beiden Gruppen der arterielle Blutdruck simultan indirekt (oszillometrisch) und direkt gemessen. Die oszillometrisch-indirekten Messungen wurden mit dem *Dinamap™ Veterinär Monitor* (23 Hunde) und dem *SDI Vet/BP™ 6000* (25 Hunde) durchgeführt. Die Hunde litten an unterschiedlichen Grunderkrankungen, aufgrund derer der Verdacht auf eine pathologische Veränderung des Blutdrucks bestand (Hyper- / Hypotonie).

Zur oszillometrisch-indirekten Blutdruckmessung wurden die Blutdruckmanschetten direkt distal des linken Tarsalgelenks im Bereich des *Metatarsus*, direkt proximal des linken Tarsalgelenks im Bereich der *Tibia*, am **Schwanzansatz** und direkt proximal des linken Karpalgelenks im Bereich des *Radius* angelegt. Bei sehr kurz kupierten Rassen entfiel die Messung am Schwanzansatz.

Die direkte Blutdruckmessung erfolgte mit dem *Minimon 7132 B*, das über ein Druckwandler-Schlauchsystem mit einem in der *A. metatarsae dorsalis II* gelegenen flüssigkeitsgefüllten Katheter verbunden war.

An jedem Hund wurden pro Meßstelle 7 oszillometrisch-indirekte und direkte Messungen gleichzeitig durchgeführt. Die Mediane (·) der direkt (dB) und indirekt (iB) ermittelten Werte wurden mittels statistischer Auswertung und graphischer Darstellung miteinander verglichen.

Die Korrelationskoeffizienten (r) von · (dB/iB) lagen beim *Dinamap™ Veterinär Monitor* für den systolischen arteriellen Blutdruck (SAD) zwischen 0,7678 und 0,9047, für den mittleren arteriellen Blutdruck (MAD) zwischen 0,8244 und 0,9505 und für den diastolischen arteriellen Blutdruck (DAD) zwischen 0,6631 und 0,8324.

Beim *SDI Vet/BP™ 6000* erstreckten sich die Korrelationskoeffizienten von 0,7644 bis 0,8978 für den SAD, von 0,8821 bis 0,9548 für den MAD und von 0,8882 bis 0,9474 beim DAD.

Die direkt und der indirekt gemessenen Blutdrucke differierten 8 mal nicht signifikant: Dies war bei der Untersuchung des MAD am *Radius* sowie des DAD an *Metatarsus* und Schwanz mit dem *Dinamap™ Veterinär Monitor* der Fall. Ebenso war es beim *SDI Vet/BP™ 6000* bei der indirekten Messung des MAD an *Metatarsus*, *Tibia* und *Radius* sowie beim DAD an *Metatarsus* und Schwanz. In allen anderen Fällen lag eine schwach- bis hochsignifikante Differenz vor.

Mit dem *Dinamap™ Veterinär Monitor* war beim SAD mit zunehmendem Blutdruck ein schwächerer Anstieg des iB als des dB zu verzeichnen. Beim *SDI Vet/BP™ 6000* war dies auch an *Tibia* und Schwanz der Fall, aber schwächer ausgeprägt.

Beim MAD erhöhte sich bei der Untersuchung mit dem *Dinamap™ Veterinär Monitor* der iB *Metatarsus* und *Tibia* etwas stärker als der dB. Mit dem *SDI Vet/BP™ 6000* war dies nur am *Metatarsus* der Fall.

Bei der Vergleichsmessung des DAD stieg der iB bei der Messung mit dem *Dinamap™ Veterinär Monitor* an *Metatarsus*, *Tibia* und *Radius* stärker an als der dB. Bei der Messung mit dem *SDI Vet/BP™ 6000* war dies an allen Untersuchungsstellen der Fall, aber auch wieder schwächer ausgeprägt.

Bei der Untersuchung mit dem *Dinamap™ Veterinär Monitor* belief sich die geringste mittlere Differenz von dB und iB auf 0,81 mm Hg und die größte auf 49,35 mm Hg mit einem Minimum von 0,00 mm Hg und einem Maximum von 138,00 mm Hg. Die geringste Standardabweichung betrug 5,76 mm Hg und die höchste 33,64 mm Hg.

Die geringste mittlere Differenz von dB und iB beim Vergleich des *SDI Vet/BP™ 6000* mit der direkten Blutdruckmessung wurde mit 0,52 mm Hg gemessen, die größte mit 48,48 mm Hg und einem Minimum von 0,00 mm Hg bzw. einem Maximum von 88,00 mm Hg. Die Werte der Standardabweichung waren 6,97 bis 24,52 mm Hg.

Die Hauptkomponentengeraden (HKG) für SAD, MAD und DAD an jeder Meßstelle und für jedes Gerät wurden berechnet. Hierbei wurden die Werte der direkten Messung als x-Werte in die Gleichung eingesetzt.

Um die Abweichung des iB von der HKG zu bestimmen, wurden die direkt ermittelten Werte in die HKG-Gleichung eingesetzt und die Differenz (Δ HKG) zwischen den errechneten Soll- und den gemessenen Ist-Werten, sowie deren Minima, Maxima, ein- und zweifache Standardabweichungen berechnet.

Beim Vergleich der oszillometrisch-indirekten Blutdruckmessung mit dem *Dinamap™ Veterinär Monitor* mit der direkten Blutdruckmessung betrug die geringste Standardabweichung von Δ HKG 5,84 mm Hg und die größte 24,69 mm Hg. Das Minimum von Δ HKG lag bei 0,00 mm Hg und das Maximum bei 60,03 mm Hg.

Die *SDI Vet/BP™ 6000* Vergleichsstudie ergab als geringste Standardabweichung von Δ HKG 6,99 mm Hg und als größte 19,86 mm Hg. Das Minimum von Δ HKG betrug 0,00 mm Hg und das Maximum 54,73 mm Hg.

Die Geräte *Dinamap™ Veterinär Monitor* und *SDI Vet/BP™ 6000* sind zur oszillometrisch-indirekten Blutdruckmessung bei Hunden mit einer Körpermasse von mehr als 7,5 bzw. 9,5 kg wie die Methode selbst gleichermaßen gut geeignet. Messungen bei Hunden mit einer

geringeren Körpermasse können nicht beurteilt werden, da sie in der vorliegenden Studie nicht durchgeführt wurden.

Die genaueste Meßstelle zur oszillometrisch-indirekten Blutdruckmessung beim Hund ist der Schwanz. Der *Metatarsus* ist die am schlechtesten geeignete Meßstelle.

Von allen Drucken ist der MAD der genaueste.

Trotz guter Übereinstimmungen treten jedoch bei einzelnen Tieren deutliche Differenzen zwischen direkter und oszillometrischer Blutdruckmessung auf, so daß zur Vermeidung von Fehldiagnosen mehrere Messungen gemittelt und Erkrankungen und klinische Symptome der Tiere in die Diagnose-Stellung mit einbezogen werden müssen.

7. Summary

The aim of this examination was to compare two oscillometric devices for the measuring of blood pressure especially made for veterinary medicine and the direct (bloody) measuring of blood pressure. In order to achieve practice conditions the comparison was made on two inhomogeneous groups of dogs (age differing from 6 months to 14 years; weight differing from 7.5 to 60 kg, different races: 21 thoroughbred and 11 half-breed dogs; both sexes) being awake, non-sedated.

For this study in both groups the arterial blood pressure was taken simultaneously indirect (oscillometric) and direct. The indirect oscillometric measurements were performed with a *DinamapTM Veterinär Monitor* (23 dogs) and a *SDI Vet/BPTM 6000* (25 dogs). The dogs suffered from different diseases with suspected pathologic changes in blood pressure (hyper-/hypotension).

For the oscillometric measuring of blood pressure the sphygmomanometer cuffs were placed directly distal to the left tarsal joint near the *metatarsus*, directly proximal to the left tarsal joint near the *tibia*, at the attachment of the tail and directly proximal to the left carpal joint near the *radius*. In races with very cropped tails the measuring at the attachment of the tail was not performed.

The direct measuring of blood pressure was performed with a *Minimom 7132 B*, which was joined to a catheter filled with liquid placed in the *A. metatarsa dorsalis II* via a pressure-transforming tube system.

On each dog per measuring point 7 oscillometric and direct measurement at the same time were performed. The medians (.:) of the directly (dB) and indirectly (iB) obtained values have been compared statistically and graphically.

The coefficients of correlation (r) of .: (dB/iB) obtained with the *DinamapTM Veterinär Monitor* for the systolic arterial blood pressure (SAP) were between 0.768 and 0.905, for the mean arterial blood pressure (MAP) between 0.824 and 0.951 and for the diastolic arterial blood pressure (DAP) between 0.663 and 0.832.

With the *SDI Vet/BPTM 6000* the coefficients of correlation ranged between 0.764 to 0.898 for SAP, between 0.882 to 0.955 for MAP and between 0.888 to 0.947 for DAP.

The directly and indirectly measured blood pressure correlated 8 times not significantly: in the examination of the MAP at the radius and of the DAP at metatarsus and tail with the *DinamapTM Veterinär Monitor*. Further in the examination of the MAP at metatarsus, tibia and radius and of DAP at metatarsus and tail with the *SDI Vet/BPTM 6000*. In all other cases the difference was low to high significant.

With the *DinamapTM Veterinär Monitor* for the SAP an increasing blood pressure showed a lower increase of the iB compared to the dB. With the *SDI Vet/BPTM 6000* this was also the case at the tibia and the tail but less significant.

When using the *DinamapTM Veterinär Monitor* the lowest medium difference of iB and dB was 0.81 mm Hg and the highest 49.35 mm Hg with a minimum of zero mm Hg and a maximum of 88.00 mm Hg. The values for the standard deviation ranged from 6.97 to 24.52 mm Hg.

The straight line of the main components (HKG) for SAP, MAP and DAP have been calculated at each measuring point and for each device, the values of the direct measuring being used as x.

In order to determine the deviation of the iB from the HKG the directly found values were put into the HKG-equation and the difference (Δ HKG) between the calculated estimated and the measured actual values as well as their minima, maxima, one and twofold standard deviation was calculated.

When comparing the oscillometric indirect blood measuring and the *DinamapTM Veterinär Monitor* with the direct blood measuring the lowest standard deviation of Δ HKG was at 5.84 mm Hg and the highest was at 24.69 mm Hg. The minimum of Δ HKG was at zero mm Hg and the maximum was at 60.03 mm Hg.

The comparative study with the *SDI Vet/BPTM 6000* showed a lowest standard deviation of Δ HKG of 6.99 mm Hg and a highest of 19.86 mm Hg. The minimum of Δ HKG was zero mm Hg and the maximum was 54.73 mm Hg.

The *DinamapTM Veterinär Monitor* and the *SDI Vet/BPTM 6000* are both equally suitable for the oscillometric indirect blood measuring in dogs with a bodyweight of more than 7.5 resp. 9.5 kg as is the method itself. Measurements in dogs with a lower bodyweight can not be assessed as they have not been subject of the present study.

The most exact measuring point for the oscillometric indirect blood pressure measuring in dogs is the tail. The metatarsus is the least suitable measuring point.

Of all pressures the MAP is the most exact.

Despite the good correlation, in some animals distinct differences between direct and oscillometric blood pressure measuring have been found. In order to avoid wrong diagnoses, the mean value of several measurings should be taken and the kind of disease as well as the clinical symptoms of the animal should be considered when making a diagnosis.

8. Literaturverzeichnis

- ALLEN, F. M. (1923):
Auscultatory estimation of the blood pressure of dogs.
J. Metab. Res. 4, 431-443
- ANDERSON, L. J.; FISHER, E. W. (1968):
The blood pressure in canine interstitial nephritis.
Res. Vet. Sci. 9, 304-313
- BAGSHAW, R. J.; VEIT, E.; COX, R. H. (1985):
Why direct blood pressure measurements vary when read at peripheral sites.
Vet. Medicine/Small Anim. Clin. 80, 46-48
- BAYER, A.; RHEINLÄNDER, W. (1967):
Unblutige Messung des systolischen Blutdruckes mit einem neuartigen Pulsfühler beim Pferd.
Berl. Münch. Tierärztl. Wochenschr. 80, 84-86
- BEUTTLER, J. (1981):
Blutdruckmessung bei verschiedenen Narkosen beim Pferd.
Vet. Med. Diss., Hannover
- BINNS, S. H.; SISSON, D. D.; BUOSCIO, D. A.; SCHAEFER, D. J. (1995):
Doppler ultrasonographic, oscillometric sphygmomanometric, and photoplethysmographic techniques for noninvasive blood pressure measurement in anesthetized cats.
J. Vet. Intern. Med. 6, 405-414
- BISGARD, G. E.; GILLIAN, S. W. (1973):
Evaluation of an inexpensive arterial blood pressure monitor.
Vet. Medicine/Small Anim. Clin. 68, 1005-1007
- BODEY, A. R. (1997):
Correct diagnosis of Hypertension.
Waltham Focus 2, 17-25
- BODEY, A. R.; MICHELL, A. R. (1996):
Epidemiological study of blood pressure in domestic dogs.
J. Small Anim. Pract. 37, 116-25
- BODEY, A. R.; MICHELL, A. R.; BOVEE, K. C.; BURANAKURL, C.; GARG, T. (1996):
A comparison of direct and indirect (oscillometric) measurements of arterial blood pressure in conscious dogs.
Res. Vet. Sci. 61, 17-21
- BODEY, A. R.; YOUNG, L. E.; BARTRAM, D. H.; DIAMOND, M. J.; MICHELL, A. R. (1994):
A comparison of direct and indirect (oscillometric) measurements of arterial blood pressure in anaesthetised dogs, using tail and limb cuffs.
Res. Vet. Sci. 57, 265-269
- BOHN, F. K. (1989):
Beurteilung des Blutdrucks.
In: Bohn, F. K.: Die Herz-Kreislauf-Erkrankungen des Hundes: Diagnose und Therapie. Schlütersche Verlagsanstalt, Hannover, 1. Auflage, 50-51

- BOOTH, J. (1977):
A short history of blood pressure measurement.
Proc. Roy. Soc. Med. 70, 793-799
- BOSLER, K. (1985):
Die Kreislaufverhältnisse beim Pferd nach der Anwendung von Sedativa und während der Narkose anhand des Blutdrucks und anderer Parameter - Möglichkeit ihrer Überwachung mit der unblutigen Blutdruckmessung.
Vet. Med. Diss., Gießen
- BOUCKE, H.; BRECHT, K. (1952):
Ein neuer elektrischer Pulsschreiber und seine einfache Anwendung in der ärztlichen Praxis.
Dtsch. Med. Wochenschr. 52, 562-563
- BOVEE, K. C. (1993):
Genetic essential hypertension in dogs: a new animal model.
In: Michell, A. R.: Veterinary Science - Growth points and comparative medicine. The Advancement of Veterinary Science. Wallingford, CAB International, 4. Ausgabe, 185-194
- BOVEE, K. C.; LITTMAN, M. P.; CRABTREE, B. J.; AGUIRRE, G. (1989):
Essential hypertension in a dog.
JAVMA 195, 81-86
- BRECHT, K.; BOUCKE, H. (1953):
Ein neuer Pulsabnehmer für Kleintiere.
Arch. Exp. Path. Pharmak. 217, 399-400
- BREUNINGER, H. (1956):
Methode zur unblutigen Messung des Blutdruckes an Kleintieren.
Arzneimittelforschung 6, 222-225
- BROTEN, T. P.; ZEHR, J. E.; LIVNAT, A. (1988):
Statistical criteria for using short-term measurements as an index of 24-hour mean arterial pressure in unesthetized unrestrained dogs.
Life Sci. 42, 1625-1633
- BUNAG, R. D. (1983):
Facts and fallacies about measuring blood pressure in rats.
Clin. Exp. Hypertens. 5, 1659-1681
- BUSSE, R. (1995):
Gefäßsystem und Kreislaufregulation.
In: Schmidt, R. F. und Thews, G.: Physiologie des Menschen.
Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 26. Auflage., 498-561
- CHALIFOUX, A.; DALLAIRE, A.; BLAIS, D.; LARIVIERE, N.; PELLETIER, N. (1985):
Evaluation of the arterial blood pressure of dogs by two noninvasive methods.
Can. J. Comp. Med. 49, 419-423
- CIMINI, C. M.; ZAMBRASKI, E. J. (1985):
Non-invasive blood pressure measurement in yucatan miniature swine using tail cuff sphygmomanometrie.
Lab. Anim. Sci. 35, 412-416

- CLAUSS, H. (1910):
Beiträge zur Lehre der Nierenerkrankungen des Hundes.
Vet. Med. Diss., Bern
- COULTER, D. B.; KEITH, J. C. (1984):
Blood pressures obtained by indirect measurement in conscious dogs.
JAVMA 184, 1375-1378
- COULTER, D. W.; WHELAN, S. C.; WILSON, R. C.; GOETSCH, D. D. (1981):
Determination of blood pressure by indirect methods in dogs given acetylpromazine maleate.
Cornell Vet. 71, 76-84
- COWGILL, L. D. (1991):
Systemische Hypertension bei Hund und Katze.
Vet. Fachspiegel 2, 46-52
- CROWE, D. T.; SPRENG, D. E. (1985):
Doppler assesment of blood flow an pressure in surgical and critical care patients.
In: Bonagura, J. D.: Kirks's Current Veterinary Therapie XII.
W.B. Saunders Company, Philadelphia, USA, 113-114
- DARNALL, R. A. (1985):
Noninvasive blood pressure measurement in the neonate.
Clin. Perinatol. 12, 31-49
- DETWEILER, D. K. (1959):
The Heart.
In: Hoskins, H. P.; Lacroix, J. V.; Mayer, K.; Bone, J. F. und Golik, P. F.:
Canine Medicine. Amer. Vet. Publ. Inc., Santa Barbara, Kalifornien, 2. Auflage, 275-358
- DETWEILER, D. K.; TRAUTVETTER, E. (1980):
Bluthochdruck - Vorkommen und klinische Bedeutung.
Kleintierpraxis 25, 227-234
- DIEM, K.; LENTNER, C. (1977):
In: Ciba-Geigy-AG: Documenta Geigy. Wissenschaftliche Tabellen.
Thieme Verlag, Stuttgart, 8. Ausgabe, 548-550
- DUKES, K. (1992):
Hypertension: a review of the mechanisms, manifestations and management.
J. Small Anim. Pract. 33, 119-129
- ECKERT, R.; RANDALL, D. (1986):
In: Eckert, T.: Tierphysiologie.
Thieme Verlag, Stuttgart, New York, 1 Auflage, 505-524
- ENGELHARDT, W. V.; HAMPEL, K. H. (1962):
Ein Gerät zur Blutdruckmessung bei den Haustieren.
Tierärztl. Umsch. 17, 117-119
- ERHARDT, W.; HENKE, J.; SCABELL, P.; MATBURGER, C.; PETROWICZ, O. (1998):
Einsatzmöglichkeit der Blutdruckmessmanschette bei Hunden.
Kleintiermedizin 4, 14-16

- EVANS, A. T.; RIEBOLD, T. W. (1985):
Comparison of simultaneous blood pressure determinations by four methods in the anaesthetized horse.
Vet. Surg. 14, 72-73
- FERRIS, H. W.; HYNES, J. F. (1931):
Indirect blood pressure readings in dogs: Description of method and report of results.
J. Lab. Clin. Med. 16, 597-610
- FÖRSTER, W. (1976):
Eine Methode zur indirekten Blutdruckbestimmung bei Kalb und Rind mit Hilfe des Ultraschall-Doppler-Effekts.
Dtsch. Tierärztl. Wochenschr. 83, 64-65
- FRANCO, R. M.; OUSEY, J. C.; CASH, R. S. G.; ROSSDALE, P. D. (1986):
Study of arterial blood pressure in newborn foals using an electronic sphygmomanometer.
Equine Vet. J., 18, 475-478
- FRANKLIN, D. L.; BAKER, D. W.; ELLIS, R. M.; RUSHMER, R. F. (1959):
A pulsed ultrasonic flowmeter..
IRE Trans. Med. Electron, ME-6, 204-206
- FRANKLIN, D. L.; BAKER, D. W.; VAN CITTERS, R. L.; RUSHMER, R. F. (1962):
Continuous monitoring of the cardiovascular system of ambulatory dogs..
Proc. Ann. Conf. Biomed. Eng., San Diego, 2, 39-48
- FREUNDLICH, J. J.; DETWEILER, D. K.; HANCE, E. (1972):
Indirect blood pressure determination by the ultrasonic Doppler technique in dogs.
Curr. Ther. Res. 14, 73-80
- FRITSCH, R.; BOSLER, K. (1985):
Überwachung des Kreislaufes beim Pferd in Sedation und Narkose mittels unblutiger Blutdruckmessung.
Berl. Münch. Tierärztl. Wochenschr. 98, 166-173
- FRITSCH, R.; HAUSMANN, R. (1988):
Zur indirekten Blutdruckmessung am Pferd mit dem Dinamap 1255 Research Monitor.
Tierärztl. Prax. 16, 373-376
- GAINS, M. J.; GRODECKI, K. M.; JACOBS, R. M.; DYSON, D.; FOSTER, R. A. (1995):
Comparison of direct and indirect blood pressure measurements in anesthetized dogs.
Can. J. Vet. Res. 59, 238-240
- GANTEN, D. (1985):
Renin-Angiotensin-Systeme in extrarenalen Geweben.
In: Ganten, D. und Ritz, E.: Lehrbuch der Hypertonie.
Schattauer Verlag, Stuttgart, 1. Auflage, 159-162
- GARNER, H. E.; HAHN, A. W.; HARTLEY, J. W.; HUTCHESON, D. P.; COFFMAN, J. R. (1975):
Indirect blood pressure measurement in the dog.
Lab. Anim. Sci. 25, 197-202

- GAY, C. C.; McCARTHY, M.; REYNOLDS, W. T.; CARTER, J. (1977):
A method for indirect measurement of arterial blood pressure in the horse.
Austr. Vet. J. 53, 163-166
- GEDDES, L. A. (1991):
The indirect measurement of blood pressure.
In: Geddes, L. A.: Handbook of blood pressure measurement.
Humana Press, Clifton, New Jersey, 1. Auflage, 51-106
- GEDDES, L. A.; CHAFFEE, V.; WHISTLER, S. J.; BOURLAND, J. B.; TACKER, W. A. (1977):
Indirect mean blood pressure in the anesthetized pony.
Am. J. Vet. Res. 38, 2055-2057
- GEDDES, L. A.; COMBS, W.; DENTON, W.; WHISTLER, J.; BOURLAND, J. D. (1980):
Indirect mean arterial pressure in the anesthetized dog.
Am. J. Physiol. 238, H664-H666
- GEDDES, L. A.; MOORE, A. G.; GARNER, H.; ROSBOROUGH, J.; ROSS, J.; AMEND, J. (1970):
The indirect measurement of mean blood pressure in the horse.
Southwest. Vet. 23, 289-298
- GEDDES, L. A.; TIVEY, R. (1976):
The importance of cuff width in measurement of blood pressure indirectly.
Cardiovasc. Res. Cent. Bull. 14, 69-79
- GEDDES, L. A.; VOELZ, M.; COMBS, C.; REINER, D.; BABBS, C. F. (1982):
Characterization of the oscillometric method for measuring indirect blood pressure.
Ann. Biomed. Eng. 10, 271-280
- GEDDES, L. A.; WHISTLER, S. W. (1978):
The error in indirect blood pressure measurement with the incorrect size of cuff.
Am. Heart J. 96, 4-8
- GLEN, J. B. (1970):
Indirect blood pressure measurement in anaesthetized animals.
Vet. Rec. 87, 349-354
- GLEN, J. B. (1972):
Indirect pressure measurements in conscious horses.
Equine Vet. J. 4, 204-208
- GLEN, J. B. (1973):
The accuracy of indirect determination of blood pressure in dogs.
Res. Vet. Sci. 14, 291-5
- GOLDRING, D.; WOHLTMANN, H. (1952):
Flush Method for blood pressure determinations in newborn infants..
J. Pediatr. 40, 285-289
- GOODMAN, E. H.; HOWELL, A. A. (1911):
Further clinical studies in the auscultatory method of determining blood pressure-.
Am. J. Med. Sci. Sc. 142, 334-352

- GÖTZE, R. (1916):
Oszillatorische Blutdruckmessungen an gesunden und an Osteomalacie leidenden Pferden.
Vet. Med. Diss., Leipzig
- GRANDY, J. L.; DUNLOP, C. I.; HODGSON, D. S.; CURTIS, C. R.; CHAPMAN, P. L. (1992):
Evaluation of the Doppler ultrasonic method of measuring systolic arterial blood pressure in cats.
Am. J. Vet. Res. 53, 1166-1169
- GRANGER, G. P.; WEST, D.; SCOTT, J. (1994):
Abnormal pressure natriuresis in the dog model of obesity-induced hypertension.
Hypertension (Supplement I) 23, 18-111
- GRAUWILER, J.; SPÖRRI, H.; WEGMANN, H. (1958):
Zur graphischen Ermittlung des systolischen und diastolischen Blutdruckes bei Haustieren mittels des Infratonmikrophons und Druckmarkengebers von Brecht und Boucke.
Schweiz. Arch. Tierheilkd. 100, 297-318
- GRÜNBAUM, E.-G.; SCHIMKE, E. (1968):
Fortlaufende Blutdruckmessung bei Hund und Katze unter Halothannarkose.
Monatsh. Veterinärmed., 23, 149-153
- GUILLEBEAU, A. (1979):
Kritischer Vergleich der palpatorischen, oszillatorischen und Ultraschall-Doppler-Methode zur indirekten Messung des Blutdrucks bei Hund, Pferd und Rind.
Vet. Med. Diss., Zürich
- HACKENTAL, E. (1985):
Regulation der Reninsekretion.
In: Ganten, D. und Ritz, E.: Lehrbuch der Hypertonie.
Schattauer Verlag, Stuttgart, 1. Auflage, 153-158
- HAHN, A. W.; GARNER, H. E. (1977):
Indirect measurement of blood pressure in animals.
Adv. Vet. Sci. Comp. Med. 21, 1-18
- HAMILTON, W. F.; PUND, E. R.; SLAUGHTER, R. F.; SIMPSON, W. A.; COLSON, G. M.; COLEMAN, H. W.; BATEMAN, W. H. (1940):
Blood pressure values in street dogs.
Am. J. Physiol. 128, 113-118
- HAMLIN, R. L.; KITTLESON, M. D.; RICE, D.; KNOWLEN, G.; SEYFFERT, R. (1982):
Noninvasive measurement of systemic arterial pressure in dogs by automatic sphygmomanometry.
Am. J. Vet. Res. 43, 1271-1273
- HANSEN, B. (1995):
Blood pressure measurement.
In: Bonagura, J. D.: Kirks's Current Veterinary Therapie XII.
W.B. Saunders Company, Philadelphia, USA, 110-112
- HARTLEY, J. W.; HAHN, A. W.; GARNER, H. E.; NICHOLS, M. F. (1975):
Indirect blood pressure measurement in the dog: digital analysis of arterial wall velocity.
Biomed. Sci. Instrum. 11, 75-78

- HARVEY, J.; FALSETTI, H.; COOPER, P.; DOWNING, D. (1983):
Auscultatory indirect measurement of blood pressure in dogs.
Lab. Anim. Sci. 33, 370-372
- HASKINS, S. C. (1992):
Monitoring.
In: Paddleford, R. R. und Erhardt, W.: Kleintieranästhesie.
Schattauer Verlag, Stuttgart, 1 Auflage, 157-188
- HASSLER, C. R.; LUTZ, G. A.; LINEBAUGH, R.; CUMMINGS, K. D. (1979):
Identification and evaluation of noninvasive blood pressure measuring techniques.
Toxicol. Appl. Pharm. 47, 193-201
- HAUSMANN, R. (1988):
Die Veränderungen der Blutdrucke und einiger ausgewählter respiratorischer Parameter unter dem Einfluss eines neuartigen sedativ und analgetisch wirkenden Medikamentes, Detomidin Hydrochlorid, unter Berücksichtigung der Anwendbarkeit eines vollautomatischen oszillo-metrischen Blutdruckmessgerätes bei sich schnell ändernden und hohen Blutdrucken am Pferd.
Vet. Med. Diss., Gießen
- HERTRAMPF, B.; KRUSE, U. (1980):
Eine in der Praxis anwendbare Methode zur unblutigen Blutdruckmessung beim Schwein.
Dtsch. Tierärztl. Wochenschr. 87, 462-466
- HILL, G. E.; MACHIN, R. H. (1976):
Doppler determined blood pressure recordings: the effect of varying cuff sizes in children.
Can. Anaesth. Soc. J. 23, 323-326
- HORII, D.; HIGUCHI, T. (1985):
A device for indirect measurement of blood pressure in conscious dogs.
Tohoku. J. Exp. Med. 146(4), 479-80
- HORNING, J. G.; KIRKWOOD, G. B. (1924):
Blood pressure and its application in canine practice.
Vet. Med., 19, 36-41
- HORNING, J. G.; McKEE, A. J. (1925):
Blood pressure and its application in canine practice.
Vet. Medicine 20, 152-153
- HORNING, J. G.; McKEE, A. J. (1926):
Blood pressure and its application in canine practice.
JAVMA 68, 221-224
- HUISMAN, G. H. (1968):
Intravascular an intracardiac blood pressure in the dog.
Zbl. Vet. Med. 15, 581-586
- HUNTER, J. S.; McGRATH, C. J.; THATCHER, C. D.; REMILLARD, R. L.; McCAIN, W. C. (1990):
Adaption of human oscillometric blood pressure monitors for use in dogs.
Am. J. Vet. Res. 51, 1439-1442

- IRNICH, W (1970):
Zur Problematik der unblutigen Blutdruckmessung.
Arch. Kreisl. Forschung 61, 1-27
- JOHNSON, J. H.; GARNER, H. E.; HUTCHESON, A. P. (1976):
Ultrasonic measurement of arterial blood pressure in conditioned thoroughbreds.
Equine Vet. J. 8, 55-57
- KAINDL, F.; POLZER, K.; SCHUHFRIED, F. (1959):
In: Kaindl, F.; Polzer, K.; Schuhfried, F.: Rheographie: eine Methode zur Beurteilung peripherer Gefäße. Steinkopf Verlag, Darmstadt, 1 Auflage, 1-109
- KALLET, A. J.; COWGILL, L. D.; KASS, P. (1992 A):
Comparison of canine blood pressures and pulse rates obtained in clinic and at home by indirect oscillometry.
J. Vet. Intern. Med. 6, 115
- KALLET, A. J.; MADERA, C.; COWGILL, L. D.; KASS, P. (1992 B):
Comparison of direct arterial and indirect oscillometric measurement of blood pressure in conscious dogs.
J. Vet. Intern. Med. 6, 116
- KANAI, H.; IIZUKA, M.; SAKAMOTO, K. (1970):
One of the problems in the measurement of blood pressure by catheter-insertion: wave reflection at the tip of the catheter.
Med. Biol. Eng. Comput. 8, 483-496
- KARVONEN, M. J. (1962):
Effect of sphygmomanometer cuff size on blood pressure measurement.
WHO Bull. 27, 805-808
- KAR, S.; DRURY, J. K.; TOKIOKA, H.; MEERBAUM, S.; CORDAY, E. (1989):
Experimental evaluation of a new transducer tipped catheter.
Indian Heart J. 41, 213-220
- KATZ, J. I.; SKOM, J. H.; WAKERLIN, G. E. (1957):
Pathogenesis of spontaneous und pyelonephritic hypertension in dog.
Circ. Res. 5, 137-143
- KAZAMIAS, T. M.; GANDER, M. P.; FRANKLIN, D. L.; ROSS, J. (1971):
Blood pressure measurement with the Doppler ultrasonic flowmeter.
J. Appl. Physiol. 30, 585-588
- KEUL, W. (1929):
Vergleichende Blutdruckmessung an gesunden und kranken Hunden zwischen der palpatorischen und der von Allen angegebenen "modifizierten auskultatorischen" Methode.
Vet. Med. Diss., Leipzig
- KIRKENDALL, W. M.; FEINLEIB, M.; FREIS, E. D.; MARK, A. L. (1980):
AHA Committee Report: Recommendations for human blood pressure determination by sphygmomanometers.
Circulation 62, 1146A-1155A

- KITTLESON, M. D.; OLIVIER, N. B. (1983):
Measurement of systemic arterial blood pressure.
Vet. Clin. North Am. Small Anim. Pract. 13, 321-336
- KLEIST, A. (1991):
Experimentelle Untersuchungen zur indirekten (unblutigen) Blutdruckmessung am Hund mit zwei verschiedenen oszillometrisch messenden Geräten im Vergleich zur simultan durchgeführten direkten (blutigen) Blutdruckmessung.
Vet. Med. Diss., München
- KLEVANS, L. R.; HIRKALER, G.; KOVACS, J. L. (1979):
Indirect blood pressure determination by Doppler technique in renal hypertensive cats.
Am. J. Physiol. 237, H720-723
- KOBAYASHI, D. L.; PETERSON, M. E.; GRAVES, T. K.; LESSER, M.; NICHOLS, C. E. (1990):
Hypertension in cats with chronic renal failure or hyperthyroidism.
J. Vet. Intern. Med. 4, 58-62
- KOLB, E. (1962):
Herz und Kreislauf.
In: Kolb, E.; Lehrbuch der Physiologie der Haustiere.
VEB Gustav Fischer Verlag, Jena, 1. Aufl., 433-488
- KOLLS, A. C. (1920):
An indirect method for the determination of blood pressure in the unesthetized dog.
J. Pharmacol. Exp. Ther. 15, 443-452
- KOROTKOFF, N.S. (1905)
On the subject of methods of determining blood pressure.
Bull. Imp. Military. Med. Acad. St. Petersburg 11, 365-367
- KRUSE, U. (1980):
Eine in der Praxis anwendbare Methode zur unblutigen Blutdruckmessung beim Schwein.
Vet. Med. Diss., Hannover
- KÜHN, A.; SCHMIDTKE, H.-O.; SCHMIDTKE, D. (1979):
Unblutige Blutdruckmessung an unsedierten Hunden.
Kleintierpraxis 24, 81-84
- KUTZ, S. A.; DETWEILER, D. K.; CIMPRICH, R. E.; SMITH, S. G.; DEBAECKE, P. J. (1985):
Evaluation of a direct blood pressure measurement technique for canine toxicity studies.
Fundam. Appl. Toxicol. 5, 391-398
- KVART, C. (1979):
An ultrasonic method for indirect blood pressure measurement in the horse.
J. Equine Med. Surg. 3, 16-23
- LATSHAW, H.; FESSLER, J. F.; WHISTLER, S. J.; GEDDES, L. A. (1979):
Indirect measurement of mean blood pressure in the normotensive and hypotensive horse.
Equine Vet. J. 11, 191-194

- LEKHOLM, A.; LINDSTRÖM, L. (1969):
Optoelectronic transducer for intravascular measurements of pressure variations.
Med. Biol. Eng. Comput. 7, 333-335
- LESSER, M.; FOX, P. R.; BOND, B. R. (1992):
Assesment of hypertension in 40 cats with left ventricular hypertrophy by Doppler-shift
sphygmomanometry.
J. Small Anim. Pract. 33, 55-58
- LITTMAN, M. P.; DROBATZ, K. J. (1995):
Hypertensive and Hypotensive Disorders.
In: Ettinger, S. J. und Feldmann, E. C.: Textbook of veterinary internal medicine.
W. B. Saunders Company, Philadelphia, Lonon, Toronto, Montreal, Sydney, Tokyo,
4. Ausgabe, 93-100
- LITTMAN, M. P.; ROBERTSON, J. L.; BOVEE, K. C. (1988):
Spontaneous systemic hypertension in dogs: five cases.
JAVMA 193, 486-494
- LIVNAT, A.; ZEHR, J. E.; BROTEN, T. P. (1984)
Ultradian oscillations in blood pressure an heart rate in free-running dogs.
Am. J. Physiol. 246, R817-R824
- LUDDERS, J. W.; REITAN, J. A.; MARTUCCI, R.; FUNG, D. L.; STEFFEY, E. P. (1983):
Blood pressure response to phenylephrine infusion in halothane-anesthetized dogs given
acetylpromazine maleate.
Am. J. Vet. Res. 44, 996-999
- MAHONEY, L. T.; BRODY, M. J. (1978):
A method for indirect recording of arterial pressure in the conscious cat.
J. Pharmacol. Meth. 1, 61-66
- MANNING, D. M.; KUCHIRKA, C.; KAMINSKI, J. (1983):
Miscuffing: Inappropriate blood pressure cuff application.
Circulation 68, 763-766
- MANN, W. A.; LANDI, M. S.; HORNER, E.; WOODWARD, P.; CAMPBELL, S.;
KINTER, L.B. (1987):
A simple procedure for direct blood pressure measurements in conscious dogs.
Lab. Anim. Sci. 37, 105-108
- MATTHES, D.; SCHÜTZ, P.; HÜLLEMANN, K. D. (1978):
Unterschiede zwischen indirekt und direkt ermittelten Blutdruckwerten.
Med. Klin. 73, 371-376
- MAUCK, G. W.; SMITH, C. R.; GEDDES, L. A.; BOURLAND, J. D. (1980):
The meaning of the point of maximum oscillations in cuff pressure in the indirect
measurement of blood pressure. Part II.
J. Biomech. Eng. 102, 28-33
- McCUBBIN, J. W.; CORCORAN, A.C. (1953):
Arterial pressures in street dogs: incidence and significance of hypertension.
Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 84, 130-131

- McCUTCHEON, E. P.; RUSHMER, R. F. (1967):
Korotkoff sounds. An experimental critique.
Circ. Res. 20, 149-161
- McGRATH, C. J.; BRUNSON, D. B.; BURKE, P. A.; CRIMI, A. J. (1977):
Clinical application of indirect blood pressure monitoring in the dog.
Canine Pract. 4, 28-38
- McLEISH, I. (1977):
Doppler ultrasonic arterial pressure measurement in the cat.
Vet. Rec. 100, 290-291
- MEIER, D. (1991):
Untersuchungen zur Kreislaufüberwachung narkotisierter Kleintiere mit einem Gerät zur nichtinvasiven Blutdruckmessung, das Oszillometrie und Photoplethysmographie kombiniert.
Vet. Med. Diss., Wien
- MÉNARD, J.; BOUHNİK, J.; CLAUSER, E.; GARDES, J.; GENAIN, C.; CORVOL, P. (1985):
Angiotensinogen.
In: Ganten, D. und Ritz, E.: Lehrbuch der Hypertonie.
Schattauer Verlag, Stuttgart, 1. Auflage, 163-169
- MEURS, K. M.; MILLER, M. W.; SLATER, M. R. (1996):
Comparison of the indirect oscillometric and direct arterial methods for blood pressure measurements in anesthetized dogs.
J. Am. Anim. Hosp. Assoc. 32, 471-475
- MUIR, W. W.; WADE, A.; GROSPITCH, B. (1983):
Automatic noninvasive sphygmomanometry in horse.
JAVMA 182, 1230-1233
- MÜLLER, L. F. (1963):
Der psychische Einfluß auf den Blutdruck des Hundes.
Tierärztl. Umsch. 18, 296-304
- MURRAY, I. P. (1981):
Complications of invasive monitoring.
Med. Instrum. 15, 85-89
- O'BRIEN, D. J.; CHAPMAN, W. H.; RUDD, F. V.; McROBERTS, J. W. (1971):
Carotid artery loop method of blood pressure measurement in the dog.
J. Appl. Phys. 30, 161-163
- PALM, D.; HELLENBRECHT, D.; QUIRING, K. (1992):
Pharmakologie noradrenerger und adrenerger Systeme.
In: Forth, W.; Henschler, D.; Rummel, W. und Starke, K.:
Pharmakologie und Toxikologie, 6. Auflage
BI Wissenschaftsverlag, Mannheim, Leipzig, Wien, Zürich, 6. Auflage, 148-199
- PARRY, B. W.; GAY, C. C.; McCARTHY, M. A. (1980):
Influence of head height on arterial blood pressure in standing horse.
Am. J. Vet. Res. 41, 1626-1631
- PARRY, B. W.; McCARTHY, M. A.; ANDERSON, G. A.; GAY, C. C. (1982):

Correct occlusive bladder width for indirect blood pressure measurement in horses.
Am. J. Vet. Res. 43, 50-54

PAUSCHINGER, P. (1950)

Zum Entstehungsmechanismus der präanakrotischen, negativen Welle und ihrem Zusammenhang mit dem Korotkoffschen Geräusch.
Naturwissenschaften 43, 455

PAUSCHINGER P.; BARBEY K.; BRECHT K. (1958):

Über die hämodynamischen Grundlagen der auskultatorischen und graphischen Kriterien bei der Blutdruckmessung nach Riva-Rocci-Korotkoff..
Klin. Wochenschr. 36, 915-924

PENAZ, J. (1973):

Photoelectrical measurement of blood pressure, volume and flow in the finger.
Digest. 10th Int. Conf. Med. Biol. Eng. Dresden: The International Federation for Medical & Biological Engineering, 104

PETTERSEN, J. C.; LINARTZ, R. R.; HAMLIN, R. L.; STALL, R. F. (1988):

Noninvasive measurement of systemic arterial blood pressure in the conscious Beagle dog.
Fundam. Appl. Toxicol. 10, 89-97

PILOSOF, V.; SCHÖBER, J. G.; PETERS, D.; BÜHLMAYER, K. (1985):

Non-invasive oscillometric measurement of systolic, mean and diastolic blood pressure in infants with congenital heart defects after operation. A comparison with direct blood pressure measurements.
Eur. J. Pediatr. 144, 324-330

POSEY, J. A.; GEDDES, L. A.; WILLIAMS, H.; MOORE, A. G. (1969):

The meaning of the point of maximum oscillations in cuff pressure in the indirect measurement of blood pressure.
Cardiovasc. Res. Cent. Bull. 8, 15-25

PRIOLI, N. A.; WINBURY, M. M. (1960):

Indirect method for blood pressure determination in the dog.
J. Appl. Physiol. 15, 323-324

RAMSEY, M. (1979):

Noninvasive automatic determination of mean arterial pressure.
Fundam. Eng. Comput. 17, 11-18

REBENSON-PIANO, M.; HOLM, K.; POWERS, M. (1987):

An examination of the differences that occur between direct and indirect blood pressure measurement.
Heart Lung 16, 285-294

REICHLE, F. A. (1972):

Noninvasive blood pressure measurement in the rat by ultrasonic auscultation.
J. Surg. Res. 11, 539-544

- REMILLARD, R. L.; ROSS, J. N.; EDDY, J. B. (1991):
Variance of indirect blood pressure measurements and prevalence of hypertension in clinically normal dogs.
Am. J. Vet. Res. 52, 561-565
- RIVA-ROCCI, S. (1896):
Un nuovo sfigmomanometro.
Gazz. med. di Torino 47, 981-1000
- ROBINSON, E.P.; SAMS, R. A.; MUIR, W. W. (1986):
Barbiturate anesthesia in greyhound and mixed-breed dogs: comparative cardiopulmonary effects, anesthetic effects, and recovery rates.
Am. J. Vet. Res., 47, 2105-2112
- ROMAGNOLI, A. (1952):
Sull'impiego dell'elettromanometro e dell'elettropletismographo in medicina veterinaria.
Atti. Soc. Ital. Sci. Vet. 6, 334-338
- ROMAGNOLI, A. (1953):
A comparative study of blood pressure measurements in dogs.
Cornell. Vet. 43, 161
- ROSS, L. R. (1985):
Endocrine Hypertension.
In: Bonagura, J. D.: Kirks's Current Veterinary Therapie XII.
W.B. Saunders Company, Philadelphia, USA, 309-313
- ROTHER, C. F.; KIM, K. C. (1980):
Measuring systolic arterial blood pressure. Possible errors from extension tubes or disposable transducer domes.
Crit. Care. Med. 8, 683-689
- RULE, C. (1943):
A simple auscultatory technique for the estimation of blood pressure in dogs.
J. Lab. Clin. Med. 29, 97-98
- SABBAH, H. N.; STEIN, P. D. (1976):
Semi-invasive method for instantaneous and phasic measurement of arterial blood pressure.
Med. Instrum. 10, 189-192
- SACHS, L. (1992):
In: Sachs, L.: Angewandte Statistik.
Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 7. Auflage, 540
- SANDER, CH.; HÖRAUF, A.; REUSCH, C. (1998):
Indirekte Blutdruckmessung bei Katzen mit Diabetes mellitus, chronischer Nephropathie und hypertropher Kardiomyopathie.
Tierärztl. Prax. 26, 110-118
- SANDER, CH.; KOLB, S.; HÖRAUF, A.; REUSCH, C. (1996):
Indirekte Blutdruckmessung bei gesunden Hunden und Katzen.
Kleintierpraxis 41, 5-17

- SATOMURA, S.; KANEKO, Z. (1960):
Ultrasonic blood rheograph..
3rd Intern. Conj. Med. Elect., London, 254-258
- SAWAZAKI, H.; HIROSE, H.; IBARAKI, T.; SUGANO, S. (1976):
An indirect method for measurement of systemic blood pressure in animals.
Jap. J. Vet. Sci. 38, 305-308
- SAWYER, D. C.; BROWN, M.; STRILER, E. L.; DURHAM, R. A.; LANGHAM, M. A.;
RECH, R. H. (1991):
Comparison of direct and indirect blood pressure measurement in anaesthetized dogs.
Lab. Anim. Sci. 41, 134-238
- SCHMIDTKE, H. O.; SCHMIDTKE, D.; KÜHN, U. (1977):
Unblutige Blutdruckmessung bei sedierten und anästhesierten Hunden und Katzen.
Kleintierpraxis 22, 14-19
- SCHMIDT-OECHTERING, G. U.; ALEF, M.; SCHIMKE, E. (1995)
Gebräuchlichste Formen der Schmerzausschaltung.
In: Freudiger, U.; Grünbaum, E.-G. und Schimke, E.: Klinik der Hundekrankheiten
Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 2. Auflage, 93-144
- SCHMIDT-OECHTERING, G. U.; TRAUTVETTER, E. (1987):
Narkoseüberwachung bei Hund und Katze.
Report 25, 15-23
- SCHOLTYSIK, G. (1967):
Über die operative Herstellung von Carotisschlingen am Hund und deren Verwendung zur
direkten Blutdruckmessung.
Pflügers Arch. Ges. Physiol. 299, 94-98
- SCHRAGEL, I. (1989):
Untersuchungen zur indirekten Blutdruckmessung am Hund mit einem oszillometrisch
arbeitenden Blutdruckmessgerät.
Vet. Med. Diss., Wien
- SCULLY, P.; CHAN, P. S.; CERVONI, P. (1983):
A method of measuring direct arterial blood pressure.
Canine Pract. 10, 24-33
- SEDLACEK, H.; GÜNZEL, P.; WIEMANN, H.; THIEDE, H. M. (1973):
Beitrag zur Methodik der wiederholten arteriellen Blutdruckmessung am wachen Hund im
Rahmen langfristiger systemischer Verträglichkeitsprüfungen.
Z. Versuchstierk. 15, 332-341
- SELDINGER, S. I. (1953):
Catheter replacement of the needle in percutaneous arteriography.
Acta. Radiol. 39, 368-376
- SHIMADA, S. G.; MARSH, D. J. (1979):
Oscillations in mean arterial blood pressure in conscious dogs.
Circ. Res. 44, 692-700

- SIEDENTOPF, C. (1984):
Blutdruckmessung beim Pferd mit einem automatisierten indirekt messenden Gerät.
(Vergleichende direkt-indirekte Messungen und Untersuchungen an narkotisierten und
stehenden Pferden).
Vet. Med. Diss., Berlin
- SIMPSON, J. A.; JAMIESON, G.; DICKHAUS, D. W. (1965):
Effect of size of cuff bladder on accuracy of measurement of indirect blood pressure.
Am. Heart. J. 70, 208-215
- SKLASCHUS, H.; WERNER, J. (1970):
Ein einfaches transistorverstärkendes Anzeigegerät zur unblutigen Messung des
systolischen und des mittleren Blutdruckes bei Hund und Katze.
Berl. Münch. Tierärztl. Wochenschr. 83, 47-50
- SPAETH, A. (1910):
Über klinische Blutdruckmessung beim Hunde.
Vet. Med. Diss., Bern
- SPÖRRI, H. (1987):
Blutkreislauf.
In: Wittke, G.: Lehrbuch der Veterinärphysiologie (A. Scheunert / A. Trautmann).
Paul Parey Verlag, Berlin, Hamburg, 7. Auflage, 209-301
- SPÖRRI, H.; LEEMAN, W. (1961):
Das Verhalten des Blutdruckes bei Hunden mit chronisch-interstitieller Nephritis.
Zentralbl. Veterinärmed. 8, 523-532
- SPRENG, D. E.; SPRENG, E.; KIRBY, R.; SCHAWALDER, P. (1996):
Überwachung des Notfall- und Intensivpatienten: Einfache diagnostische Hilfsmittel.
Schweiz. Arch. Tierheilkd. 138, 537-545
- STEGALL, H. F.; KARDON, M. B.; KEMMERER, W. T. (1968):
Indirect measurement of arterial blood pressure by Doppler ultrasonic
sphygmomanometry.
J. Appl. Phys. 25, 793-798
- STOCK, G. (1985):
Regulation des Blutdruckes.
In: Ganten, D. und Ritz, E.: Lehrbuch der Hypertonie.
Schattauer Verlag, Stuttgart, 1. Auflage, 21-48
- STOKES, D. N.; CLUTTON-BROCK, T.; PATIL, C.; THOMPSON, J. M.; HUTTON, P.
(1991):
Comparison of invasive and non-invasive measurements of continuous arterial pressure
using the Finapres.
Br. J. Anaesth. 67, 26-35
- STROEMBERG, B.; STORY, E. (1972)
Ultrasonic indirect blood pressure recordings in the dog.
Acta. Radiol. Suppl. Stockh. 319, 287-9

- TABARU, H.; WATANABE, H.; TANAKA, M.; NAKAMA, S. (1990):
Non-invasive measurement of systemic arterial pressure by Finapres in anaesthetized dogs.
Jpn. J. Vet. Sci., 52(2), 427-430
- TAYLOR, P. M. (1981):
Techniques and clinical application of arterial blood pressure measurements in the horse.
Equine Vet. J. 13, 271-275
- TOLL, M. O. (1984):
Direct blood-pressure measurements: Risks, technological Evolution and some current problems.
Med. Biol. Eng. Comput. 22, 2-5
- UNGER, T. (1985):
Konversionsenzym.
In: Ganten, D. und Ritz, E.: Lehrbuch der Hypertonie.
Schattauer Verlag, Stuttgart, 1. Auflage, 170-173
- UR, A.; GORDON, M. (1970):
Origin of Korotkoff sounds.
Am. J. Physiol. 218 524-529
- VALTONEN, M. H.; ERIKSSON, L. M. (1970):
The effect of cuff width on accuracy of indirect blood pressure measurement in dogs.
Res. Vet. Sci. 11, 358-362
- VOELZ, M. (1981):
Measurement of the blood-pressure constant k, over a pressure range in the canine radial artery.
Med. Biol. Eng. Comput. 19, 535-537
- VOLLMAR, A. M.; REUSCH, C. (1991):
Diagnostische Möglichkeiten der ANP-Plasmamessung beim Hund.
Tierärztl. Prax. 19, 193-196
- VON BASCH, S. (1880):
Über Messungen des Blutdrucks am Menschen.
Zschr. Klin. Med. 2, 6-10
- VON RECKLINGHAUSEN, H. (1901):
Über Blutdruckmessung beim Menschen.
Arch. Exp. Path. Pharmak. 46, 78
- VON RECKLINGHAUSEN, H. (1906):
Unblutige Blutdruckmessung.
Arch. Exp. Path. Pharmak. 55, 375-504
- VON RECKLINGHAUSEN, H. (1931):
In: von Recklinghausen, H.: Neue Wege der Blutdruckmessung.
Springer Verlag, Berlin, 1. Auflage
- VON RECKLINGHAUSEN, H. (1940):
In: von Recklinghausen, H.: Blutdruckmessung und Kreislauf.
Verlag Th. Steinkopff, Dresden, Leipzig, 1. Auflage

- WEISER, M. G.; SPANGLER, W. L.; GRIBBLE, D. H. (1977):
Blood Pressure Measurement in the Dog.
JAVMA 171 364-368
- WERNER, J. (1972):
Methodische Untersuchungen zur unblutigen Messung des Blutdruckes beim Hund.
Zentralbl. Veterinärmed. 19, 142-192
- WERNER, J. (1980):
Kritik dreier Methoden zur unblutigen Messung des Blutdrucks bei Tieren.
Kleintierpraxis 25, 485-494
- WERNER, J.; SCHÄFER, E. (1977):
Ein neues Gerät zur unblutigen Blutdruckmessung und zur Pulskontrolle für die
Operationsüberwachung an Tieren.
Kleintierpraxis 22, 50-54
- WERNER, J.; SCHÄFER, E.; TRAUTVETTER, E. (1977 A):
Zur unblutigen Blutdruckmessung an Haustieren.
Zentralbl. Veterinärmed. 24, 229-241
- WERNER, J.; SCHÄFER, E.; TRAUTVETTER, E. (1977 B):
Zur unblutigen Blutdruckmessung an Haustieren.
Zentralbl. Veterinärmed. 24, 269-276
- WESSALE, J. L.; SMITH, L. A.; REID, M.; JANAS, W.; CARTER, A. B.; GEDDES, L. A.
(1985):
Indirect auscultatory systolic and diastolic pressures in the anesthetized dog.
Am. J. Vet. Res. 46, 2129-2132
- WESTERHOF, N.; SIPKEMA, P.; VAN DEN BOS, G. C.; ELZINGA, G. (1972):
Forward and backward waves in the arterial system.
Cardiovasc. Res. 6, 648-656
- WETTERER, E.; BAUER, R. D.; BUSSE, R. (1985):
Bau und Funktion des Gefäßsystems.
In: Keidel, W. D.: Kurzgefaßtes Lehrbuch der Physiologie.
Thieme Verlag, Stuttgart, New York, 6. Auflage, 6.01-6.63
- WILCOX, L. D.; PASSI, R.; SALES, J.; COPELAND, L.; SIMPSON, D. (1974):
Blood pressure by auscultation over the carotid artery of the dog.
J. Surg. Res. 17, 338-340
- WILLIAMS, P. B.; SCHARPIRO, H.; YEISER, P. E. (1979):
Noninvasive blood pressure determination in the rabbit with a Doppler ultrasound probe
(40564).
Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 161, 417-420
- WILSON, R. B.; CLARKE, T. J. (1964):
Indirect measurement of systolic blood pressure in dogs by the use of a xylo pulse
indicator.
JAVMA 144, 981-984

- YAMAKOSHI, K.-I.; SHIMAZU, H.; TOGAWA, T. (1979):
Indirect measurement of instantaneous arterial blood pressure in the rat.
Am. J. Phys. 237, H632-H637
- ZINGG, W.; BAINES, W. D.; MATHUR, A. N. (1968):
Errors in intra-arterial blood-pressure measurements.
Can. J. Surg. 11, 93-96

9. Anhang

9.1. Tabellen 16 - 39

Abkürzungen in Tabellen 16-39

DAD(A)	diastolischer arterieller Druck direkt gemessen
DAD(M)	diastolischer arterieller Druck indirekt gemessen am Metatarsus
DAD(R)	diastolischer arterieller Druck indirekt gemessen am Radius
DAD(S)	diastolischer arterieller Druck indirekt gemessen am Schwanzansatz
DAD(T)	diastolischer arterieller Druck indirekt gemessen an der Tibia
dB	direkter Blutdruck
ΔB	Differenz von direktem und indirektem Blutdruck
ΔHKG	Differenz der Werte von Hauptkomponentengerade und indirektem Blutdruck
HKG	Hauptkomponentengerade
iB	indirekter Blutdruck
MAD(A)	mittlerer arterieller Druck direkt gemessen
MAD(M)	mittlerer arterieller Druck indirekt gemessen am Metatarsus
MAD(R)	mittlerer arterieller Druck indirekt gemessen am Radius
MAD(S)	mittlerer arterieller Druck indirekt gemessen am Schwanzansatz
MAD(T)	mittlerer arterieller Druck indirekt gemessen an der Tibia
n.s.	nicht signifikant
p	Signifikanz
r	Korrelationskoeffizient
s	Standardabweichung
SAD(A)	systolischer arterieller Druck direkt gemessen
SAD(M)	systolischer arterieller Druck indirekt gemessen am Metatarsus
SAD(R)	systolischer arterieller Druck indirekt gemessen am Radius
SAD(S)	systolischer arterieller Druck indirekt gemessen am Schwanzansatz
SAD(T)	systolischer arterieller Druck indirekt gemessen an der Tibia
t-Test I	Zweiseitiger t-Test für verbundene Stichproben
t-Test II	t-Test zur Prüfung des Regressionskoeffizienten auf Abweichung vom Wert Null
x_{\max}	Maximum
x_{\min}	Minimum
\cong	arithmetischer Mittelwert

Tabelle 16:

DinamapTM	SAD(A)	SAD(M)	≙ (dB/iB)	ΔB	HKG	ΔHKG
Cleo	235,00	171,00	203,00	64,00	168,74	-2,26
Schweinchen	275,00	203,00	239,00	72,00	196,13	-6,87
Rex	120,00	84,00	102,00	36,00	90,01	6,01
Inka	281,00	150,00	215,50	131,00	200,24	50,24
Elsa	96,00	94,00	95,00	2,00	73,58	-20,42
Taiga	120,00	88,00	104,00	32,00	90,01	2,01
Arko	186,00	151,00	168,50	35,00	135,20	-15,80
Cent	154,00	96,00	125,00	58,00	113,29	17,29
Samson	171,00	121,00	146,00	50,00	124,93	3,93
Max	138,00	85,00	111,50	53,00	102,33	17,33
Annegret	195,00	132,00	163,50	63,00	141,36	9,36
Monja	195,00	124,00	159,50	71,00	141,36	17,36
Babsi	204,00	142,00	173,00	62,00	147,52	5,52
Lisa	109,00	96,00	102,50	13,00	82,48	-13,52
Groll	181,00	126,00	153,50	55,00	131,77	5,77
Duke	129,00	79,00	104,00	50,00	96,17	17,17
Sheila	244,00	169,00	206,50	75,00	174,90	5,90
Marko	192,00	174,00	183,00	18,00	139,30	-34,70
Bora	198,00	192,00	195,00	6,00	143,41	-48,59
Ulli	180,00	121,00	150,50	59,00	131,09	10,09
Huutsch	174,00	144,00	159,00	30,00	126,98	-17,02
Chucky	180,00	145,00	162,50	35,00	131,09	-13,91
Polly	215,00	150,00	182,50	65,00	155,05	5,05
≙	181,39	132,04		49,35		
r	0,832	p < 0,001				
s	49,320	35,899		27,81		20,27
2s	98,640	71,798		55,62		40,54
t-Test I	p < 0,001					
x_{min}	96,00	79,00		2,00		2,01
x_{max}	281,00	203,00		131,00		50,24
Steigung			0,343			
t-Test II			p < 0,05			

Tabelle 17:

DinamapTM	SAD(A)	SAD(T)	≅ (dB/iB)	ΔB	HKG	ΔHKG
Cleo	234,00	177,00	205,50	57,00	182,48	5,48
Schweinchen	255,00	194,00	224,50	61,00	195,66	1,66
Rex	118,00	91,00	104,50	27,00	109,70	18,70
Inka	286,00	188,00	237,00	98,00	215,11	27,11
Elsa	95,00	106,00	100,50	-11,00	95,27	-10,73
Taiga	123,00	99,00	111,00	24,00	112,84	13,84
Arko	188,00	150,00	169,00	38,00	153,62	3,62
Cent	163,00	143,00	153,00	20,00	137,93	-5,07
Samson	174,00	150,00	162,00	24,00	144,84	-5,16
Max	139,00	128,00	133,50	11,00	122,87	-5,13
Annegret	203,00	138,00	170,50	65,00	163,03	25,03
Monja	193,00	151,00	172,00	42,00	156,76	5,76
Babsi	204,00	154,00	179,00	50,00	163,66	9,66
Lisa	111,00	106,00	108,50	5,00	105,31	-0,69
Groll	164,00	151,00	157,50	13,00	138,56	-12,44
Duke	128,00	139,00	133,50	-11,00	115,97	-23,03
Sheila	237,00	181,00	209,00	56,00	184,36	3,36
Marko	190,00	174,00	182,00	16,00	154,87	-19,13
Bora	202,00	187,00	194,50	15,00	162,40	-24,60
Ulli	184,00	162,00	173,00	22,00	151,11	-10,89
Huutsch	171,00	142,00	156,50	29,00	142,95	0,95
Chucky	187,00	111,00	149,00	76,00	152,99	41,99
Polly	212,00	209,00	210,50	3,00	168,68	-40,32
≅	180,91	149,17		31,74		
r	0,828	p < 0,001				
s	47,742	32,319		27,72		18,40
2s	95,484	64,638		55,44		36,79
t-Test I	p < 0,001	n.s.				
x_{min}	95,00	91,00		3,00		-0,69
x_{max}	286,00	209,00		98,00		41,99
Steigung			0,420			
t-Test II			p < 0,01			

Tabelle 18:

DinamapTM	SAD(A)	SAD(S)	≅ (dB/iB)	ΔB	HKG	ΔHKG
Cleo	251,00	154,00	202,50	97,00	164,18	10,18
Schweinchen	249,00	171,00	210,00	78,00	163,25	-7,75
Rex	115,00	92,00	103,50	23,00	101,25	9,25
Inka	kupiert	kupiert	kupiert	kupiert	kupiert	kupiert
Elsa	94,00	90,00	92,00	4,00	91,53	1,53
Taiga	122,00	112,00	117,00	10,00	104,49	-7,51
Arko	164,00	126,00	145,00	38,00	123,92	-2,08
Cent	164,00	130,00	147,00	34,00	123,92	-6,08
Samson	187,00	119,00	153,00	68,00	134,56	15,56
Max	kupiert	kupiert	kupiert	kupiert	kupiert	kupiert
Annegret	213,00	127,00	170,00	86,00	146,59	19,59
Monja	194,00	138,00	166,00	56,00	137,80	-0,20
Babsi	201,00	137,00	169,00	64,00	141,04	4,04
Lisa	109,00	95,00	102,00	14,00	98,47	3,47
Groll	185,00	143,00	164,00	42,00	133,64	-9,36
Duke	141,00	125,00	133,00	16,00	113,28	-11,72
Sheila	238,00	153,00	195,50	85,00	158,16	5,16
Marko	187,00	141,00	164,00	46,00	134,56	-6,44
Bora	198,00	155,00	176,50	43,00	139,65	-15,35
Ulli	187,00	137,00	162,00	50,00	134,56	-2,44
Huutsch	170,00	126,00	148,00	44,00	126,70	0,70
Chucky	187,00	125,00	156,00	62,00	134,56	9,56
Polly	218,00	159,00	188,50	59,00	148,91	-10,09
≅	179,71	131,19		48,52		
r	0,905	p < 0,001				
s	44,180	21,771		26,18		9,31
2s	88,360	43,542		52,37		18,61
t-Test I	p < 0,001					
x_{min}	94,00	90,00		0,00		0,00
x_{max}	251,00	171,00		97,00		19,59
Steigung			0,710			
t-Test II			p < 0,001			

Tabelle 19:

Dinamap™	SAD(A)	SAD(R)	≙ (dB/iB)	ΔB	HKG	ΔHKG
Cleo	229,00	167,00	198,00	62,00	160,86	-6,14
Schweinchen	239,00	191,00	215,00	48,00	165,03	-25,97
Rex	114,00	95,00	104,50	19,00	112,92	17,92
Inka	296,00	158,00	227,00	138,00	188,79	30,79
Elsa	96,00	105,00	100,50	-9,00	105,42	0,42
Taiga	128,00	122,00	125,00	6,00	118,76	-3,24
Arko	177,00	133,00	155,00	44,00	139,18	6,18
Cent	169,00	149,00	159,00	20,00	135,85	-13,15
Samson	186,00	147,00	166,50	39,00	142,94	-4,06
Max	140,00	117,00	128,50	23,00	123,76	6,76
Annegret	216,00	121,00	168,50	95,00	155,44	34,44
Monja	194,00	140,00	167,00	54,00	146,27	6,27
Babsi	206,00	159,00	182,50	47,00	151,27	-7,73
Lisa	113,00	119,00	116,00	-6,00	112,51	-6,49
Groll	187,00	145,00	166,00	42,00	143,35	-1,65
Duke	119,00	118,00	118,50	1,00	115,01	-2,99
Sheila	240,00	165,00	202,50	75,00	165,45	0,45
Marko	179,00	169,00	174,00	10,00	140,02	-28,98
Bora	202,00	164,00	183,00	38,00	149,61	-14,39
Ulli	192,00	126,00	159,00	66,00	145,44	19,44
Huutsch	176,00	141,00	158,50	35,00	138,77	-2,23
Chucky	196,00	140,00	168,00	56,00	147,10	7,10
Polly	218,00	169,00	193,50	49,00	156,27	-12,73
≙	183,13	141,74		41,39		
r	0,768	p < 0,001				
s	48,320	23,949		33,64		15,44
2s	96,640	47,898		67,27		30,89
t-Test I	p < 0,001					
x_{min}	96,00	95,00		1,00		0,42
x_{max}	296,00	191,00		138,00		34,44
Steigung			0,752			
t-Test II			p < 0,001			

Tabelle 20:

Dinamap™	MAD(A)	MAD(M)	≙ (dB/iB)	ΔB	HKG	ΔHKG
Cleo	126,00	126,00	126,00	0,00	129,89	3,89
Schweinchen	145,00	159,00	152,00	-14,00	161,54	2,54
Rex	80,00	65,00	72,50	15,00	53,25	-11,75
Inka	115,00	96,00	105,50	19,00	111,56	15,56
Elsa	73,00	67,00	70,00	6,00	41,58	-25,42
Taiga	74,00	59,00	66,50	15,00	43,25	-15,75
Arko	98,00	95,00	96,50	3,00	83,24	-11,76
Cent	109,00	64,00	86,50	45,00	101,56	37,56
Samson	94,00	81,00	87,50	13,00	76,57	-4,43
Max	100,00	64,00	82,00	36,00	86,57	22,57
Annegret	81,00	89,00	85,00	-8,00	54,91	-34,09
Monja	114,00	82,00	98,00	32,00	109,89	27,89
Babsi	123,00	114,00	118,50	9,00	124,89	10,89
Lisa	81,00	49,00	65,00	32,00	54,91	5,91
Groll	95,00	84,00	89,50	11,00	78,24	-5,76
Duke	92,00	54,00	73,00	38,00	73,24	19,24
Sheila	116,00	112,00	114,00	4,00	113,23	1,23
Marko	124,00	126,00	125,00	-2,00	126,55	0,55
Bora	115,00	135,00	125,00	-20,00	111,56	-23,44
Ulli	97,00	82,00	89,50	15,00	81,57	-0,43
Huutsch	96,00	94,00	95,00	2,00	79,90	-14,10
Chucky	106,00	107,00	106,50	-1,00	96,57	-10,43
Polly	112,00	97,00	104,50	15,00	106,56	9,56
≙	102,87	91,35		11,52		
r	0,824	p < 0,001				
s	18,415	28,205		16,68		17,61
2s	36,830	56,410		33,36		35,22
t-Test I	p < 0,01					
x_{min}	73,00	49,00		0,00		-0,43
x_{max}	145,00	159,00		45,00		37,56
Steigung			-0,459			
t-Test II			p < 0,01			

Tabelle 21:

Dinamap™	MAD(A)	MAD(T)	≙ (dB/iB)	ΔB	HKG	ΔHKG
Cleo	126,00	121,00	123,50	5,00	140,86	19,86
Schweinchen	139,00	149,00	144,00	-10,00	158,91	9,91
Rex	79,00	71,00	75,00	8,00	75,62	4,62
Inka	116,00	145,00	130,50	-29,00	126,98	-18,02
Elsa	74,00	87,00	80,50	-13,00	68,68	-18,32
Taiga	70,00	77,00	73,50	-7,00	63,13	-13,87
Arko	100,00	108,00	104,00	-8,00	104,77	-3,23
Cent	110,00	117,00	113,50	-7,00	118,65	1,65
Samson	93,00	94,00	93,50	-1,00	95,06	1,06
Max	100,00	99,00	99,50	1,00	104,77	5,77
Annegret	84,00	89,00	86,50	-5,00	82,56	-6,44
Monja	108,00	94,00	101,00	14,00	115,88	21,88
Babsi	121,00	120,00	120,50	1,00	133,92	13,92
Lisa	81,00	81,00	81,00	0,00	78,40	-2,60
Groll	99,00	104,00	101,50	-5,00	103,38	-0,62
Duke	94,00	105,00	99,50	-11,00	96,44	-8,56
Sheila	115,00	117,00	116,00	-2,00	125,59	8,59
Marko	123,00	131,00	127,00	-8,00	136,70	5,70
Bora	113,00	126,00	119,50	-13,00	122,82	-3,18
Ulli	96,00	110,00	103,00	-14,00	99,22	-10,78
Huutsch	102,00	95,00	98,50	7,00	107,55	12,55
Chucky	100,00	89,00	94,50	11,00	104,77	15,77
Polly	112,00	157,00	134,50	-45,00	121,43	-35,57
≙	102,39	108,09		-5,70		
r	0,834	p < 0,001				
s	17,495	23,033		12,81		13,67
2s	34,990	46,066		25,63		27,35
t-Test I	p < 0,05					
x_{min}	70,00	71,00		0,00		-0,62
x_{max}	139,00	157,00		-45,00		-35,57
Steigung			-0,298			
t-Test II			p < 0,05			

Tabelle 22:

Dinamap™	MAD(A)	MAD(S)	≅ (dB/iB)	ΔB	HKG	ΔHKG
Cleo	129,00	115,00	122,00	14,00	124,58	9,58
Schweinchen	139,00	134,00	136,50	5,00	135,10	1,10
Rex	76,00	74,00	75,00	2,00	68,82	-5,18
Inka	kupiert	kupiert	kupiert	kupiert	kupiert	kupiert
Elsa	74,00	70,00	72,00	4,00	66,71	-3,29
Taiga	73,00	65,00	69,00	8,00	65,66	0,66
Arko	89,00	84,00	86,50	5,00	82,50	-1,50
Cent	107,00	99,00	103,00	8,00	101,44	2,44
Samson	95,00	90,00	92,50	5,00	88,81	-1,19
Max	kupiert	kupiert	kupiert	kupiert	kupiert	kupiert
Annegret	86,00	84,00	85,00	2,00	79,34	-4,66
Monja	110,00	99,00	104,50	11,00	104,59	5,59
Babsi	118,00	108,00	113,00	10,00	113,01	5,01
Lisa	82,00	66,00	74,00	16,00	75,13	9,13
Groll	110,00	108,00	109,00	2,00	104,59	-3,41
Duke	102,00	92,00	97,00	10,00	96,18	4,18
Sheila	110,00	105,00	107,50	5,00	104,59	-0,41
Marko	118,00	111,00	114,50	7,00	113,01	2,01
Bora	113,00	122,00	117,50	-9,00	107,75	-14,25
Ulli	100,00	98,00	99,00	2,00	94,07	-3,93
Huutsch	100,00	93,00	96,50	7,00	94,07	1,07
Chucky	105,00	93,00	99,00	12,00	99,33	6,33
Polly	112,00	116,00	114,00	-4,00	106,70	-9,30
≅	102,29	96,48		5,81		
r	0,951	p < 0,001				
s	17,661	18,535		5,76		5,84
2s	35,322	37,070		11,52		11,68
t-Test I	p < 0,001					
x_{min}	73,00	65,00		0,00		0,00
x_{max}	139,00	134,00		16,00		-14,25
Steigung			-0,050			
t-Test II			n.s.			

Tabelle 23:

Dinamap™	MAD(A)	MAD(R)	≙ (dB/iB)	ΔB	HKG	ΔHKG
Cleo	124,00	129,00	126,50	-5,00	132,11	3,11
Schweinchen	137,00	151,00	144,00	-14,00	147,92	-3,08
Rex	77,00	64,00	70,50	13,00	74,99	10,99
Inka	121,00	115,00	118,00	6,00	128,47	13,47
Elsa	71,00	84,00	77,50	-13,00	67,69	-16,31
Taiga	73,00	79,00	76,00	-6,00	70,12	-8,88
Arko	96,00	97,00	96,50	-1,00	98,08	1,08
Cent	112,00	114,00	113,00	-2,00	117,53	3,53
Samson	101,00	119,00	110,00	-18,00	104,16	-14,84
Max	100,00	100,00	100,00	0,00	102,94	2,94
Annegret	82,00	81,00	81,50	1,00	81,06	0,06
Monja	110,00	93,00	101,50	17,00	115,10	22,10
Babsi	121,00	118,00	119,50	3,00	128,47	10,47
Lisa	87,00	91,00	89,00	-4,00	87,14	-3,86
Groll	108,00	107,00	107,50	1,00	112,67	5,67
Duke	90,00	97,00	93,50	-7,00	90,79	-6,21
Sheila	107,00	118,00	112,50	-11,00	111,45	-6,55
Marko	115,00	134,00	124,50	-19,00	121,17	-12,83
Bora	116,00	122,00	119,00	-6,00	122,39	0,39
Ulli	100,00	95,00	97,50	5,00	102,94	7,94
Huutsch	102,00	103,00	102,50	-1,00	105,37	2,37
Chucky	103,00	127,00	115,00	-24,00	106,59	-20,41
Polly	114,00	111,00	112,50	3,00	119,96	8,96
≙	102,91	106,48		-3,57		
r	0,872	p < 0,001				
s	17,040	20,205		9,91		10,37
2s	34,080	40,410		19,82		20,74
t-Test I	n.s.					
x_{min}	71,00	64,00		0,00		0,06
x_{max}	137,00	151,00		-24,00		22,10
Steigung			-0,182			
t-Test II			n.s.			

Tabelle 24:

Dinamap™	DAD(A)	DAD(M)	≙ (dB/iB)	ΔB	HKG	ΔHKG
Cleo	97,00	103,00	100,00	-6,00	113,78	10,78
Schweinchen	110,00	143,00	126,50	-33,00	143,02	0,02
Rex	60,00	55,00	57,50	5,00	30,57	-24,43
Inka	73,00	73,00	73,00	0,00	59,81	-13,19
Elsa	60,00	52,00	56,00	8,00	30,57	-21,43
Taiga	54,00	43,00	48,50	11,00	17,07	-25,93
Arko	74,00	81,00	77,50	-7,00	62,05	-18,95
Cent	94,00	47,00	70,50	47,00	107,03	60,03
Samson	69,00	61,00	65,00	8,00	50,81	-10,19
Max	85,00	50,00	67,50	35,00	86,79	36,79
Annegret	57,00	69,00	63,00	-12,00	23,82	-45,18
Monja	85,00	68,00	76,50	17,00	86,79	18,79
Babsi	101,00	87,00	94,00	14,00	122,78	35,78
Lisa	71,00	40,00	55,50	31,00	55,31	15,31
Groll	74,00	65,00	69,50	9,00	62,05	-2,95
Duke	81,00	43,00	62,00	38,00	77,80	34,80
Sheila	84,00	92,00	88,00	-8,00	84,54	-7,46
Marko	96,00	107,00	101,50	-11,00	111,53	4,53
Bora	87,00	109,00	98,00	-22,00	91,29	-17,71
Ulli	75,00	60,00	67,50	15,00	64,30	4,30
Huutsch	72,00	74,00	73,00	-2,00	57,56	-16,44
Chucky	82,00	86,00	84,00	-4,00	80,05	-5,95
Polly	76,00	78,00	77,00	-2,00	66,55	-11,45
≙	79,00	73,30		5,70		
r	0,663	p < 0,001				
s	14,479	25,533		19,27		24,69
2s	28,958	57,066		38,54		49,38
t-Test I	n.s.					
x_{min}	54,00	40,00		0,00		0,02
x_{max}	110,00	143,00		47,00		60,03
Steigung			-0,654			
t-Test II			p < 0,01			

Tabelle 25:

Dinamap™	DAD(A)	DAD(T)	≅ (dB/iB)	ΔB	HKG	ΔHKG
Cleo	93,00	102,00	97,50	-9,00	118,26	16,26
Schweinchen	106,00	127,00	116,50	-21,00	142,88	15,88
Rex	61,00	58,00	59,50	3,00	57,65	-0,35
Inka	76,00	120,00	98,00	-44,00	86,06	-33,94
Elsa	61,00	65,00	63,00	-4,00	57,65	-7,35
Taiga	54,00	59,00	56,50	-5,00	44,39	-14,61
Arko	80,00	90,00	85,00	-10,00	93,63	3,63
Cent	94,00	98,00	96,00	-4,00	120,15	22,15
Samson	68,00	82,00	75,00	-14,00	70,91	-11,09
Max	83,00	89,00	86,00	-6,00	99,32	10,32
Annegret	59,00	77,00	68,00	-18,00	53,86	-23,14
Monja	77,00	73,00	75,00	4,00	87,95	14,95
Babsi	96,00	115,00	105,50	-19,00	123,94	8,94
Lisa	71,00	72,00	71,50	-1,00	76,59	4,59
Groll	80,00	85,00	82,50	-5,00	93,63	8,63
Duke	83,00	89,00	86,00	-6,00	99,32	10,32
Sheila	83,00	96,00	89,50	-13,00	99,32	3,32
Marko	97,00	111,00	104,00	-14,00	125,83	14,83
Bora	87,00	112,00	99,50	-25,00	106,89	-5,11
Ulli	75,00	91,00	83,00	-16,00	84,16	-6,84
Huutsch	77,00	74,00	75,50	3,00	87,95	13,95
Chucky	79,00	89,00	84,00	-10,00	91,74	2,74
Polly	77,00	136,00	106,50	-59,00	87,95	-48,05
≅	79,00	91,74		-12,74		
r	0,730	p < 0,001				
s	13,094	21,160		1,00		17,22
2s	26,188	42,320		29,30		34,44
t-Test I	p < 0,001					
x_{min}	54,00	58,00		-1,00		-0,35
x_{max}	106,00	136,00		-59,00		-48,05
Steigung			-0,540			
t-Test II			p < 0,01			

Tabelle 26:

Dinamap™	DAD(A)	DAD(S)	≙ (dB/iB)	ΔB	HKG	ΔHKG
Cleo	96,00	89,00	92,50	7,00	100,67	11,67
Schweinchen	107,00	111,00	109,00	-4,00	115,20	4,20
Rex	60,00	54,00	57,00	6,00	53,15	-0,85
Inka	kupiert	kupiert	kupiert	kupiert	kupiert	kupiert
Elsa	60,00	51,00	55,50	9,00	53,15	2,15
Taiga	56,00	49,00	52,50	7,00	47,87	-1,13
Arko	68,00	69,00	68,50	-1,00	63,71	-5,29
Cent	94,00	81,00	87,50	13,00	98,03	17,03
Samson	70,00	75,00	72,50	-5,00	66,35	-8,65
Max	kupiert	kupiert	kupiert	kupiert	kupiert	kupiert
Annegret	58,00	69,00	63,50	-11,00	50,51	-18,49
Monja	79,00	82,00	80,50	-3,00	78,23	-3,77
Babsi	90,00	88,00	89,00	2,00	92,75	4,75
Lisa	72,00	52,00	62,00	20,00	68,99	16,99
Groll	82,00	91,00	86,50	-9,00	82,19	-8,81
Duke	91,00	71,00	81,00	20,00	94,07	23,07
Sheila	78,00	85,00	81,50	-7,00	76,91	-8,09
Marko	92,00	94,00	93,00	-2,00	95,39	1,39
Bora	87,00	104,00	95,50	-17,00	88,79	-15,21
Ulli	83,00	83,00	83,00	0,00	83,51	0,51
Huutsch	78,00	72,00	75,00	6,00	76,91	4,91
Chucky	83,00	75,00	79,00	8,00	83,51	8,51
Polly	73,00	95,00	84,00	-22,00	70,31	-24,69
≙	78,90	78,10		0,81		
r	0,775	p < 0,001				
s	13,816	17,155		10,85		11,91
2s	27,632	34,310		21,69		23,82
t-Test I	n.s.					
x_{min}	56,00	49,00		0,00		0,00
x_{max}	107,00	111,00		-22,00		-24,69
Steigung			-0,243			
t-Test II			n.s.			

Tabelle 27:

Dinamap™	DAD(A)	DAD(R)	≙ (dB/iB)	ΔB	HKG	ΔHKG
Cleo	94,00	109,00	101,50	-15,00	116,65	7,65
Schweinchen	102,00	134,00	118,00	-32,00	130,82	-3,18
Rex	61,00	55,00	58,00	6,00	58,20	3,20
Inka	76,00	98,00	87,00	-22,00	84,77	-13,23
Elsa	60,00	66,00	63,00	-6,00	56,43	-9,57
Taiga	58,00	62,00	60,00	-4,00	52,89	-9,11
Arko	77,00	87,00	82,00	-10,00	86,54	-0,46
Cent	93,00	98,00	95,50	-5,00	114,88	16,88
Samson	78,00	98,00	88,00	-20,00	88,31	-9,69
Max	85,00	85,00	85,00	0,00	100,71	15,71
Annegret	58,00	68,00	63,00	-10,00	52,89	-15,11
Monja	80,00	70,00	75,00	10,00	91,85	21,85
Babsi	89,00	96,00	92,50	-7,00	107,79	11,79
Lisa	77,00	80,00	78,50	-3,00	86,54	6,54
Groll	81,00	96,00	88,50	-15,00	93,62	-2,38
Duke	80,00	76,00	78,00	4,00	91,85	15,85
Sheila	77,00	99,00	88,00	-22,00	86,54	-12,46
Marko	91,00	112,00	101,50	-21,00	111,34	-0,66
Bora	90,00	109,00	99,50	-19,00	109,56	0,56
Ulli	73,00	83,00	78,00	-10,00	79,45	-3,55
Huutsch	80,00	85,00	82,50	-5,00	91,85	6,85
Chucky	79,00	113,00	96,00	-34,00	90,08	-22,92
Polly	74,00	86,00	80,00	-12,00	81,22	-4,78
≙	78,83	89,78		-10,96		
r	0,832	p < 0,001				
s	11,692	18,954		11,27		11,60
2s	23,384	37,908		22,54		23,21
t-Test I	p < 0,001					
x_{min}	58,00	55,00		0,00		-0,46
x_{max}	102,00	134,00		-34,00		-22,92
Steigung			-0,515			
t-Test II			p < 0,001			

Tabelle 28:

SDITM	SAD(A)	SAD(M)	≙ (dB/iB)	ΔB	HKG	ΔHKG
Raika	205,00	183,00	194,00	22,00	166,97	-16,03
Emil	162,00	124,00	143,00	38,00	124,07	0,07
Aika	210,00	139,00	174,50	71,00	171,96	32,96
Eira	253,00	192,00	222,50	61,00	214,86	22,86
Cäsar	211,00	188,00	199,50	23,00	172,96	-15,04
Fino	153,00	89,00	121,00	64,00	115,09	26,09
Leo	178,00	153,00	165,50	25,00	140,03	-12,97
Fame	167,00	117,00	142,00	50,00	129,06	12,06
Assi	157,00	126,00	141,50	31,00	119,08	-6,92
Goliath	170,00	107,00	138,50	63,00	132,05	25,05
Felix	228,00	206,00	217,00	22,00	189,92	-16,08
Lissy	124,00	103,00	113,50	21,00	86,15	-16,85
Nock	189,00	150,00	169,50	39,00	151,01	1,01
Paco	213,00	190,00	201,50	23,00	174,95	-15,05
Cyra	253,00	215,00	234,00	38,00	214,86	-0,14
Ludwig	214,00	179,00	196,50	35,00	175,95	-3,05
Tanja	212,00	156,00	184,00	56,00	173,96	17,96
Diana	203,00	188,00	195,50	15,00	164,98	-23,02
Maxl	240,00	220,00	230,00	20,00	201,89	-18,11
Till	192,00	147,00	169,50	45,00	154,00	7,00
Fritz	180,00	143,00	161,50	37,00	142,03	-0,97
Brandy	184,00	143,00	163,50	41,00	146,02	3,02
Ronja	193,00	147,00	170,00	46,00	155,00	8,00
Krapitosch	219,00	153,00	186,00	66,00	180,94	27,94
Poldi	94,00	96,00	95,00	-2,00	56,22	-39,78
≙	192,16	154,16		38,00		
r	0,877	p < 0,001				
s	37,343	37,270		18,51		18,49
2s	74,686	74,540		37,03		36,99
t-Test I	p < 0,001					
x_{min}	94,00	89,00		-2,00		0,07
x_{max}	253,00	220,00		71,00		-39,78
Steigung			0,002			
t-Test II			n.s.			

Tabelle 29:

SDITM	SAD(A)	SAD(T)	≙ (dB/iB)	ΔB	HKG	ΔHKG
Raika	194,00	167,00	180,50	27,00	160,58	-6,42
Emil	156,00	156,00	156,00	0,00	132,07	-23,93
Aika	206,00	171,00	188,50	35,00	169,58	-1,42
Eira	234,00	172,00	203,00	62,00	190,59	18,59
Cäsar	209,00	189,00	199,00	20,00	171,83	-17,17
Fino	145,00	115,00	130,00	30,00	123,82	8,82
Leo	174,00	136,00	155,00	38,00	145,58	9,58
Fame	180,00	136,00	158,00	44,00	150,08	14,08
Assi	154,00	122,00	138,00	32,00	130,57	8,57
Goliath	173,00	141,00	157,00	32,00	144,83	3,83
Felix	236,00	188,00	212,00	48,00	192,09	4,09
Lissy	131,00	114,00	122,50	17,00	113,32	-0,68
Nock	198,00	173,00	185,50	25,00	163,58	-9,42
Paco	204,00	184,00	194,00	20,00	168,08	-15,92
Cyra	250,00	201,00	225,50	49,00	202,59	1,59
Ludwig	203,00	177,00	190,00	26,00	167,33	-9,67
Tanja	214,00	175,00	194,50	39,00	175,58	0,58
Diana	216,00	164,00	190,00	52,00	177,08	13,08
Maxl	250,00	220,00	235,00	30,00	202,59	-17,41
Till	195,00	144,00	169,50	51,00	161,33	17,33
Fritz	185,00	164,00	174,50	21,00	153,83	-10,17
Brandy	191,00	153,00	172,00	38,00	158,33	5,33
Ronja	190,00	154,00	172,00	36,00	157,58	3,58
Krapitosch	216,00	156,00	186,00	60,00	177,08	21,08
Poldi	92,00	102,00	97,00	-10,00	84,07	-17,93
≙	191,84	158,96		32,88		
r	0,898	p < 0,001				
s	36,751	28,372		16,83		12,67
2s	73,502	56,744		33,67		25,34
t-Test I	p < 0,001					
x_{min}	92,00	102,00		0,00		0,58
x_{max}	250,00	220,00		62,00		-23,93
Steigung			0,271			
t-Test II			p < 0,01			

Tabelle 30:

SDITM	SAD(A)	SAD(S)	≙ (dB/iB)	ΔB	HKG	ΔHKG
Raika	195,00	171,00	183,00	24,00	146,10	-24,90
Emil	153,00	134,00	143,50	19,00	117,78	-16,22
Aika	212,00	146,00	179,00	66,00	157,56	11,56
Eira	246,00	158,00	202,00	88,00	180,48	22,48
Cäsar	212,00	167,00	189,50	45,00	157,56	-9,44
Fino	141,00	102,00	121,50	39,00	109,69	7,69
Leo	161,00	122,00	141,50	39,00	123,18	1,18
Fame	kupiert	kupiert	kupiert	kupiert	kupiert	kupiert
Assi	156,00	123,00	139,50	33,00	119,81	-3,19
Goliath	169,00	121,00	145,00	48,00	128,57	7,57
Felix	217,00	156,00	186,50	61,00	160,93	4,93
Lissy	kupiert	kupiert	kupiert	kupiert	kupiert	kupiert
Nock	201,00	161,00	181,00	40,00	150,14	-10,86
Paco	224,00	152,00	188,00	72,00	165,65	13,65
Cyra	249,00	185,00	217,00	64,00	182,50	-2,50
Ludwig	200,00	154,00	177,00	46,00	149,47	-4,53
Tanja	208,00	150,00	179,00	58,00	154,86	4,86
Diana	202,00	145,00	173,50	57,00	150,82	5,82
Maxl	253,00	207,00	230,00	46,00	185,20	-21,80
Till	189,00	126,00	157,50	63,00	142,05	16,05
Fritz	180,00	168,00	174,00	12,00	135,98	-32,02
Brandy	193,00	146,00	169,50	47,00	144,75	-1,25
Ronja	186,00	114,00	150,00	72,00	140,03	26,03
Krapitosch	218,00	144,00	181,00	74,00	161,60	17,60
Poldi	90,00	88,00	89,00	2,00	75,31	-12,69
≙	193,70	145,22		48,48		
r	0,833	p < 0,001				
s	37,512	26,939		21,19		15,17
2s	75,024	53,878		42,37		30,33
t-Test I	p < 0,001					
x_{min}	90,00	88,00		0,00		0,00
x_{max}	253,00	207,00		88,00		-32,02
Steigung			0,357			
t-Test II			p < 0,05			

Tabelle 31:

SDITM	SAD(A)	SAD(R)	≅ (dB/iB)	ΔB	HKG	ΔHKG
Raika	212,00	185,00	198,50	27,00	171,79	-13,21
Emil	151,00	182,00	166,50	-31,00	127,27	-54,73
Aika	210,00	155,00	182,50	55,00	170,33	15,33
Eira	234,00	186,00	210,00	48,00	187,84	1,84
Cäsar	224,00	196,00	210,00	28,00	180,55	-15,45
Fino	143,00	114,00	128,50	29,00	121,44	7,44
Leo	164,00	144,00	154,00	20,00	136,76	-7,24
Fame	k. P. *	k. P.	k. P.	k. P.	k. P.	k. P.
Assi	160,00	128,00	144,00	32,00	133,84	5,84
Goliath	158,00	136,00	147,00	22,00	132,38	-3,62
Felix	207,00	192,00	199,50	15,00	168,14	-23,86
Lissy	141,00	127,00	134,00	14,00	119,98	-7,02
Nock	194,00	177,00	185,50	17,00	158,65	-18,35
Paco	218,00	183,00	200,50	35,00	176,17	-6,83
Cyra	249,00	196,00	222,50	53,00	198,79	2,79
Ludwig	202,00	138,00	170,00	64,00	164,49	26,49
Tanja	203,00	168,00	185,50	35,00	165,22	-2,78
Diana	218,00	159,00	188,50	59,00	176,17	17,17
Maxl	259,00	212,00	235,50	47,00	206,09	-5,91
Till	191,00	139,00	165,00	52,00	156,46	17,46
Fritz	182,00	150,00	166,00	32,00	149,90	-0,10
Brandy	192,00	143,00	167,50	49,00	157,19	14,19
Ronja	196,00	118,00	157,00	78,00	160,11	42,11
Krapitosch	217,00	150,00	183,50	67,00	175,44	25,44
Poldi	93,00	102,00	97,50	-9,00	84,95	-17,05
≅	192,42	157,50		34,92		
r	0,764	p < 0,001				
s	38,015	29,830		24,52		19,86
2s	76,030	59,660		49,04		39,71
t-Test I	p < 0,001					
x_{min}	93,00	102,00		0,00		0,00
x_{max}	259,00	212,00		78,00		-54,73
Steigung			0,273			
t-Test II			n.s.			

* kein Puls (Gerät konnte keinen Blutdruck messen, da Pulswelle nicht identifizierbar)

Tabelle 32:

Raika	MAD(A)	MAD(M)	\cong (dB/iB)	ΔB	HKG	ΔHKG
Emil	122,00	121,00	121,50	1,00	121,64	0,64
Aika	102,00	86,00	94,00	16,00	94,10	8,10
Eira	107,00	92,00	99,50	15,00	100,98	8,98
Cäsar	127,00	117,00	122,00	10,00	128,53	11,53
Fino	144,00	145,00	144,50	-1,00	151,94	6,94
Leo	86,00	57,00	71,50	29,00	72,06	15,06
Fame	104,00	106,00	105,00	-2,00	96,85	-9,15
Assi	90,00	79,00	84,50	11,00	77,57	-1,43
Goliath	83,00	84,00	83,50	-1,00	67,93	-16,07
Felix	98,00	57,00	77,50	41,00	88,59	31,59
Lissy	129,00	136,00	132,50	-7,00	131,28	-4,72
Nock	78,00	66,00	72,00	12,00	61,04	-4,96
Paco	124,00	113,00	118,50	11,00	124,39	11,39
Cyra	125,00	140,00	132,50	-15,00	125,77	-14,23
Ludwig	146,00	145,00	145,50	1,00	154,69	9,69
Tanja	121,00	125,00	123,00	-4,00	120,26	-4,74
Diana	119,00	112,00	115,50	7,00	117,51	5,51
Maxl	117,00	123,00	120,00	-6,00	114,75	-8,25
Till	152,00	166,00	159,00	-14,00	162,95	-3,05
Fritz	110,00	113,00	111,50	-3,00	105,11	-7,89
Brandy	111,00	104,00	107,50	7,00	106,49	2,49
Ronja	99,00	101,00	100,00	-2,00	89,96	-11,04
Krapitosch	88,00	93,00	90,50	-5,00	74,82	-18,18
Poldi	119,00	109,00	114,00	10,00	117,51	8,51
Hund Nr. 25	68,00	64,00	66,00	4,00	47,27	-16,73
\cong	110,76	106,16		4,60		
r	0,918	p < 0,001				
s	21,506	28,874		12,49		11,85
2s	43,012	57,748		24,97		23,71
t-Test I	n.s.					
x_{min}	68,00	57,00		±1,00		0,64
x_{max}	152,00	166,00		41,00		31,59
Steigung			-0,305			
t-Test II			p < 0,01			

Tabelle 33:

SDITM	MAD(A)	MAD(T)	≅ (dB/iB)	ΔB	HKG	ΔHKG
Hund Nr. 1	116,00	121,00	118,50	-5,00	116,75	-4,25
Hund Nr. 2	100,00	93,00	96,50	7,00	100,12	7,12
Hund Nr. 3	104,00	114,00	109,00	-10,00	104,28	-9,72
Hund Nr. 4	122,00	121,00	121,50	1,00	122,99	1,99
Hund Nr. 5	144,00	142,00	143,00	2,00	145,86	3,86
Hund Nr. 6	79,00	77,00	78,00	2,00	78,30	1,30
Hund Nr. 7	99,00	94,00	96,50	5,00	99,09	5,09
Hund Nr. 8	96,00	95,00	95,50	1,00	95,97	0,97
Hund Nr. 9	84,00	83,00	83,50	1,00	83,49	0,49
Hund Nr. 10	97,00	90,00	93,50	7,00	97,01	7,01
Hund Nr. 11	140,00	134,00	137,00	6,00	141,70	7,70
Hund Nr. 12	83,00	84,00	83,50	-1,00	82,46	-1,54
Hund Nr. 13	116,00	136,00	126,00	-20,00	116,75	-19,25
Hund Nr. 14	123,00	132,00	127,50	-9,00	124,03	-7,97
Hund Nr. 15	146,00	132,00	139,00	14,00	147,93	15,93
Hund Nr. 16	118,00	124,00	121,00	-6,00	118,83	-5,17
Hund Nr. 17	118,00	118,00	118,00	0,00	118,83	0,83
Hund Nr. 18	119,00	110,00	114,50	9,00	119,87	9,87
Hund Nr. 19	152,00	165,00	158,50	-13,00	154,17	-10,83
Hund Nr. 20	104,00	110,00	107,00	-6,00	104,28	-5,72
Hund Nr. 21	112,00	94,00	103,00	18,00	112,60	18,60
Hund Nr. 22	105,00	105,00	105,00	0,00	105,32	0,32
Hund Nr. 23	90,00	100,00	95,00	-10,00	89,73	-10,27
Hund Nr. 24	115,00	109,00	112,00	6,00	115,71	6,71
Hund Nr. 25	69,00	81,00	75,00	-12,00	67,90	-13,10
≅	110,04	110,56		-0,52		
r	0,917	p < 0,001				
s	21,281	22,047		8,88		9,02
2s	42,562	44,094		17,76		18,04
t-Test I	n.s.					
x_{min}	69,00	77,00		0,00		0,32
x_{max}	152,00	165,00		-20,00		-19,25
Steigung			-0,037			
t-Test II			n.s.			

Tabelle 34:

SDITM	MAD(A)	MAD(S)	≅ (dB/iB)	ΔB	HKG	ΔHKG
Raika	122,00	126,00	124,00	-4,00	118,62	-7,38
Emil	94,00	101,00	97,50	-7,00	87,76	-13,24
Aika	114,00	104,00	109,00	10,00	109,80	5,80
Eira	126,00	116,00	121,00	10,00	123,03	7,03
Cäsar	141,00	137,00	139,00	4,00	139,57	2,57
Fino	79,00	65,00	72,00	14,00	71,22	6,22
Leo	97,00	88,00	92,50	9,00	91,06	3,06
Fame	kupiert	kupiert	kupiert	kupiert	kupiert	kupiert
Assi	87,00	95,00	91,00	-8,00	80,04	-14,96
Goliath	97,00	77,00	87,00	20,00	91,06	14,06
Felix	132,00	124,00	128,00	8,00	129,65	5,65
Lissy	kupiert	kupiert	kupiert	kupiert	kupiert	kupiert
Nock	124,00	123,00	123,50	1,00	120,83	-2,17
Paco	120,00	118,00	119,00	2,00	116,42	-1,58
Cyra	144,00	136,00	140,00	8,00	142,87	6,87
Ludwig	111,00	109,00	110,00	2,00	106,50	-2,50
Tanja	115,00	112,00	113,50	3,00	110,91	-1,09
Diana	113,00	108,00	110,50	5,00	108,70	0,70
Maxl	154,00	161,00	157,50	-7,00	153,90	-7,10
Till	101,00	94,00	97,50	7,00	95,47	1,47
Fritz	114,00	112,00	113,00	2,00	109,80	-2,20
Brandy	107,00	106,00	106,50	1,00	102,09	-3,91
Ronja	88,00	76,00	82,00	12,00	81,14	5,14
Krapitosch	120,00	111,00	115,50	9,00	116,42	5,42
Poldi	67,00	66,00	66,50	1,00	58,00	-8,00
≅	111,61	107,17		4,43		
r	0,955	p < 0,001				
s	21,157	23,220		6,97		6,99
2s	42,314	46,440		13,95		13,99
t-Test I	p < 0,01					
x_{min}	67,00	65,00		0,00		0,00
x_{max}	154,00	161,00		20,00		-14,96
Steigung			-0,095			
t-Test II			n.s.			

Tabelle 35:

SDITM	MAD(A)	MAD(R)	≙ (dB/iB)	ΔB	HKG	ΔHKG
Raika	127,00	143,00	135,00	-16,00	134,79	-8,21
Emil	91,00	94,00	92,50	-3,00	92,06	-1,94
Aika	110,00	110,00	110,00	0,00	114,62	4,62
Eira	121,00	130,00	125,50	-9,00	127,67	-2,33
Cäsar	147,00	155,00	151,00	-8,00	158,53	3,53
Fino	79,00	78,00	78,50	1,00	77,82	-0,18
Leo	98,00	144,00	121,00	-46,00	100,37	-43,63
Fame	k. P. *	k. P.	k. P.	k. P.	k. P.	k. P.
Assi	90,00	95,00	92,50	-5,00	90,88	-4,12
Goliath	94,00	85,00	89,50	9,00	95,62	10,62
Felix	129,00	145,00	137,00	-16,00	137,17	-7,83
Lissy	90,00	87,00	88,50	3,00	90,88	3,88
Nock	120,00	123,00	121,50	-3,00	126,49	3,49
Paco	125,00	137,00	131,00	-12,00	132,42	-4,58
Cyra	143,00	139,00	141,00	4,00	153,79	14,79
Ludwig	112,00	106,00	109,00	6,00	116,99	10,99
Tanja	112,00	114,00	113,00	-2,00	116,99	2,99
Diana	117,00	121,00	119,00	-4,00	122,92	1,92
Maxl	156,00	161,00	158,50	-5,00	169,22	8,22
Till	102,00	111,00	106,50	-9,00	105,12	-5,88
Fritz	104,00	112,00	108,00	-8,00	107,49	-4,51
Brandy	104,00	107,00	105,50	-3,00	107,49	0,49
Ronja	93,00	85,00	89,00	8,00	94,44	9,44
Krapitosch	116,00	100,00	108,00	16,00	121,74	21,74
Poldi	67,00	77,00	72,00	-10,00	63,58	-13,42
≙	110,29	114,96		-4,67		
r	0,881	p < 0,001				
s	21,424	24,922		11,79		12,28
2s	42,848	49,844		23,59		24,56
t-Test I	n.s.					
x_{min}	67,00	77,00		0,00		0,00
x_{max}	156,00	161,00		-46,00		-43,63
Steigung			-0,160			
t-Test II			n.s.			

* kein Puls (Gerät konnte keinen Blutdruck messen, da Pulswelle nicht identifizierbar)

Tabelle 36:

SDITM	DAD(A)	DAD(M)	≙ (dB/iB)	ΔB	HKG	ΔHKG
Raika	99,00	94,00	96,50	5,00	104,01	10,01
Emil	80,00	61,00	70,50	19,00	74,24	13,24
Aika	73,00	92,00	82,50	-19,00	63,27	-28,73
Eira	96,00	97,00	96,50	-1,00	99,31	2,31
Cäsar	118,00	126,00	122,00	-8,00	133,78	7,78
Fino	64,00	40,00	52,00	24,00	49,17	9,17
Leo	83,00	78,00	80,50	5,00	78,94	0,94
Fame	70,00	60,00	65,00	10,00	58,57	-1,43
Assi	65,00	69,00	67,00	-4,00	50,74	-18,26
Goliath	75,00	38,00	56,50	37,00	66,41	28,41
Felix	106,00	113,00	109,50	-7,00	114,98	1,98
Lissy	62,00	49,00	55,50	13,00	46,04	-2,96
Nock	102,00	81,00	91,50	21,00	108,71	27,71
Paco	98,00	112,00	105,00	-14,00	102,44	-9,56
Cyra	116,00	119,00	117,50	-3,00	130,65	11,65
Ludwig	87,00	90,00	88,50	-3,00	85,21	-4,79
Tanja	91,00	96,00	93,50	-5,00	91,48	-4,52
Diana	89,00	96,00	92,50	-7,00	88,34	-7,66
Maxl	121,00	145,00	133,00	-24,00	138,48	-6,52
Till	90,00	98,00	94,00	-8,00	89,91	-8,09
Fritz	89,00	82,00	85,50	7,00	88,34	6,34
Brandy	71,00	73,00	72,00	-2,00	60,14	-12,86
Ronja	67,00	67,00	67,00	0,00	53,87	-13,13
Krapitosch	95,00	89,00	92,00	6,00	97,74	8,74
Poldi	57,00	48,00	52,50	9,00	38,20	-9,80
≙	86,56	84,52		2,04		
r	0,888	p < 0,001				
s	18,109	27,056		13,77		13,17
2s	36,218	54,112		27,54		26,34
t-Test I	n.s.					
x_{min}	57,00	38,00		0,00		0,94
x_{max}	121,00	145,00		37,00		-28,73
Steigung			-0,419			
t-Test II			p < 0,001			

Tabelle 37:

SDITM	DAD(A)	DAD(T)	≙ (dB/iB)	ΔB	HKG	ΔHKG
Raika	95,00	95,00	95,00	0,00	102,39	7,39
Emil	78,00	80,00	79,00	-2,00	80,26	0,26
Aika	75,00	87,00	81,00	-12,00	76,35	-10,65
Eira	94,00	92,00	93,00	2,00	101,08	9,08
Cäsar	122,00	142,00	132,00	-20,00	137,53	-4,47
Fino	57,00	64,00	60,50	-7,00	52,92	-11,08
Leo	77,00	78,00	77,50	-1,00	78,96	0,96
Fame	73,00	67,00	70,00	6,00	73,75	6,75
Assi	68,00	66,00	67,00	2,00	67,24	1,24
Goliath	77,00	79,00	78,00	-2,00	78,96	-0,04
Felix	113,00	108,00	110,50	5,00	125,82	17,82
Lissy	67,00	67,00	67,00	0,00	65,94	-1,06
Nock	97,00	118,00	107,50	-21,00	104,99	-13,01
Paco	94,00	115,00	104,50	-21,00	101,08	-13,92
Cyra	116,00	114,00	115,00	2,00	129,72	15,72
Ludwig	89,00	82,00	85,50	7,00	94,58	12,58
Tanja	87,00	88,00	87,50	-1,00	91,97	3,97
Diana	89,00	99,00	94,00	-10,00	94,58	-4,42
Maxl	121,00	145,00	133,00	-24,00	136,23	-8,77
Till	85,00	98,00	91,50	-13,00	89,37	-8,63
Fritz	86,00	71,00	78,50	15,00	90,67	19,67
Brandy	77,00	93,00	85,00	-16,00	78,96	-14,04
Ronja	68,00	84,00	76,00	-16,00	67,24	-16,76
Krapitosch	93,00	86,00	89,50	7,00	99,78	13,78
Poldi	56,00	54,00	55,00	2,00	51,62	-2,38
≙	86,16	90,88		-4,72		
r	0,894	p < 0,001				
s	18,138	22,970		10,58		10,75
2s	36,276	45,940		21,15		21,51
t-Test I	p < 0,05.					
x_{min}	56,00	54,00		0,00		0,04
x_{max}	122,00	145,00		-24,00		19,67
Steigung			-0,248			
t-Test II			p < 0,05			

Tabelle 38:

SDITM	DAD(A)	DAD(S)	≙ (dB/iB)	ΔB	HKG	ΔHKG
Raika	99,00	107,00	103,00	-8,00	103,15	-3,85
Emil	74,00	77,00	75,50	-3,00	73,05	-3,95
Aika	82,00	83,00	82,50	-1,00	82,68	-0,32
Eira	98,00	97,00	97,50	1,00	101,95	4,95
Cäsar	118,00	120,00	119,00	-2,00	126,03	6,03
Fino	56,00	48,00	52,00	8,00	51,38	3,38
Leo	75,00	72,00	73,50	3,00	74,26	2,26
Fame	kupiert	kupiert	kupiert	kupiert	kupiert	kupiert
Assi	68,00	87,00	77,50	-19,00	65,83	-21,17
Goliath	75,00	64,00	69,50	11,00	74,26	10,26
Felix	109,00	107,00	108,00	2,00	115,19	8,19
Lissy	kupiert	kupiert	kupiert	kupiert	kupiert	kupiert
Nock	107,00	99,00	103,00	8,00	112,79	13,79
Paco	92,00	97,00	94,50	-5,00	94,72	-2,28
Cyra	111,00	115,00	113,00	-4,00	117,60	2,60
Ludwig	83,00	88,00	85,50	-5,00	83,89	-4,11
Tanja	89,00	96,00	92,50	-7,00	91,11	-4,89
Diana	87,00	94,00	90,50	-7,00	88,70	-5,30
Maxl	123,00	141,00	132,00	-18,00	132,05	-8,95
Till	83,00	80,00	81,50	3,00	83,89	3,89
Fritz	89,00	94,00	91,50	-5,00	91,11	-2,89
Brandy	80,00	85,00	82,50	-5,00	80,28	-4,72
Ronja	65,00	62,00	63,50	3,00	62,21	0,21
Krapitosch	96,00	95,00	95,50	1,00	99,54	4,54
Poldi	55,00	48,00	51,50	7,00	50,17	2,17
≙	87,57	89,39		-1,83		
r	0,946	p < 0,001				
s	18,441	21,987		7,48		7,23
2s	36,882	43,974		14,96		14,46
t-Test I	n.s.					
x_{min}	55,00	48,00		0,00		0,00
x_{max}	123,00	141,00		-19,00		-21,17
Steigung			-0,180			
t-Test II			p < 0,05			

Tabelle 39:

SDITM	DAD(A)	DAD(R)	≙ (dB/iB)	ΔB	HKG	ΔHKG
Raika	106,00	113,00	109,50	-7,00	119,84	6,84
Emil	74,00	63,00	68,50	11,00	78,75	15,75
Aika	78,00	95,00	86,50	-17,00	83,88	-11,12
Eira	95,00	107,00	101,00	-12,00	105,71	-1,29
Cäsar	123,00	138,00	130,50	-15,00	141,67	3,67
Fino	60,00	62,00	61,00	-2,00	60,77	-1,23
Leo	75,00	78,00	76,50	-3,00	80,03	2,03
Fame	k. P. *	k. P.	k. P.	k. P.	k. P.	k. P.
Assi	70,00	83,00	76,50	-13,00	73,61	-9,39
Goliath	74,00	72,00	73,00	2,00	78,75	6,75
Felix	108,00	127,00	117,50	-19,00	122,40	-4,60
Lissy	72,00	77,00	74,50	-5,00	76,18	-0,82
Nock	101,00	94,00	97,50	7,00	113,42	19,42
Paco	98,00	115,00	106,50	-17,00	109,56	-5,44
Cyra	113,00	124,00	118,50	-11,00	128,82	4,82
Ludwig	86,00	93,00	89,50	-7,00	94,16	1,16
Tanja	84,00	97,00	90,50	-13,00	91,59	-5,41
Diana	90,00	105,00	97,50	-15,00	99,29	-5,71
Maxl	122,00	141,00	131,50	-19,00	140,38	-0,62
Till	83,00	96,00	89,50	-13,00	90,30	-5,70
Fritz	84,00	100,00	92,00	-16,00	91,59	-8,41
Brandy	77,00	91,00	84,00	-14,00	82,60	-8,40
Ronja	70,00	69,00	69,50	1,00	73,61	4,61
Krapitosch	95,00	100,00	97,50	-5,00	105,71	5,71
Poldi	55,00	57,00	56,00	-2,00	54,35	-2,65
≙	87,21	95,71		-8,50		
r	0,947	p < 0,001				
s	18,304	23,201		8,29		7,58
2s	36,608	46,402		16,58		15,17
t-Test I	p < 0,001					
x_{min}	55,00	57,00		0,00		0,00
x_{max}	123,00	141,00		-19,00		19,42
Steigung			-0,242			
t-Test II			p < 0,01			

* kein Puls (Gerät konnte keinen Blutdruck messen, da Pulswelle nicht identifizierbar)

9.2. Abbildungen 12 - 83

Legende für die Abbildungen 12 - 35

◆	Metatarsus
■	Tibia
▲	Schwanz
●	Radius
—	Hauptkomponentengerade
- -	Winkelhalbierende

Abkürzungen für die Abbildungen 12 - 35

DAD	diastolischer arterieller Druck
dB	direkter Blutdruck
HKG	Hauptkomponentengerade
iB	indirekter Blutdruck
M	Metatarsus
MAD	mittlerer arterieller Druck
R	Radius
S	Schwanzansatz
SAD	systolischer arterieller Druck
T	Tibia
WH	Winkelhalbierende
\cong	arithmetischer Mittelwert
$\cong (dB/iB)$	arithmetischer Mittelwert von direktem und indirektem Blutdruck

Abbildung 12: Streudiagramm dB/iB mit HKG und WH

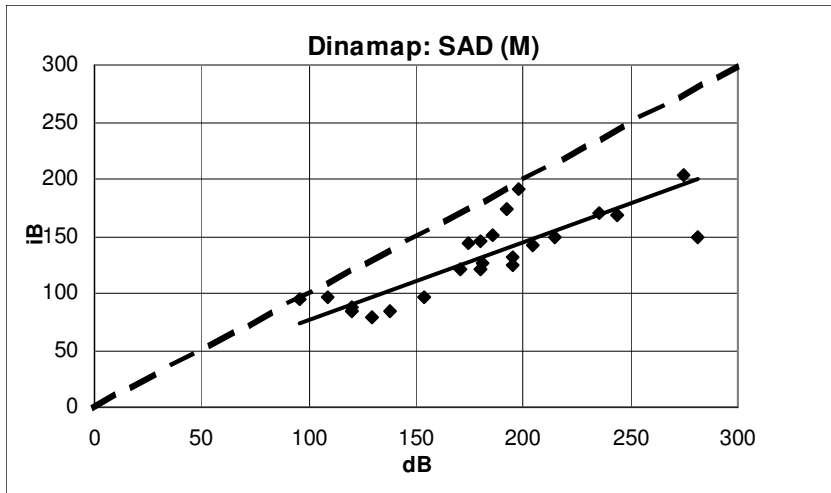


Abbildung 13: Streudiagramm dB/iB mit HKG und WH

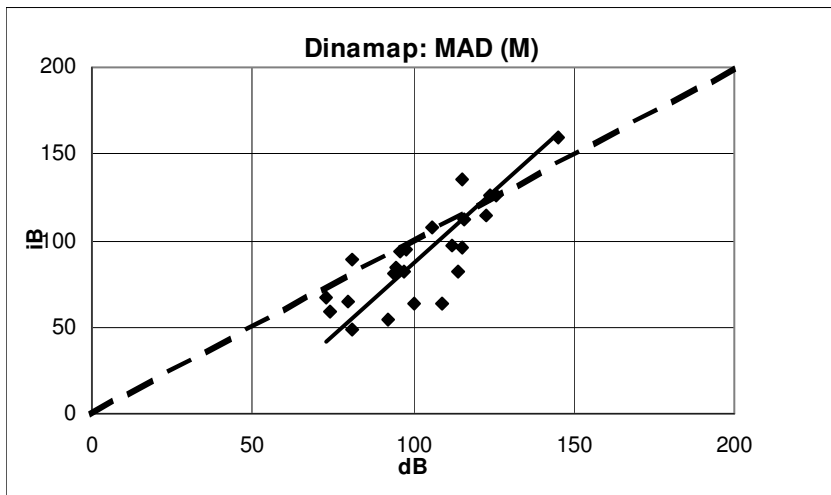


Abbildung 14: Streudiagramm dB/iB mit HKG und WH

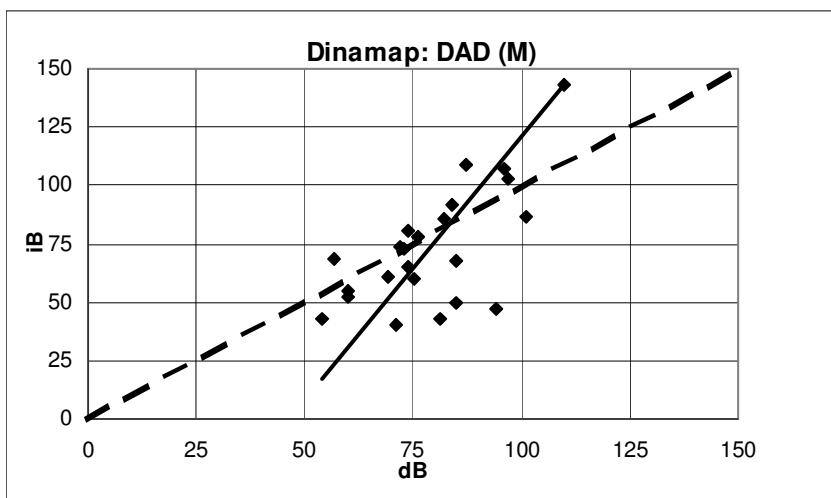


Abbildung 15: Streudiagramm dB/iB mit HKG und WH

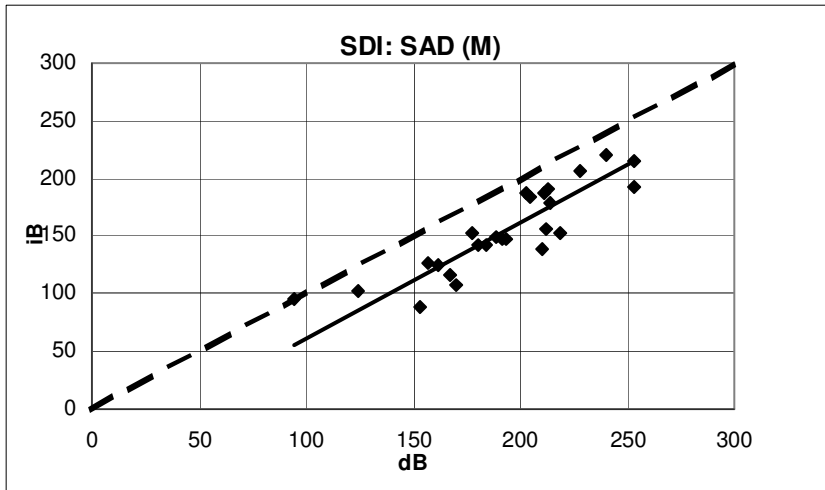


Abbildung 16: Streudiagramm dB/iB mit HKG und WH

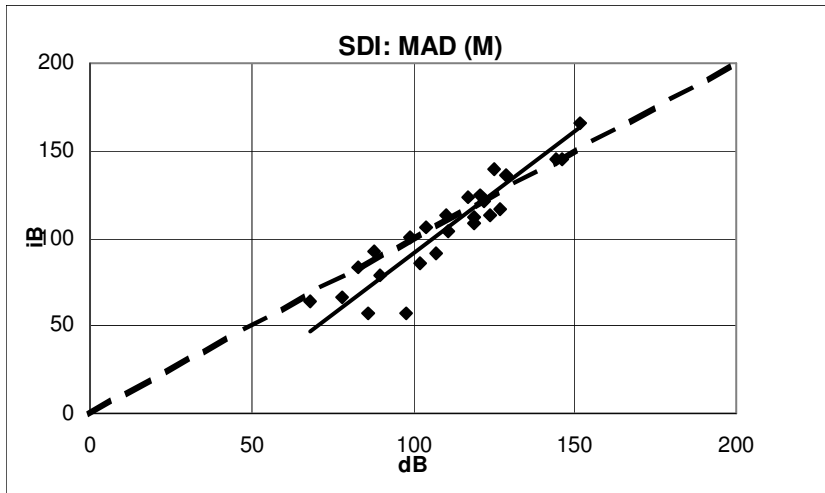


Abbildung 17: Streudiagramm dB/iB mit HKG und WH

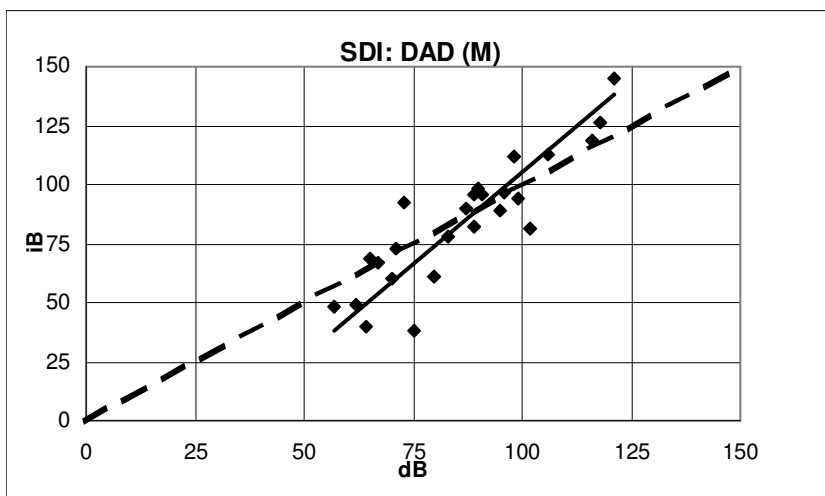


Abbildung 18: Streudiagramm dB/iB mit HKG und WH

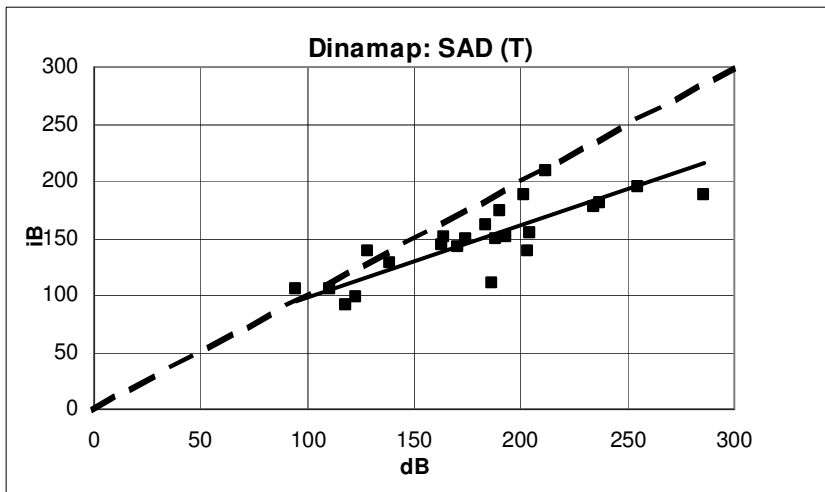


Abbildung 19: Streudiagramm dB/iB mit HKG und WH

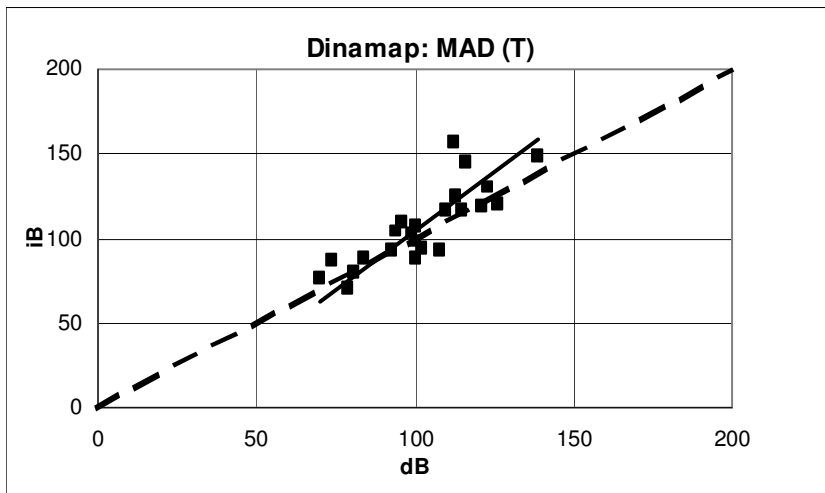


Abbildung 20: Streudiagramm dB/iB mit HKG und WH

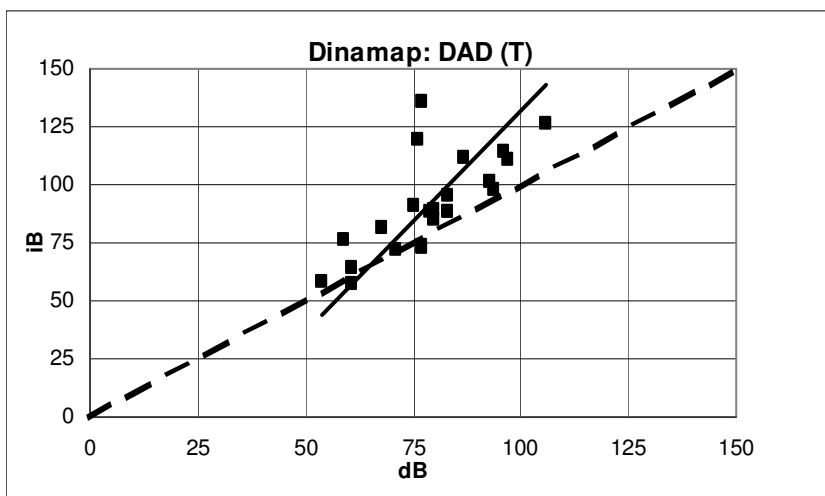


Abbildung 21: Streudiagramm dB/iB mit HKG und WH

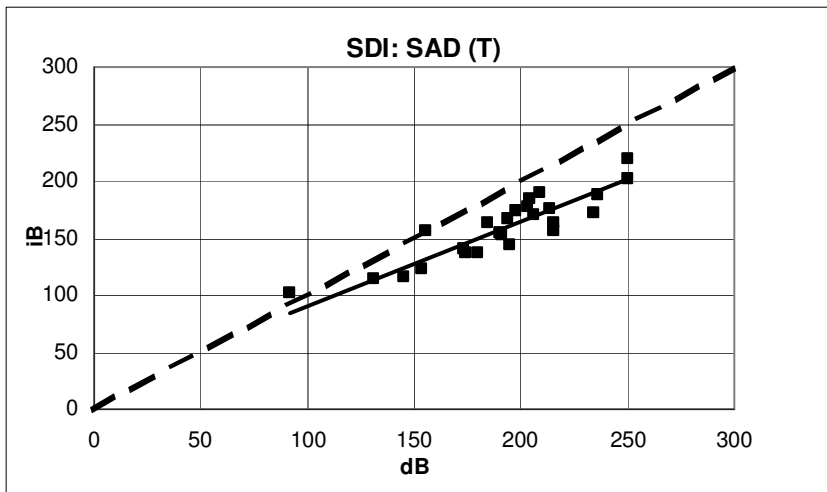


Abbildung 22: Streudiagramm dB/iB mit HKG und WH

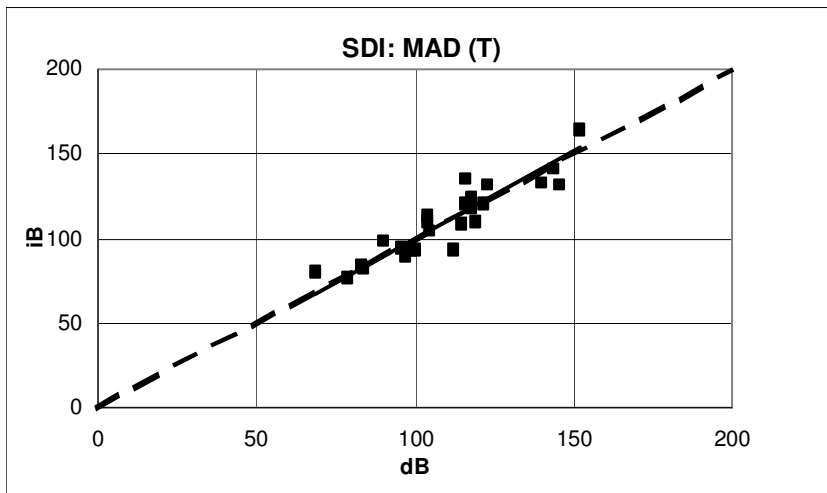


Abbildung 23: Streudiagramm dB/iB mit HKG und WH

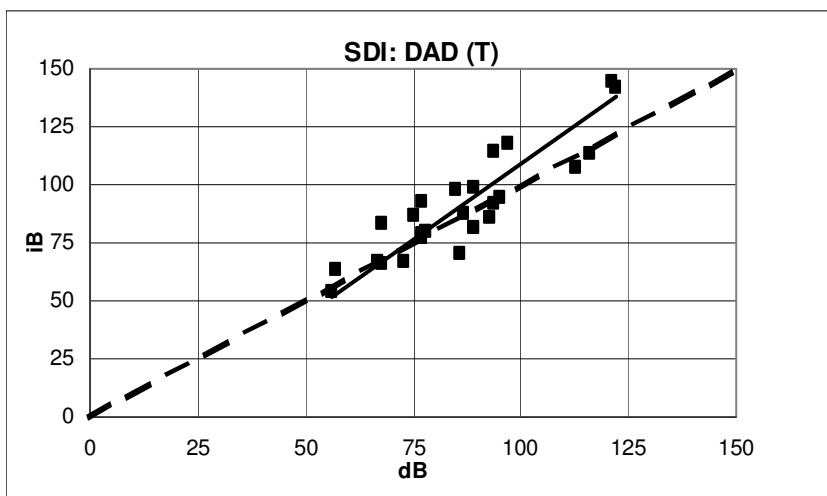


Abbildung 24: Streudiagramm dB/iB mit HKG und WH

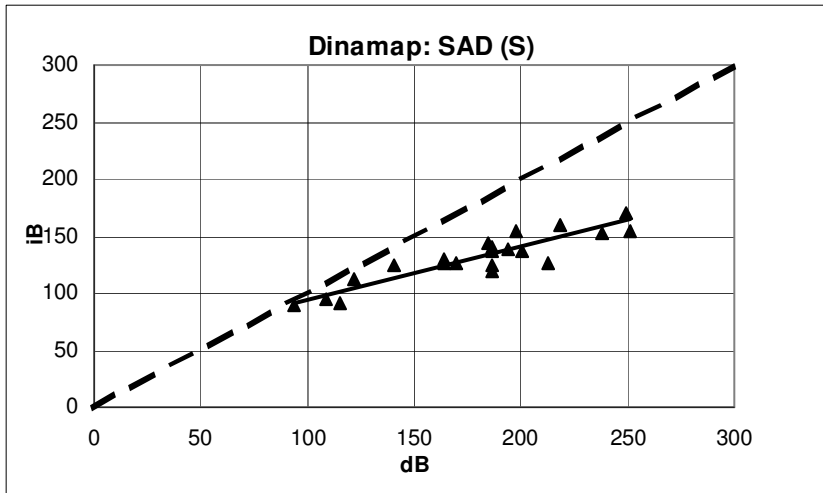


Abbildung 25: Streudiagramm dB/iB mit HKG und WH

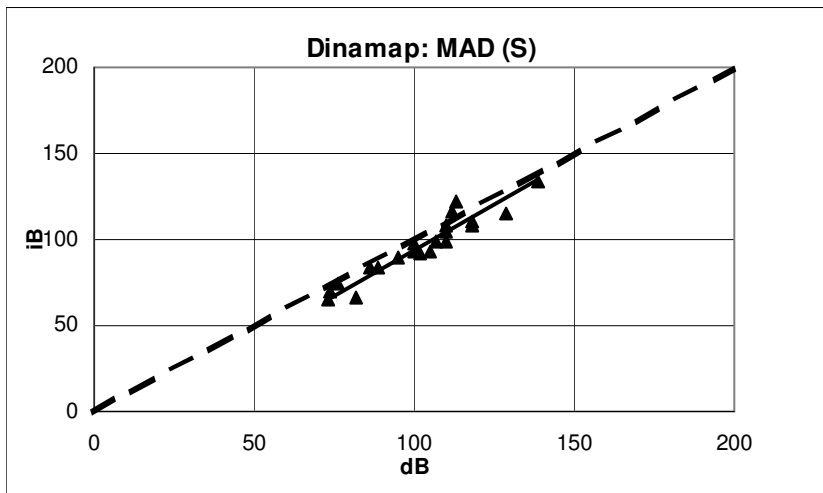


Abbildung 26: Streudiagramm dB/iB mit HKG und WH

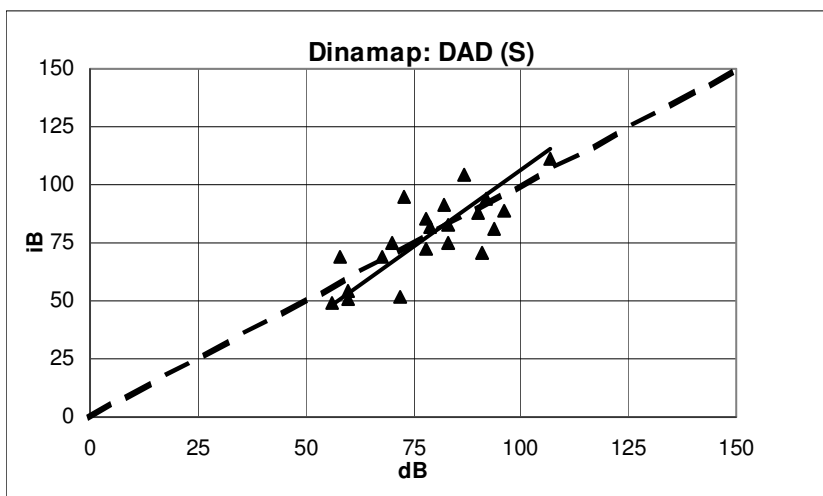


Abbildung 27: Streudiagramm dB/iB mit HKG und WH

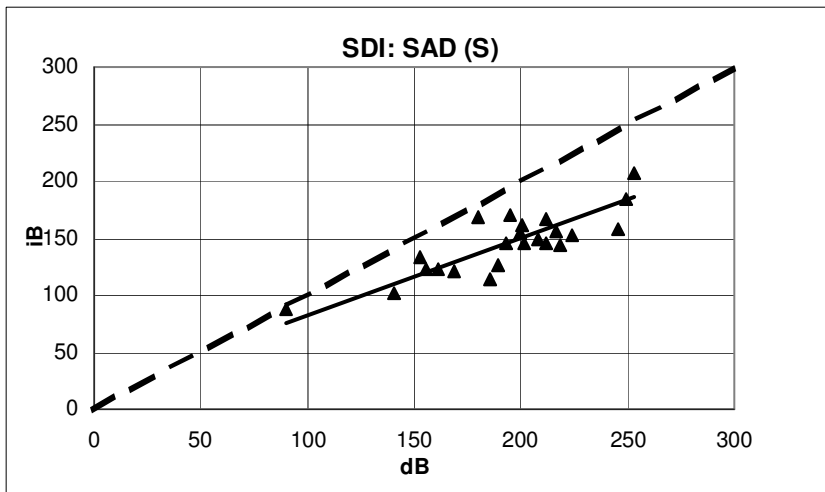


Abbildung 28: Streudiagramm dB/iB mit HKG und WH

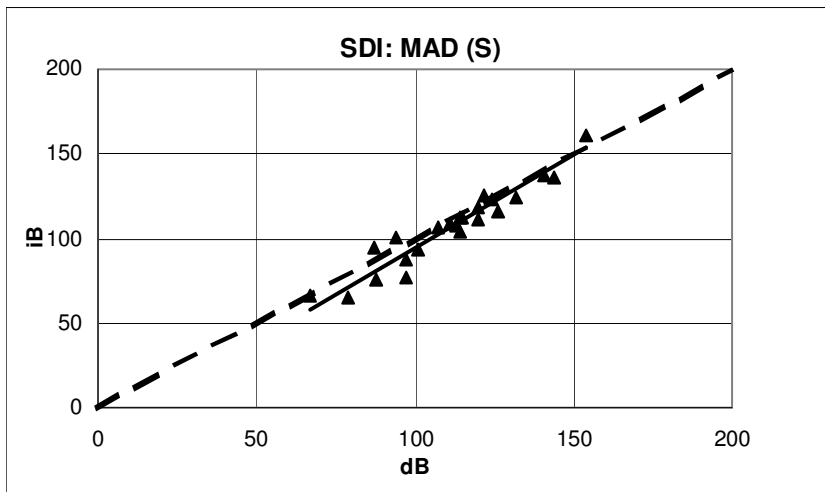


Abbildung 29: Streudiagramm dB/iB mit HKG und WH

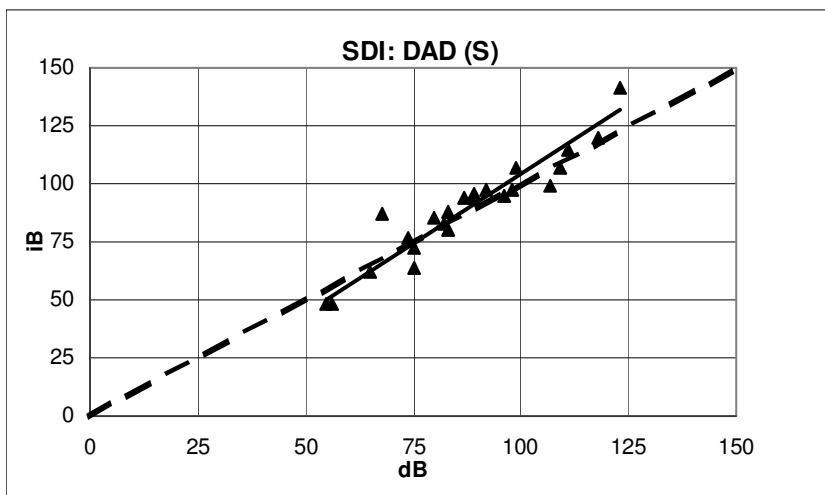


Abbildung 30: Streudiagramm dB/iB mit HKG und WH

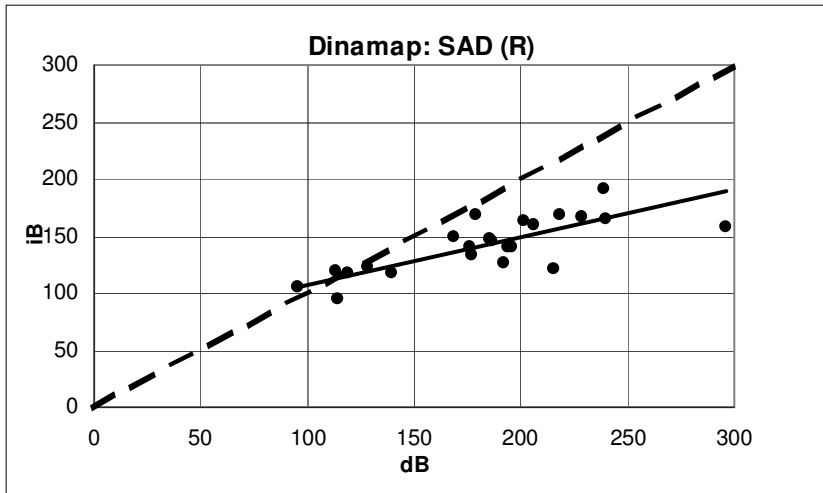


Abbildung 31: Streudiagramm dB/iB mit HKG und WH

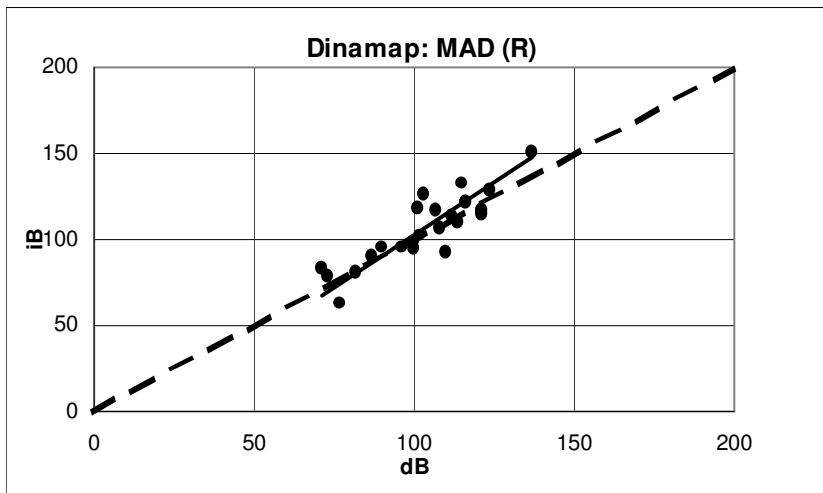


Abbildung 32: Streudiagramm dB/iB mit HKG und WH

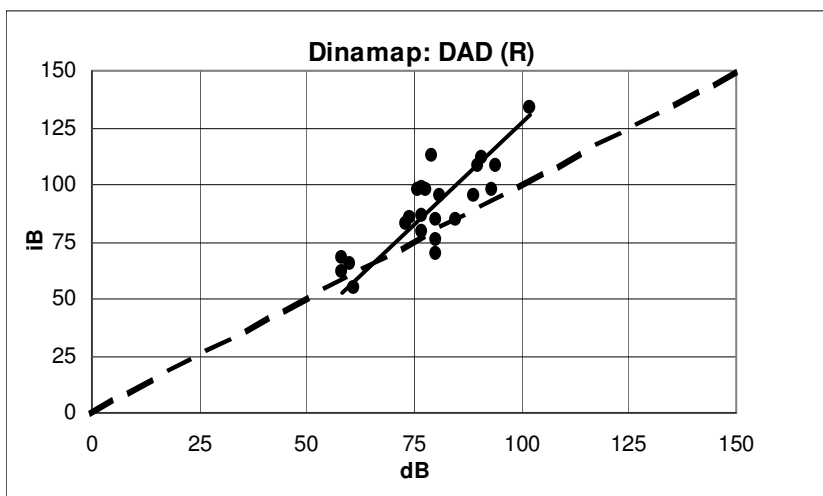


Abbildung 33: Streudiagramm dB/iB mit HKG und WH

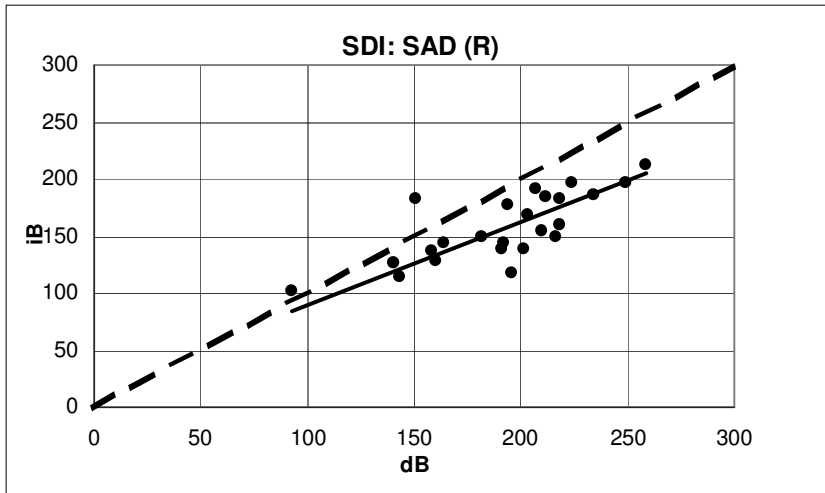


Abbildung 34: Streudiagramm dB/iB mit HKG und WH

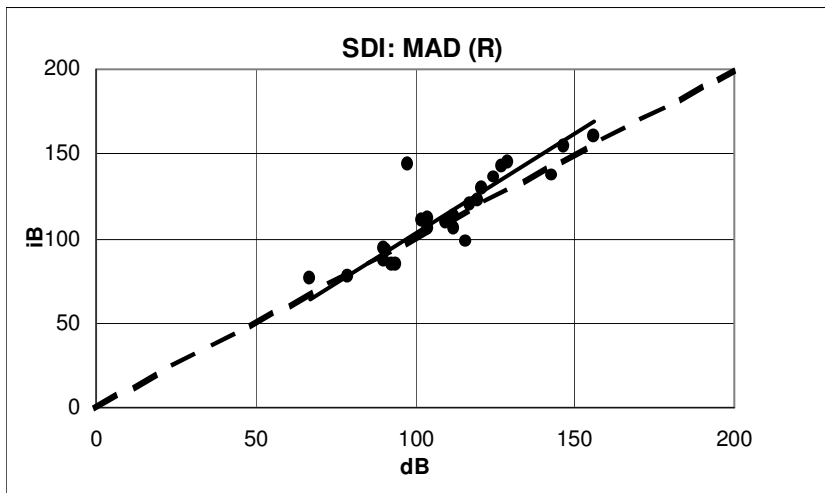
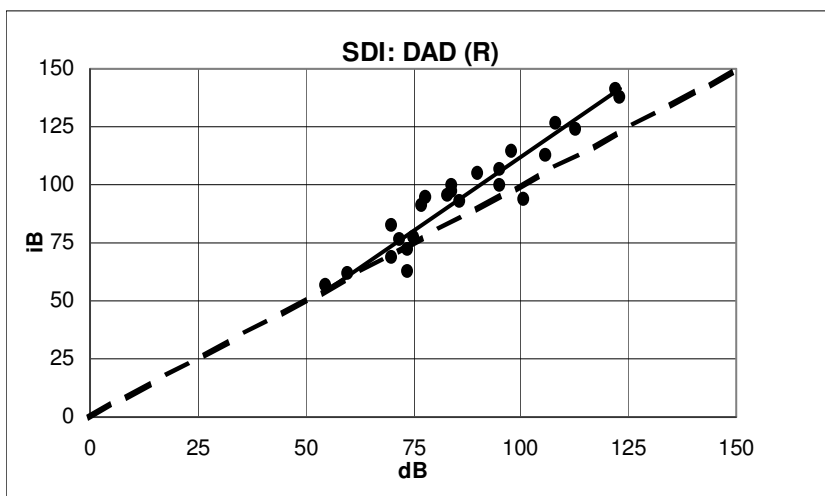
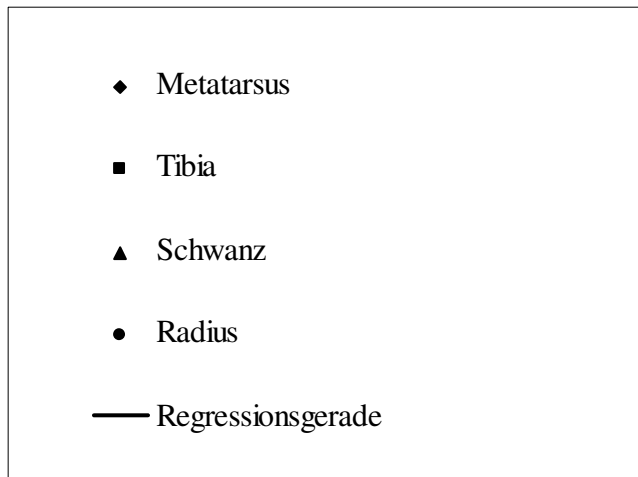


Abbildung 35: Streudiagramm dB/iB mit HKG und WH



Legende für die Abbildungen 36 - 59



Abkürzungen für die Abbildungen 36 - 59

DAD	diastolischer arterieller Druck
dB	direkter Blutdruck
ΔB	Differenz von dB und iB
iB	indirekter Blutdruck
M	Metatarsus
MAD	mittlerer arterieller Druck
R	Radius
S	Schwanzansatz
SAD	systolischer arterieller Druck
T	Tibia
\cong	arithmetisches Mittel
$\cong(dB/iB)$	arithmetischer Mittelwert von direktem und indirektem Blutdruck

Abbildung 36: ΔB im Vergleich zu \cong (dB/iB) mit eingezeichneter Regressionsgeraden

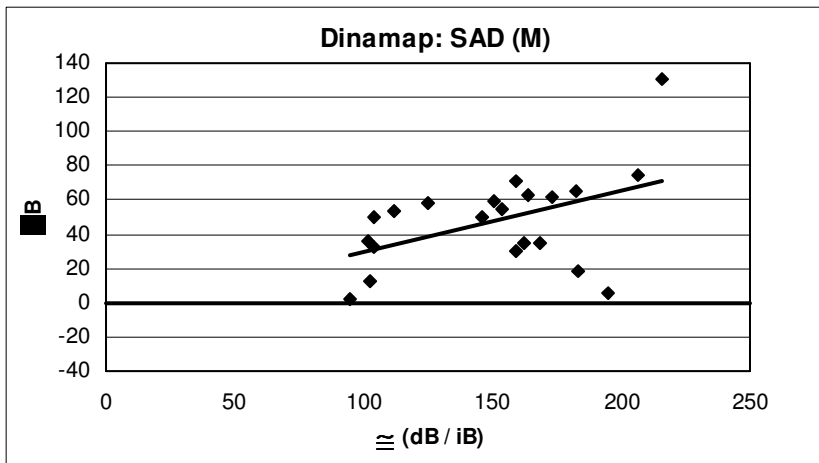


Abbildung 37: ΔB im Vergleich zu \cong (dB/iB) mit eingezeichneter Regressionsgeraden

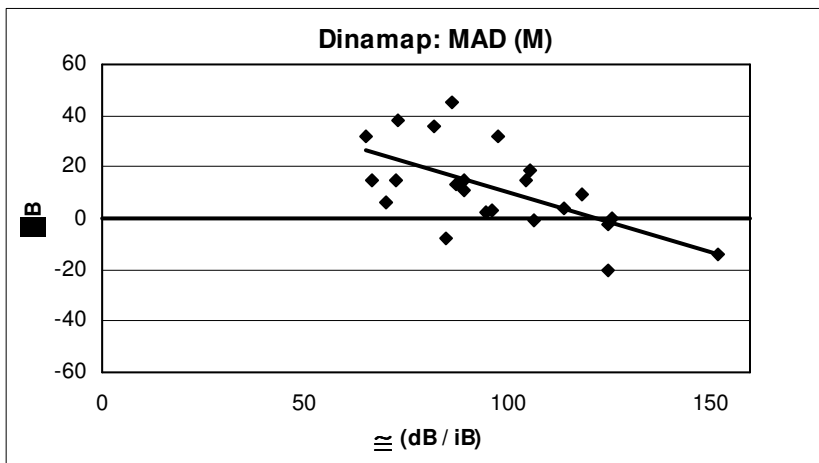


Abbildung 38: ΔB im Vergleich zu \cong (dB/iB) mit eingezeichneter Regressionsgeraden

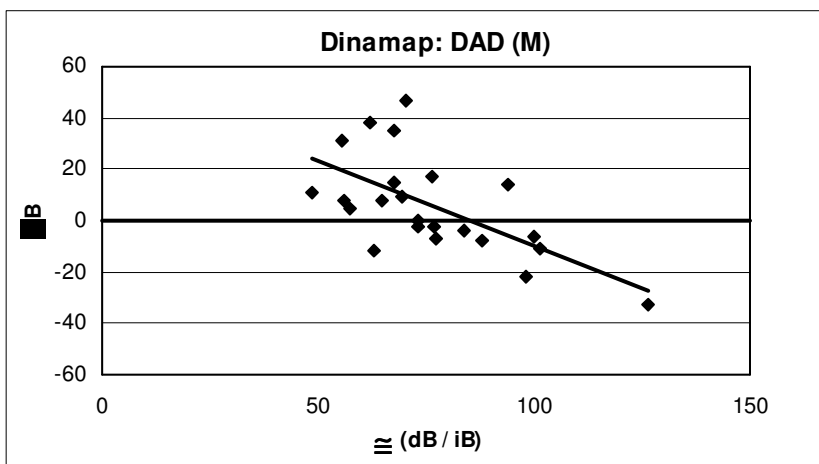


Abbildung 39: ΔB im Vergleich zu \cong (dB/iB) mit eingezeichneter Regressionsgeraden

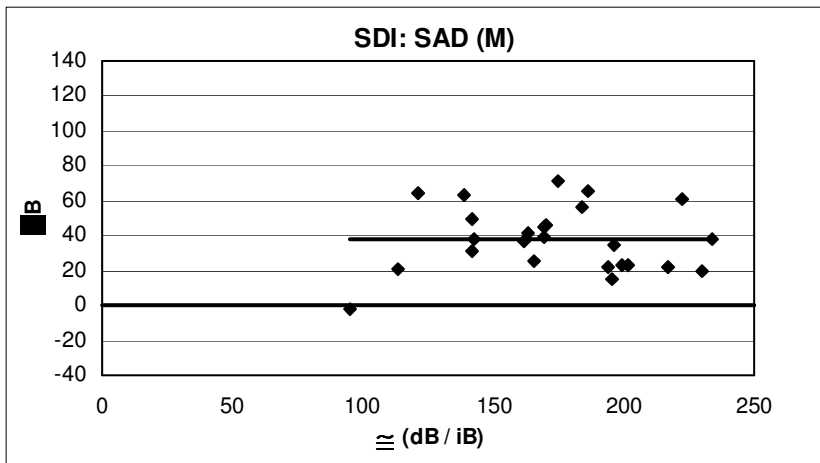


Abbildung 40: ΔB im Vergleich zu \cong (dB/iB) mit eingezeichneter Regressionsgeraden

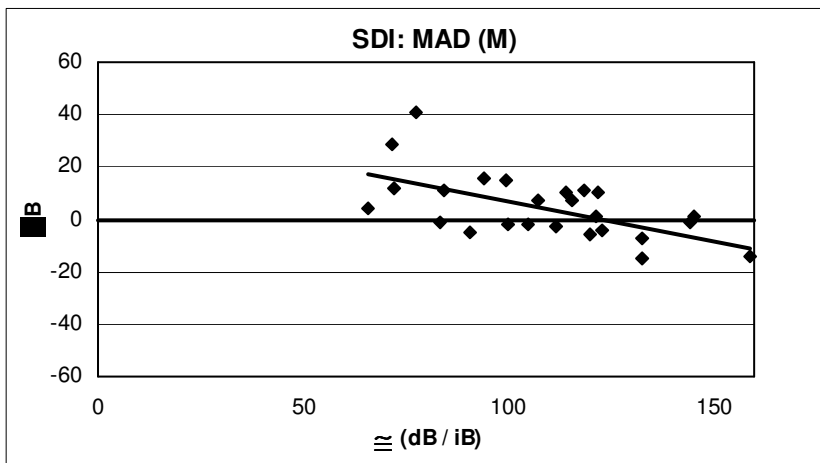


Abbildung 41: ΔB im Vergleich zu \cong (dB/iB) mit eingezeichneter Regressionsgeraden

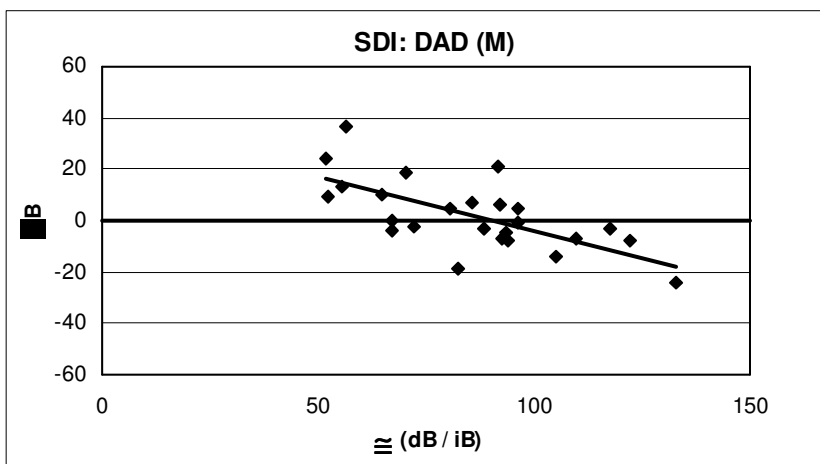


Abbildung 42: ΔB im Vergleich zu \cong (dB/iB) mit eingezeichneter Regressionsgeraden

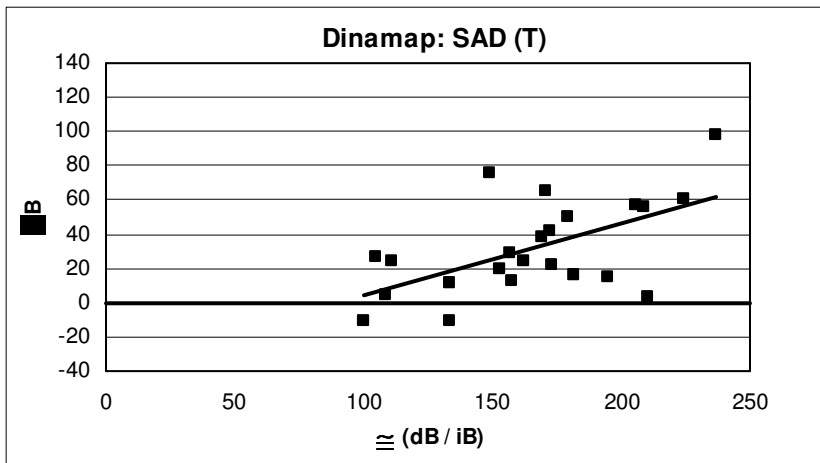


Abbildung 43: ΔB im Vergleich zu \cong (dB/iB) mit eingezeichneter Regressionsgeraden

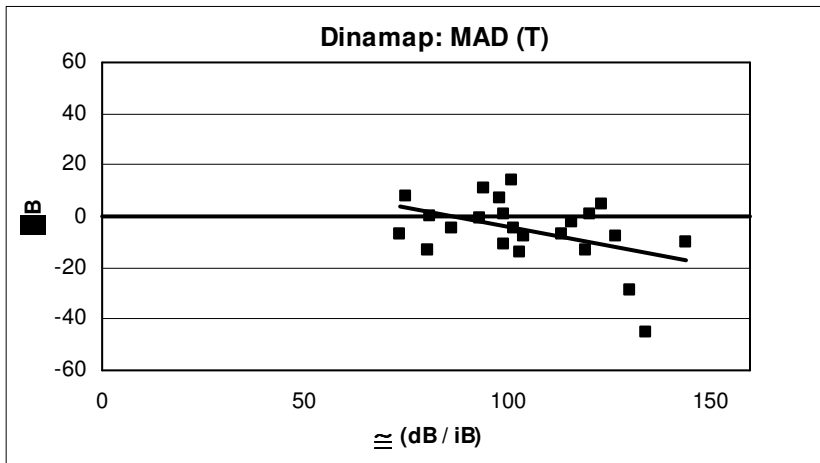


Abbildung 44: ΔB im Vergleich zu \cong (dB/iB) mit eingezeichneter Regressionsgeraden

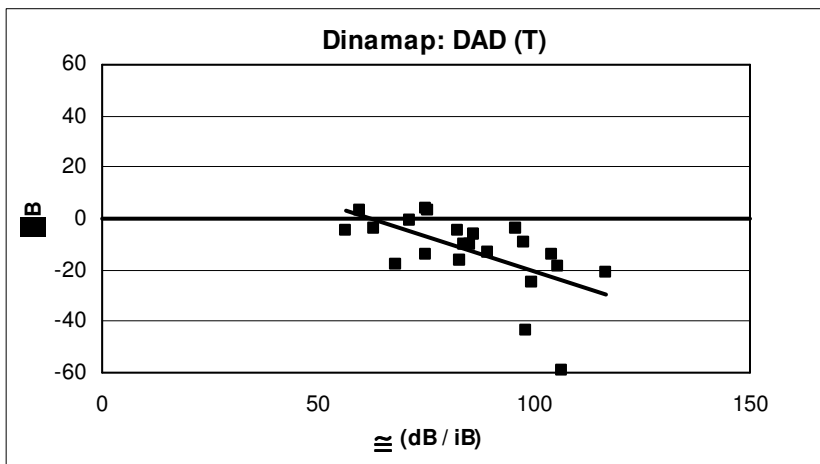


Abbildung 45: ΔB im Vergleich zu \cong (dB/iB) mit eingezeichneter Regressionsgeraden

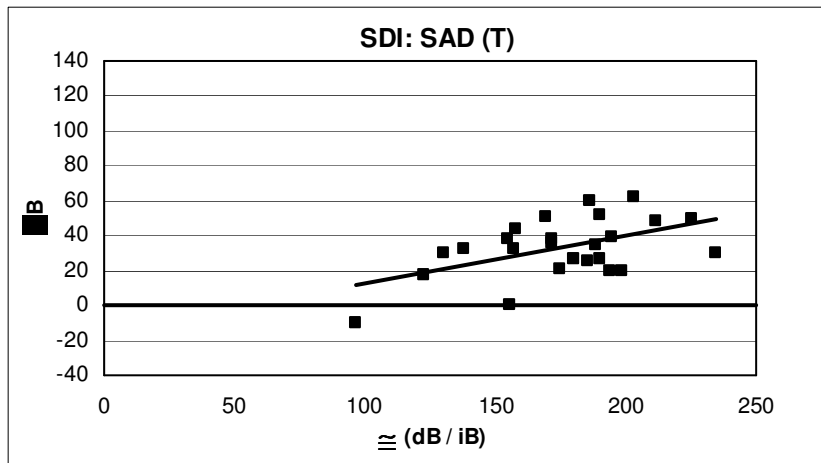


Abbildung 46: ΔB im Vergleich zu \cong (dB/iB) mit eingezeichneter Regressionsgeraden

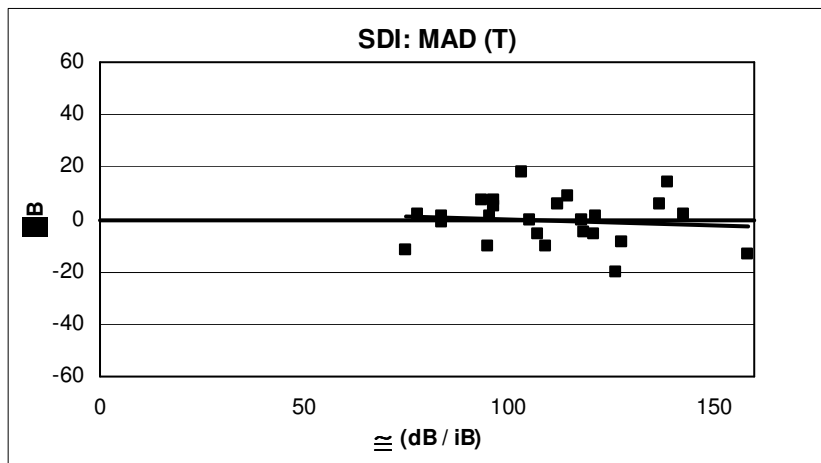


Abbildung 47: ΔB im Vergleich zu \cong (dB/iB) mit eingezeichneter Regressionsgeraden

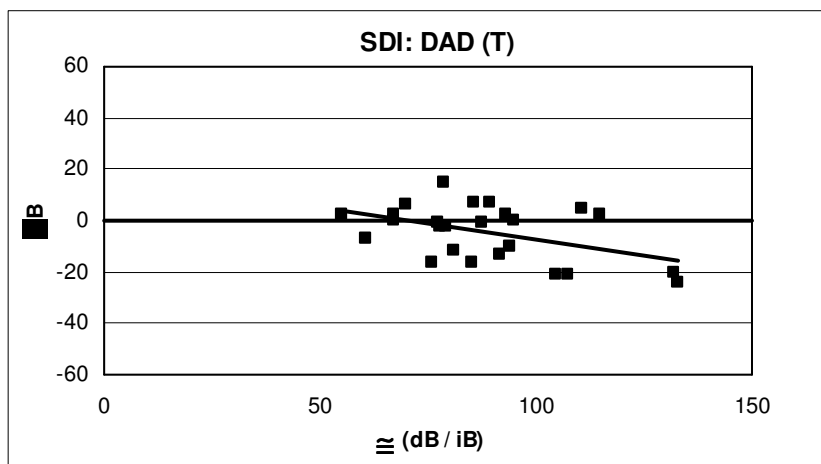


Abbildung 48: ΔB im Vergleich zu \cong (dB/iB) mit eingezeichneter Regressionsgeraden

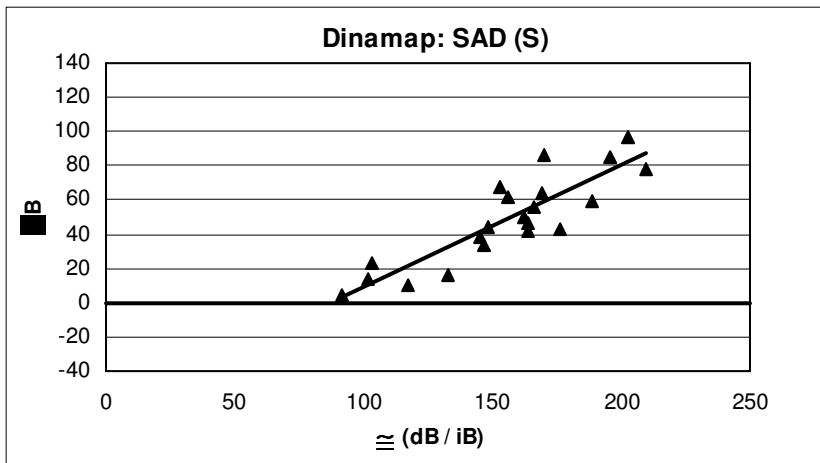


Abbildung 49: ΔB im Vergleich zu \cong (dB/iB) mit eingezeichneter Regressionsgeraden

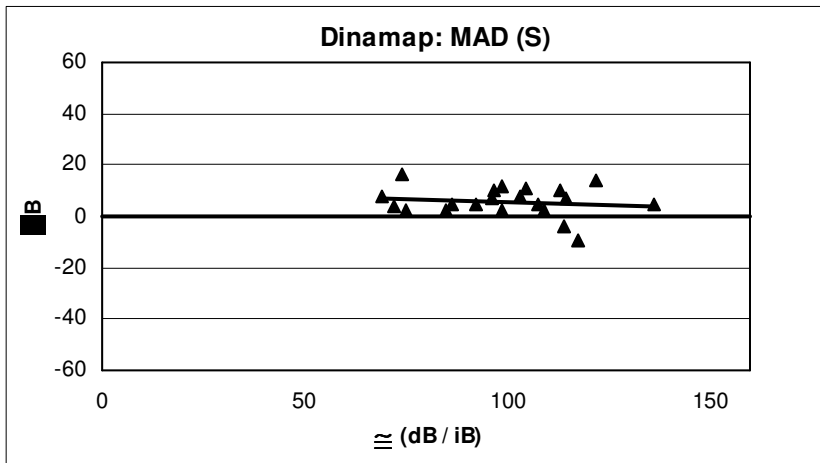


Abbildung 50: ΔB im Vergleich zu \cong (dB/iB) mit eingezeichneter Regressionsgeraden

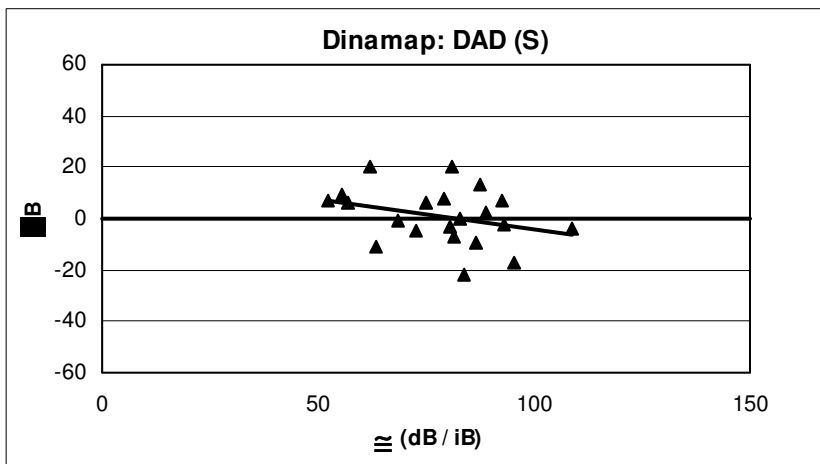


Abbildung 51: ΔB im Vergleich zu \cong (dB/iB) mit eingezeichneter Regressionsgeraden

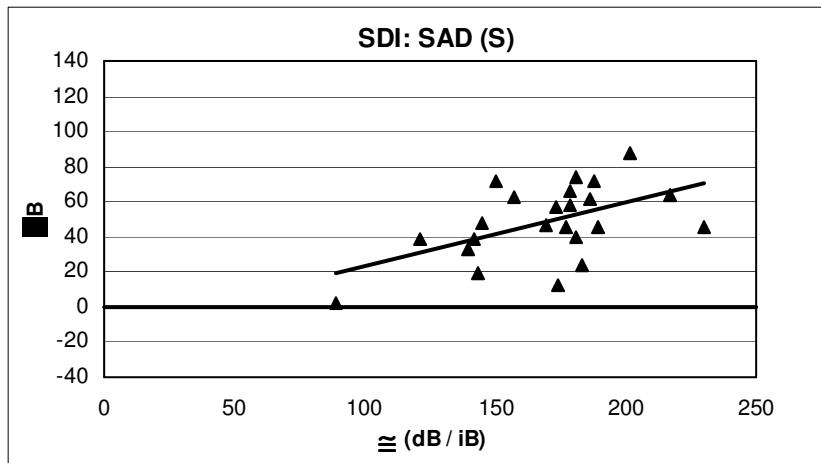


Abbildung 52: ΔB im Vergleich zu \cong (dB/iB) mit eingezeichneter Regressionsgeraden

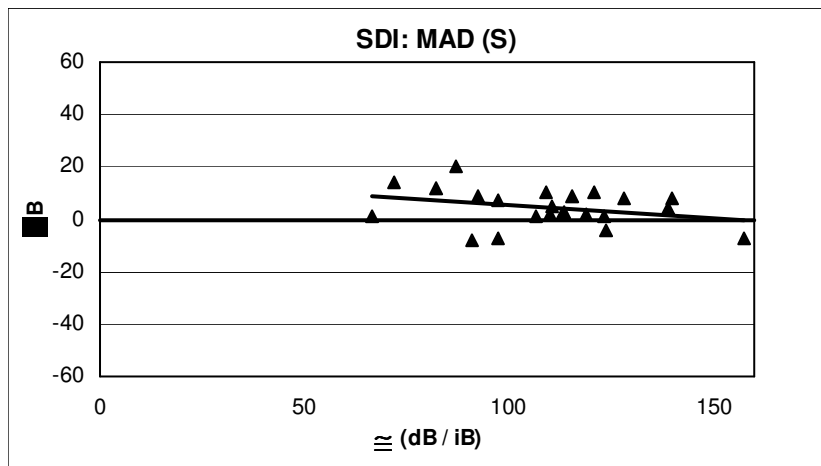


Abbildung 53: ΔB im Vergleich zu \cong (dB/iB) mit eingezeichneter Regressionsgeraden

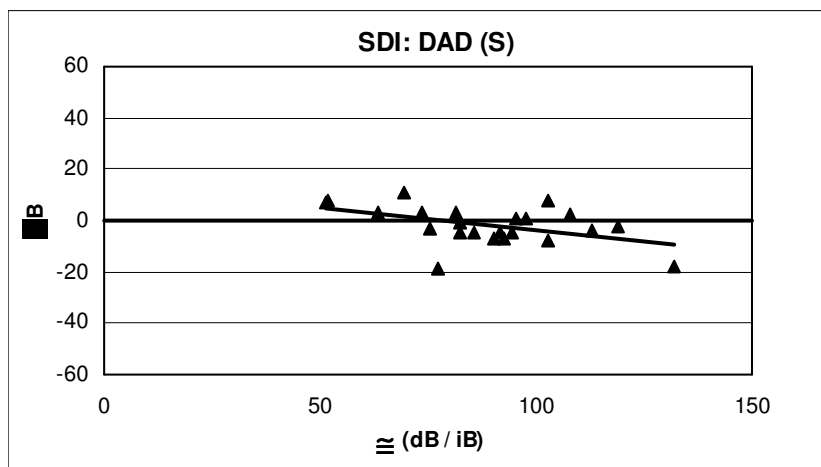


Abbildung 54: ΔB im Vergleich zu \cong (dB/iB) mit eingezeichneter Regressionsgeraden

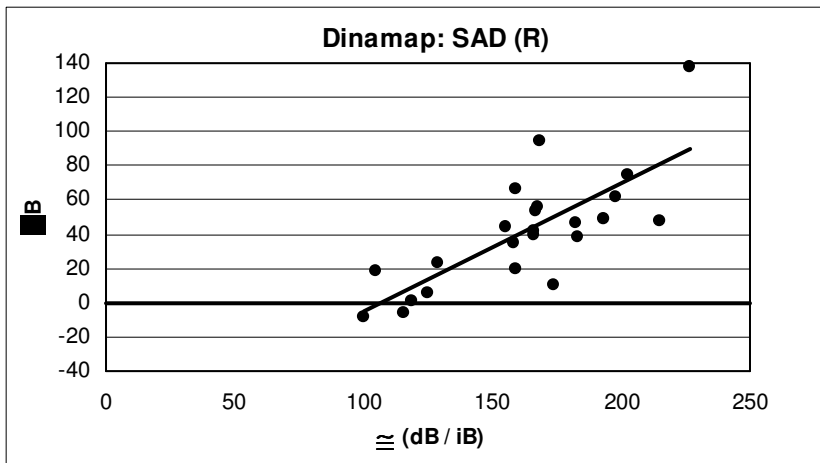


Abbildung 55: ΔB im Vergleich zu \cong (dB/iB) mit eingezeichneter Regressionsgeraden

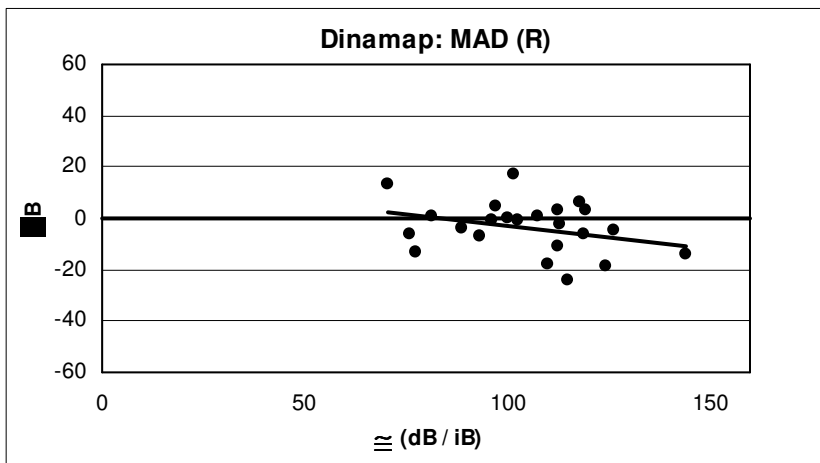


Abbildung 56: ΔB im Vergleich zu \cong (dB/iB) mit eingezeichneter Regressionsgeraden

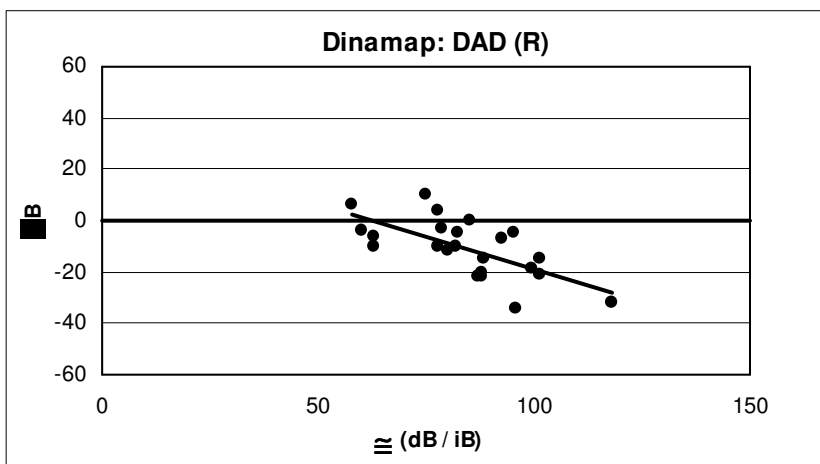


Abbildung 57: ΔB im Vergleich zu \cong (dB/iB) mit eingezeichneter Regressionsgeraden

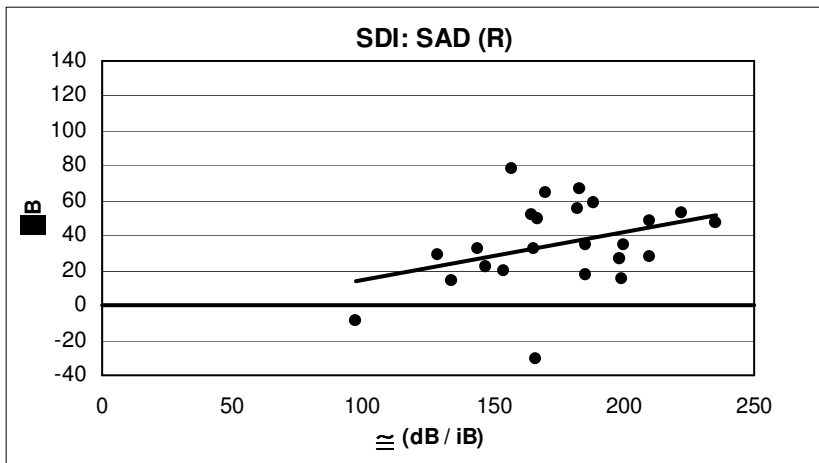


Abbildung 58: ΔB im Vergleich zu \cong (dB/iB) mit eingezeichneter Regressionsgeraden

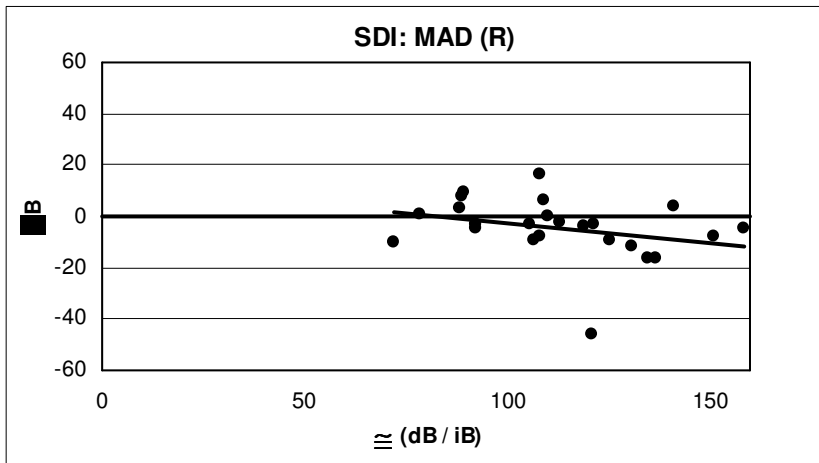
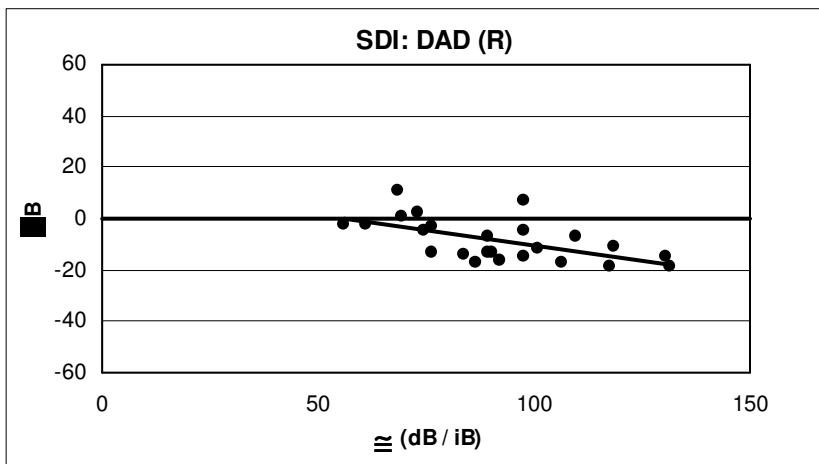


Abbildung 59: ΔB im Vergleich zu \cong (dB/iB) mit eingezeichneter Regressionsgeraden



Legende für die Abbildungen 60 - 83

◆	Metatarsus
■	Tibia
▲	Schwanz
●	Radius
- - - -	Einfache Standardabweichung
— —	Zweifache Standardabweichung

Abkürzungen für die Abbildungen 60 - 83

DAD	diastolischer arterieller Druck
dB	direkter Blutdruck
Δ HKG	Differenz der Werte von HKG und iB
HKG	Hauptkomponentengerade
M	Metatarsus
MAD	mittlerer arterieller Druck
R	Radius
S	Schwanzansatz
SAD	systolischer arterieller Druck
T	Tibia

Abbildung 60: Δ HKG mit einfacher und zweifacher Standardabweichung

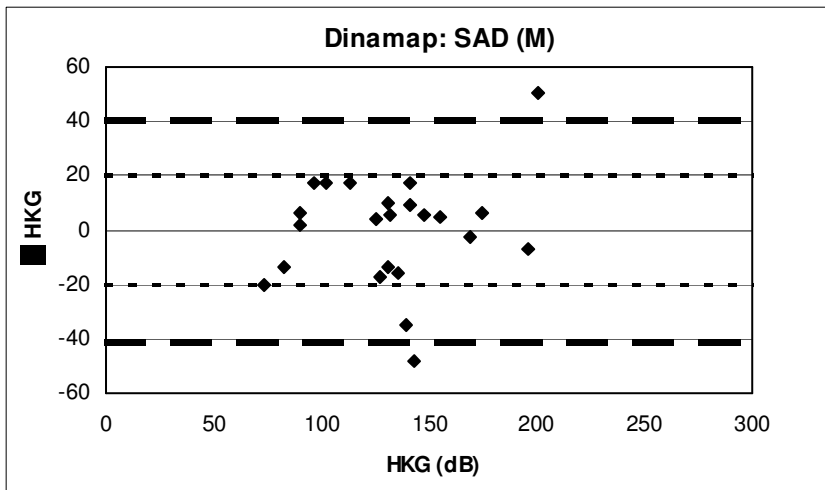


Abbildung 61: Δ HKG mit einfacher und zweifacher Standardabweichung

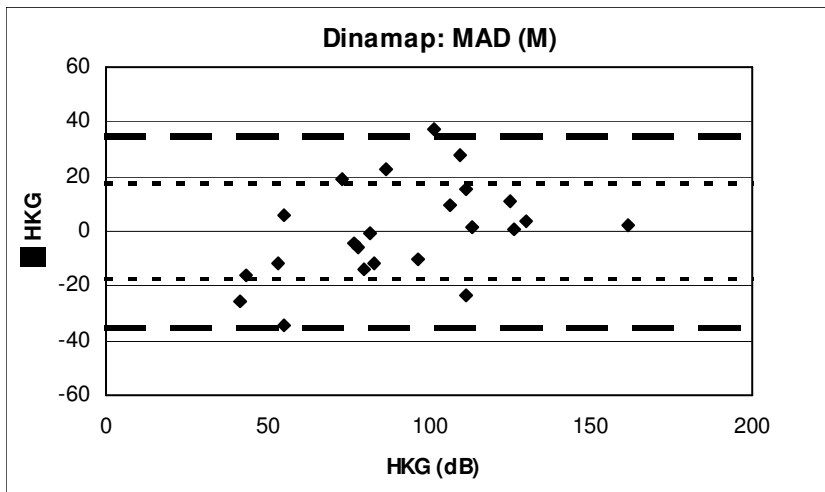


Abbildung 62: Δ HKG mit einfacher und zweifacher Standardabweichung

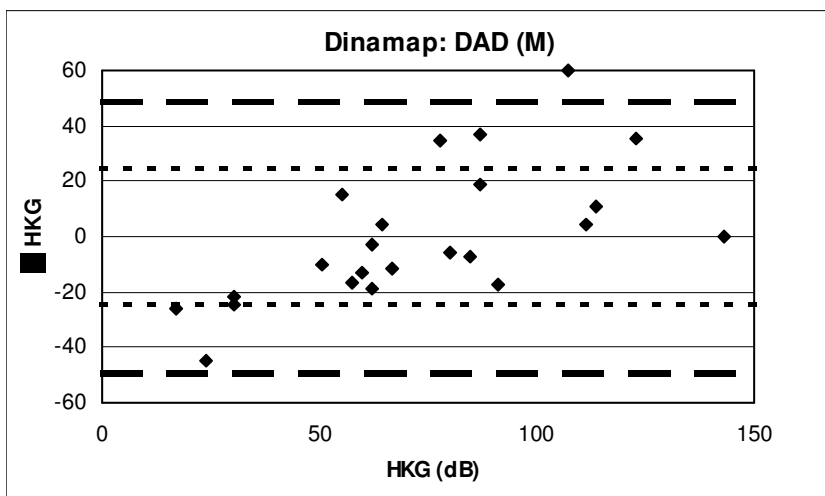


Abbildung 63: Δ HKG mit einfacher und zweifacher Standardabweichung

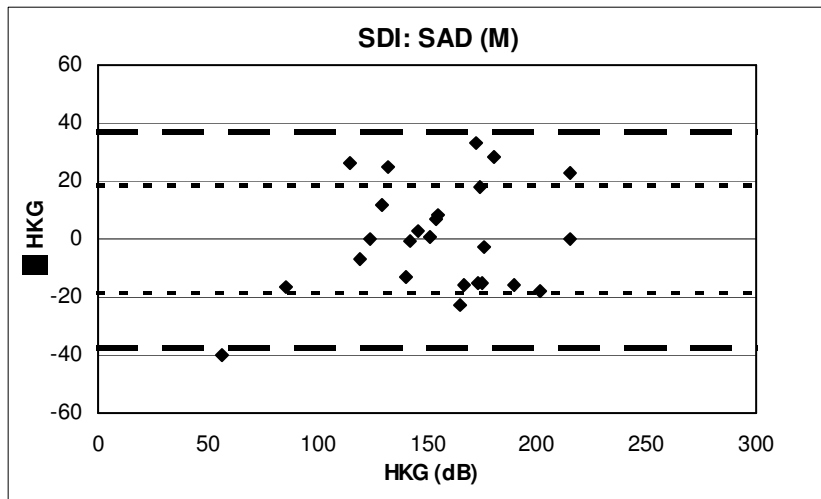


Abbildung 64: Δ HKG mit einfacher und zweifacher Standardabweichung

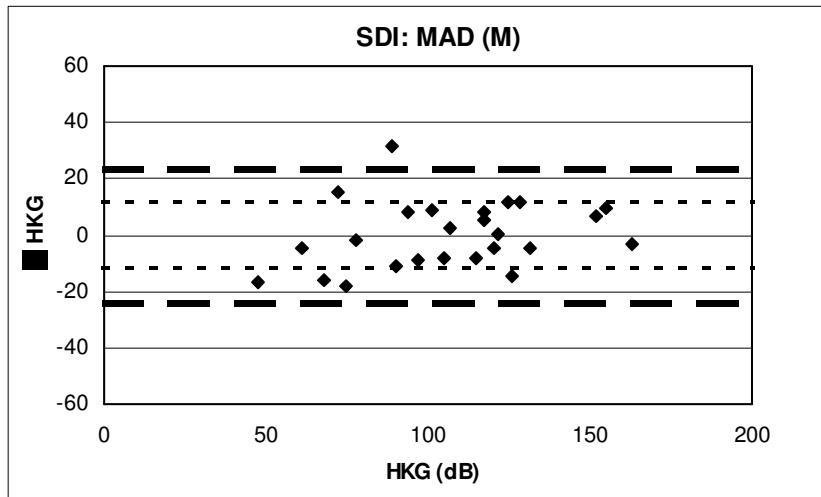


Abbildung 65: Δ HKG mit einfacher und zweifacher Standardabweichung

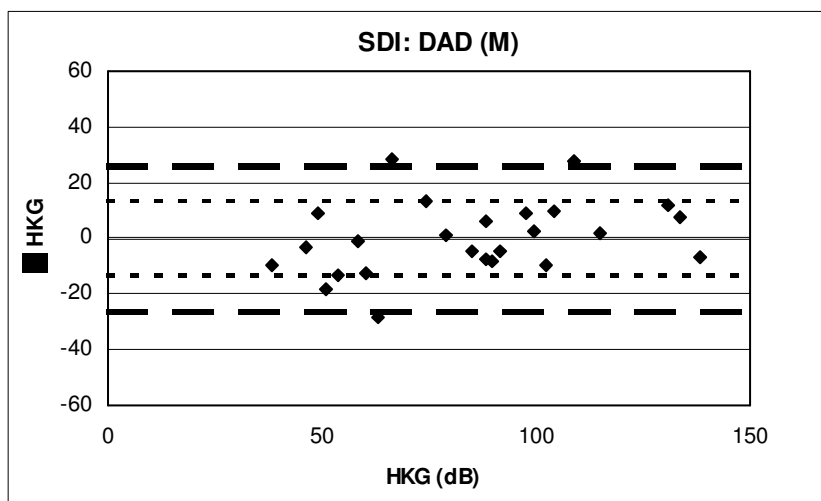


Abbildung 66: Δ HKG mit einfacher und zweifacher Standardabweichung

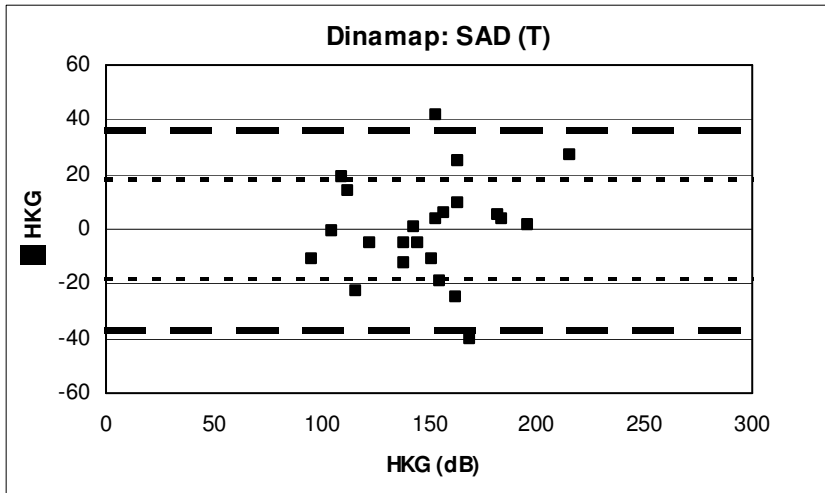


Abbildung 67: Δ HKG mit einfacher und zweifacher Standardabweichung

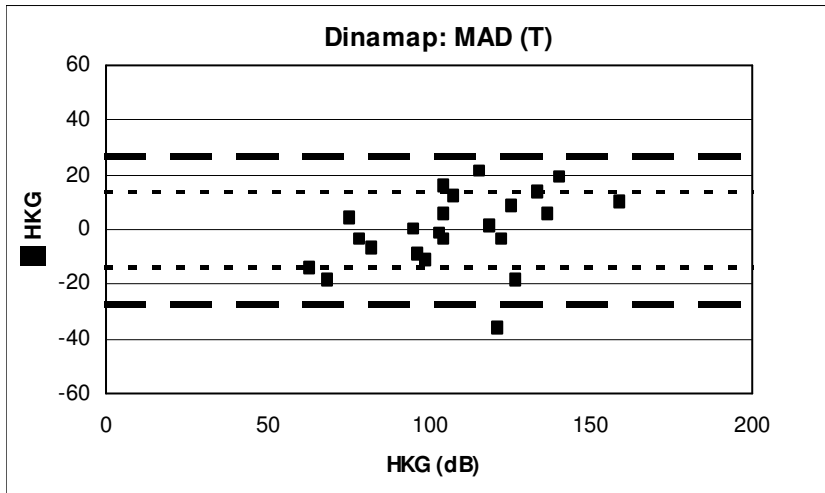


Abbildung 68: Δ HKG mit einfacher und zweifacher Standardabweichung

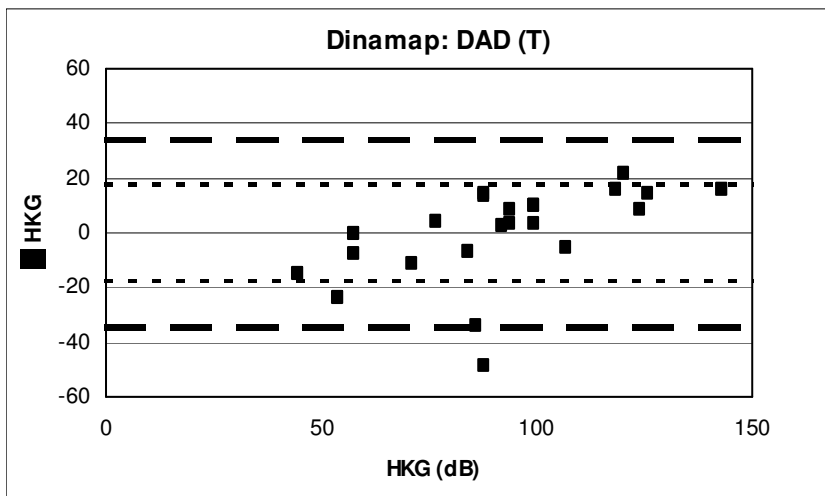


Abbildung 69: Δ HKG mit einfacher und zweifacher Standardabweichung

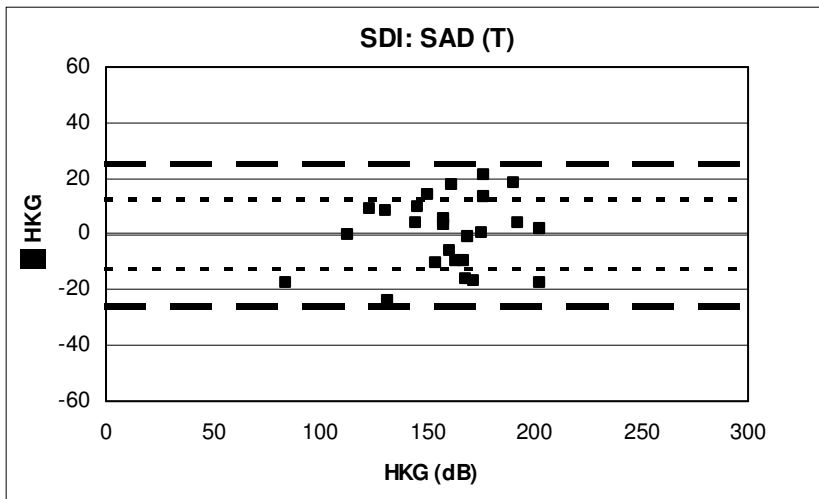


Abbildung 70: Δ HKG mit einfacher und zweifacher Standardabweichung

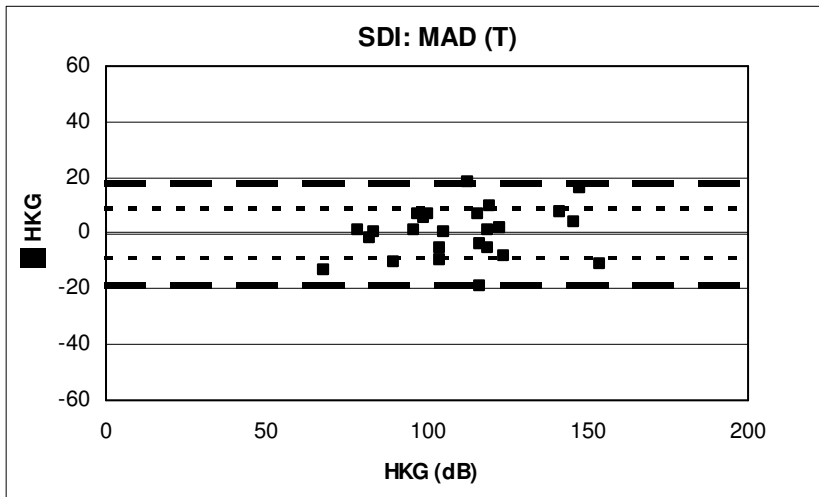


Abbildung 71: Δ HKG mit einfacher und zweifacher Standardabweichung

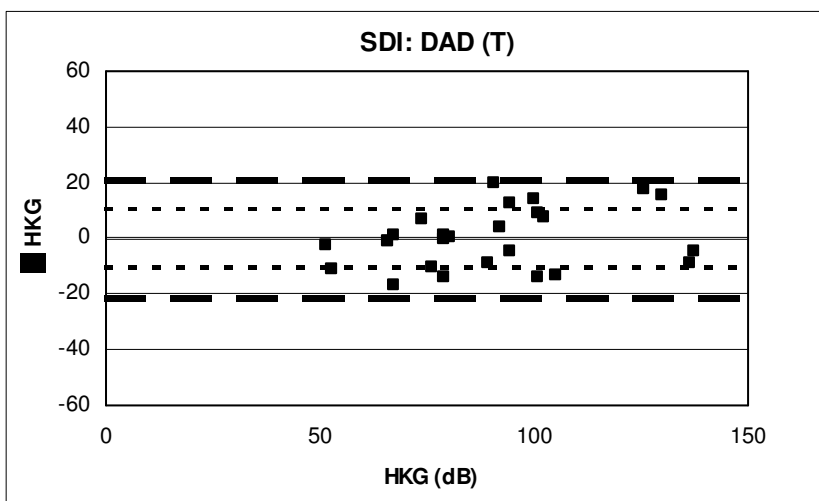


Abbildung 72: Δ HKG mit einfacher und zweifacher Standardabweichung

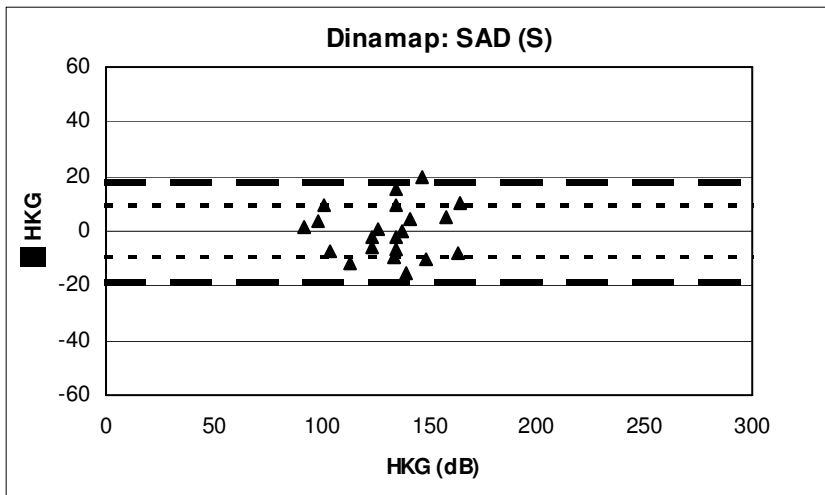


Abbildung 73: Δ HKG mit einfacher und zweifacher Standardabweichung

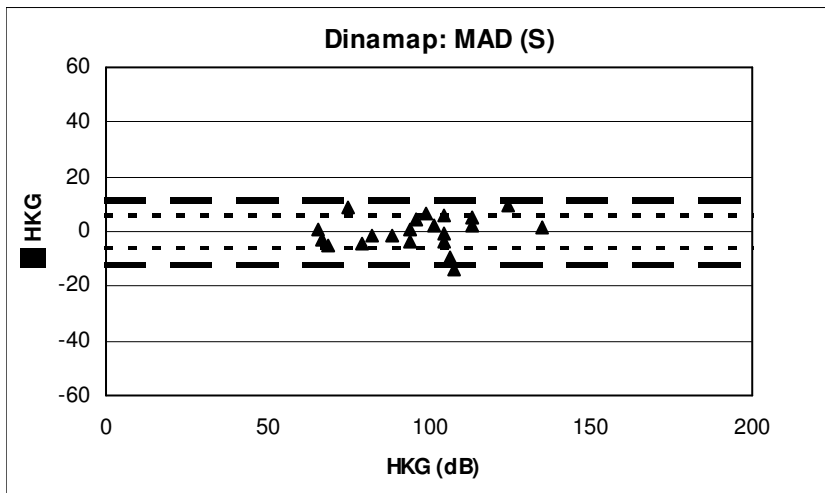


Abbildung 74: Δ HKG mit einfacher und zweifacher Standardabweichung

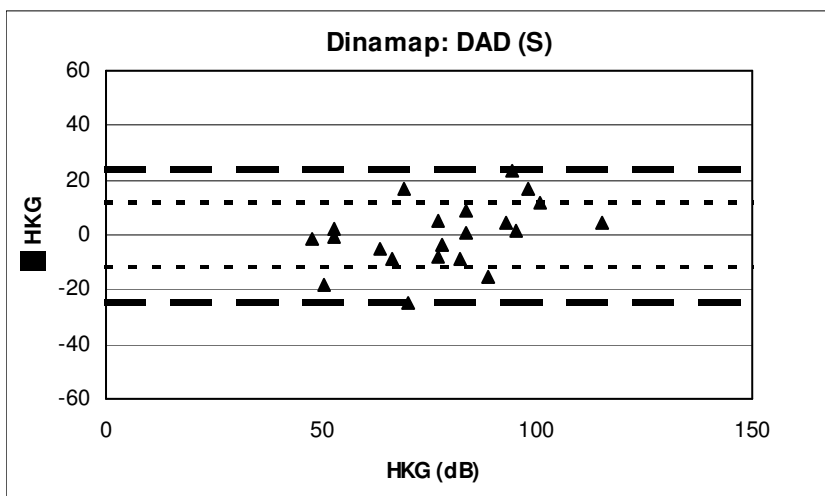


Abbildung 75: Δ HKG mit einfacher und zweifacher Standardabweichung

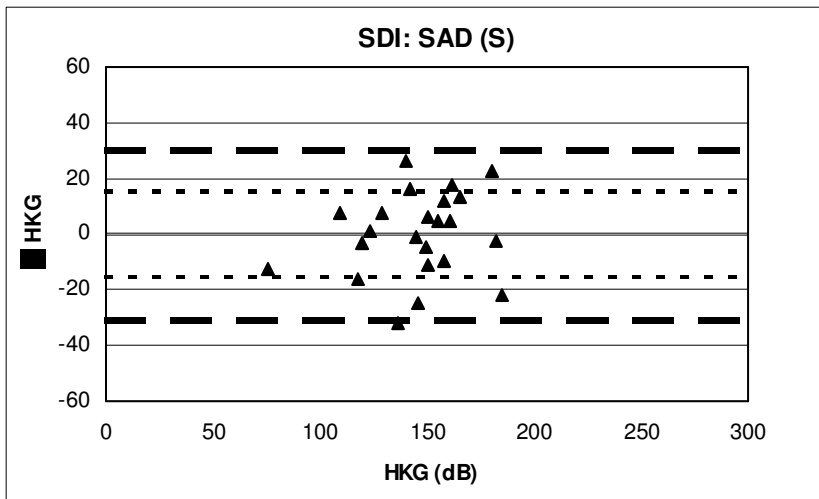


Abbildung 76: Δ HKG mit einfacher und zweifacher Standardabweichung

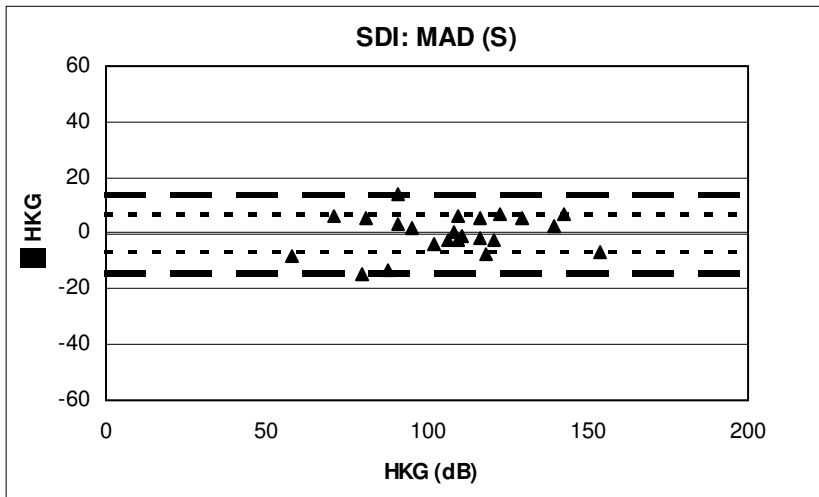


Abbildung 77: Δ HKG mit einfacher und zweifacher Standardabweichung

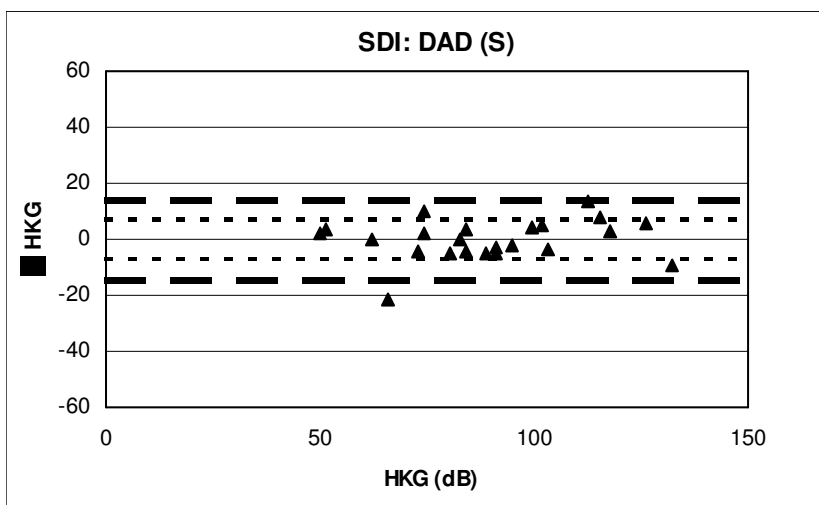


Abbildung 78: Δ HKG mit einfacher und zweifacher Standardabweichung

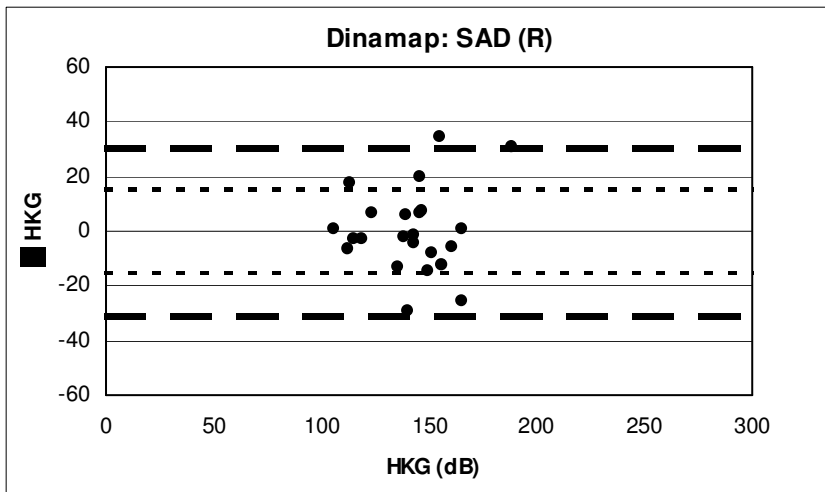


Abbildung 79: Δ HKG mit einfacher und zweifacher Standardabweichung

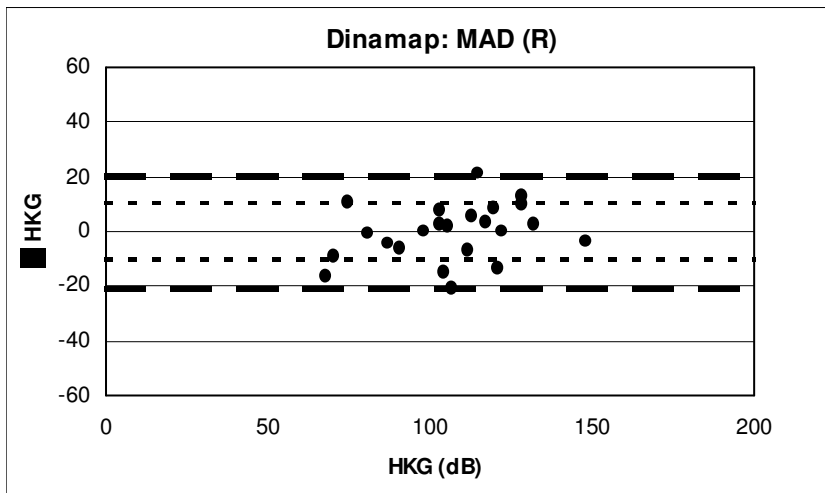


Abbildung 80: Δ HKG mit einfacher und zweifacher Standardabweichung

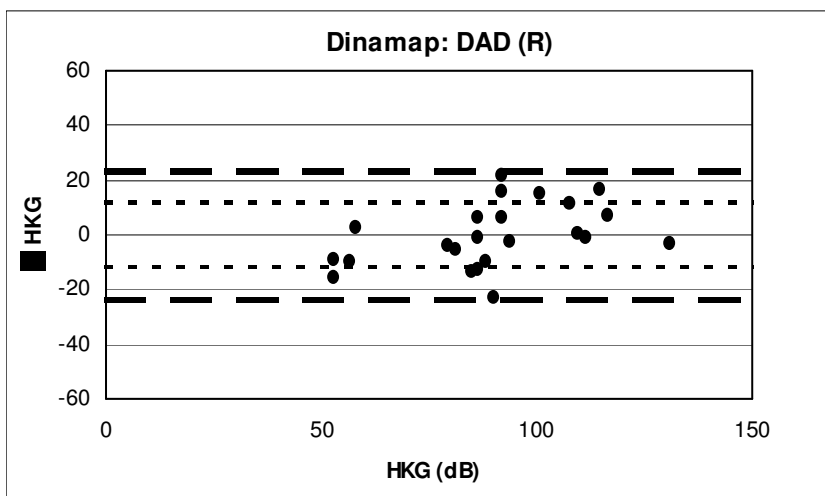


Abbildung 81: Δ HKG mit einfacher und zweifacher Standardabweichung

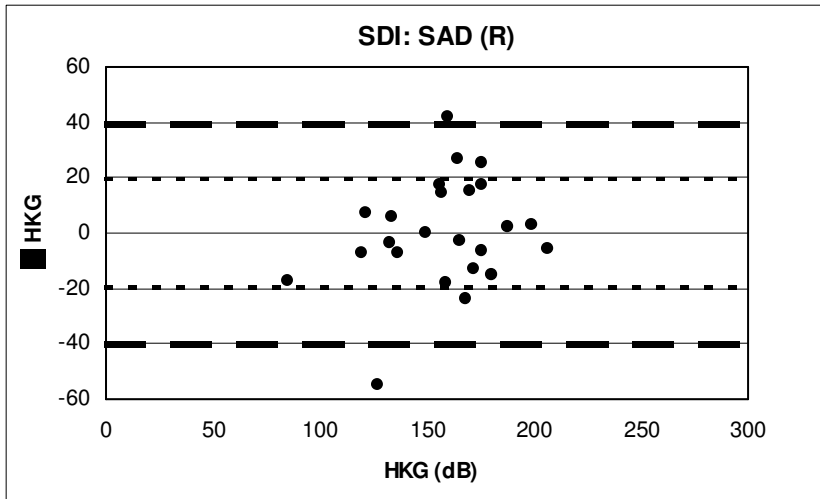
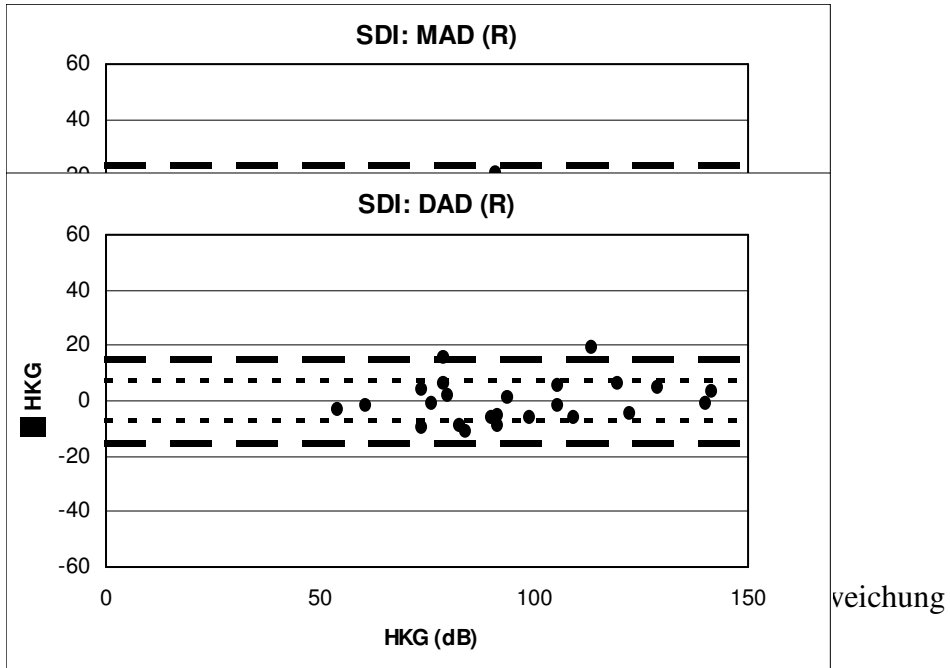


Abbildung 82: Δ HKG mit einfacher und zweifacher Standardabweichung



Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen herzlich bedanken, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Herrn Prof. Dr. E.-G. Grünbaum danke ich für die Überlassung des Themas, die stete Unterstützung und die wertvollen Ratschläge bei der Anfertigung dieser Arbeit.

Herrn Dr. H. Neu danke ich in besonderem Maße für sein großes Interesse an dieser Arbeit, seine wertvolle fachliche Unterstützung und fortwährende Hilfsbereitschaft bei allen Problemen.

Ein besondere Dank geht auch an Herrn Dr. M. Schneider für seine fachliche und freundschaftliche Unterstützung bei allen Abschnitten dieser Arbeit.

Ich möchte mich auch bei allen Tierärztinnen und Tierärzten der Medizinischen und Gerichtlichen Veterinärklinik I bedanken, die mich stets bei der Suche nach geeigneten Patienten unterstützt haben.

Weiterhin bedanke ich mich bei allen Tierärztinnen und Tierärzten sowie allen Studentinnen und Studenten, die mir die Hunde zur Blutdruckmessung gehalten haben.

Herrn Dr. K. Failing danke ich für die Hilfe bei der statistischen Auswertung.

Ein weiteres Dankeschön geht an alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Medizinischen und Gerichtlichen Veterinärklinik I für die kollegiale und freundschaftliche Zusammenarbeit.

Ferner bedanke ich mich bei der Firma Johnson & Johnson und der Firma Eickemeyer für die kostenlose Bereitstellung der beiden oszillometrischen Blutdruckmeßgeräte zur Durchführung dieser Untersuchung.

Meiner Freundin Christiane danke ich für ihre Geduld und Mithilfe bei dieser Arbeit sowie für die ständige Motivation, ohne die diese Arbeit sicherlich noch länger gedauert hätte.

Nicht zuletzt möchte meinen Eltern danken, ohne deren Unterstützung mein Studium und diese Arbeit nicht möglich gewesen wären.