



**CAROLIN HILBERT-KZIONSKA**

INAUGURAL-DISSERTATION  
zur Erlangung des Grades eines **Dr. med. vet.** beim  
Fachbereich Veterinärmedizin der Justus-Liebig-Universität Gießen

**POSTOPERATIVE KRYOTHERAPIE BEI  
AUSGEWÄHLTEN ORTHOPÄDISCHEN  
UND NEUROLOGISCHEN  
ERKRANKUNGEN  
DES HUNDES**



*edition scientifica*  
**VVB LAUFERSWEILER VERLAG**

**Das Werk ist in allen seinen Teilen urheberrechtlich geschützt.**

Jede Verwertung ist ohne schriftliche Zustimmung des Autors oder des Verlages unzulässig. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung in und Verarbeitung durch elektronische Systeme.

1. Auflage 2011

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without the prior written permission of the Author or the Publishers.

1<sup>st</sup> Edition 2011

© 2011 by VVB LAUFERSWEILER VERLAG, Giessen  
Printed in Germany



*édition scientifique*  
**VVB LAUFERSWEILER VERLAG**

STAUFENBERGRING 15, D-35396 GIESSEN  
Tel: 0641-5599888 Fax: 0641-5599890  
email: [redaktion@doktorverlag.de](mailto:redaktion@doktorverlag.de)

[www.doktorverlag.de](http://www.doktorverlag.de)

Aus dem Klinikum Veterinärmedizin, Klinik für Kleintiere, Chirurgie  
der Justus-Liebig-Universität Giessen  
Betreuer: Prof. Dr. med. vet. Martin Kramer

**Postoperative Kryotherapie  
bei ausgewählten orthopädischen und neurologischen  
Erkrankungen des Hundes**

INAUGURAL-DISSERTATION  
zur Erlangung des Grades eines  
Dr. med. vet.  
beim Fachbereich Veterinärmedizin  
der Justus-Liebig-Universität Giessen

gingereicht von

**Carolin Hilbert-Kzionska**  
Tierärztin aus Frankfurt am Main

Giessen 2011

Mit Genehmigung des Fachbereichs Veterinärmedizin  
der Justus-Liebig-Universität Giessen

Dekan: Prof. Dr. med. vet. Martin Kramer

Gutachter:

Prof. Dr. med. vet. Martin Kramer

Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Hartwig Bostedt

Tag der Disputation: 9.05.2011

## **Meinen Eltern**

## **Erklärung**

„Ich erkläre: Ich habe die vorgelegte Dissertation selbständig und ohne unerlaubte fremde Hilfe und nur mit den Hilfen angefertigt, die ich in der Dissertation angegeben habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Giessen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten.“

Carolin Hilbert-Kzionska

---

Inhaltsverzeichnis	I
Abkürzungsverzeichnis	IV
<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....1
<b>2</b>	<b>Literaturübersicht</b> .....2
<b>2.1</b>	<b>Physikalische Medizin</b> .....2
<b>2.2</b>	<b>Physikalische Grundlagen / Wärmelehre</b> .....6
2.2.1	Formen des Wärmeüberganges.....6
2.2.2	Spezifische Wärmekapazität eines Körpers.....8
<b>2.3</b>	<b>Physiologische Grundlagen</b> .....9
2.3.1	Die Thermoregulation.....9
2.3.1.1	Neuronale Komponenten der Thermoregulation.....13
2.3.1.2	Wärmebildung.....17
2.3.1.3	Innerer Wärmestrom.....18
2.3.1.4	Äußerer Wärmestrom.....19
2.3.1.5	Kältebelastung und die Reaktion des Körpers.....21
2.3.2	Schmerzterminologie.....23
2.3.2.1	Schmerz.....23
2.3.2.2	Unterscheidung Nozizeption und Schmerz.....23
2.3.2.3	Der Nozizeptor und die Informationsverarbeitung.....24
2.3.2.4	Gate-Control-Theorie.....25
<b>2.4</b>	<b>Thermotherapie</b> .....27
2.4.1	Anwendung von Wärme.....27
2.4.1.1	Wirkung einer Wärmeanwendung.....27
2.4.1.2	Methoden der Wärmezufuhr.....28
2.4.1.3	Indikationen einer Wärmeanwendung.....29
2.4.1.4	Kontraindikationen einer Wärmeanwendung.....29
2.4.2	Kälteanwendung.....30
2.4.2.1	Geschichtliches zur Anwendung von Kälte.....30

---

2.4.2.2	Wirkungen einer Kälteanwendung.....	32
2.4.2.3	Nebenwirkungen einer Kälteanwendung.....	34
2.4.2.4	Methoden der Kältezufuhr.....	35
2.4.2.5	Indikationen einer Kälteanwendung.....	36
2.4.2.6	Kontraindikationen einer Kälteanwendung.....	37
<b>3</b>	<b>Eigene Untersuchungen.....</b>	<b>38</b>
<b>3.1</b>	<b>Ziele der Untersuchungen.....</b>	<b>38</b>
<b>3.2</b>	<b>Material und Methode.....</b>	<b>39</b>
3.2.1	Technische Voraussetzungen.....	39
3.2.2	Patientengut.....	42
3.2.3	Methodik.....	43
3.2.3.1	Vorbereitung und Lagerung des Patienten.....	43
3.2.3.2	Geräte-Einstellungen.....	43
<b>3.3</b>	<b>Standardisierung und Dokumentation der Untersuchungen.....</b>	<b>44</b>
3.3.1	Bestimmung der oberflächlichen Hauttemperatur.....	44
3.3.2	Schmerzbewertung.....	49
3.3.2.1	Angewandte Anästhetika intra operationem, Grad der Sedation.....	49
3.3.2.2	Subjektiver Schmerzfragebogen und Auswertung.....	50
3.3.3	Akzeptanz der Kältebehandlung durch den Patienten.....	54
3.3.4	Auswirkung auf den Wundbereich.....	54
<b>3.4</b>	<b>Statistische Auswertung.....</b>	<b>55</b>
<b>4</b>	<b>Ergebnisse.....</b>	<b>58</b>
<b>4.1</b>	<b>Patientengut.....</b>	<b>58</b>
<b>4.2</b>	<b>Verlauf der oberflächlichen Hauttemperatur.....</b>	<b>63</b>
4.2.1	Gruppe 1.....	63
4.2.2	Gruppe 2.....	66
4.2.3	Gruppe 3.....	69
4.2.4	Vergleich der Temperaturdifferenzen zur Ausgangstemperatur der oberflächlichen Hauttemperatur nach 5 Minuten Kaltluftapplikation von Gruppe 1 und Gruppe 2.....	72

---

4.2.5	Vergleich der Messbereiche Hüfte, Knie und Wirbelsäule von Gruppe 1 und Gruppe 2 bezogen auf den Verlauf der Temperaturdifferenzen zur Ausgangstemperatur der oberflächlichen Hauttemperatur.....	74
<b>4.3</b>	<b>Schmerzbewertung</b> .....	<b>75</b>
4.3.1	Subjektiver Schmerzfragebogen und Auswertung.....	75
4.3.2	Auswertung von Atemfrequenz, Pulsfrequenz und Körpertemperatur.....	79
<b>4.4</b>	<b>Akzeptanz</b> .....	<b>83</b>
<b>4.5</b>	<b>Wundbereich</b> .....	<b>84</b>
<b>5</b>	<b>Diskussion</b> .....	<b>85</b>
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>101</b>
<b>7</b>	<b>Summary</b> .....	<b>103</b>
<b>8</b>	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>105</b>
<b>9</b>	<b>Anhang</b> .....	<b>126</b>

---

## Abkürzungsverzeichnis

A1, A2, A3	Akzeptanzbeurteilung
$\alpha$	alpha
Abb.	Abbildung
Arith. Mittelwert	arithmetischer Mittelwert
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
°C	Grad Celsius
CHEOPS	Children's Hospital of Eastern Ontario Pain Scale
$\Delta$ -T	Temperaturdifferenz
d.h.	das heißt
EEG	Elektroenzephalogramm, Elektroenzephalographie
°F	Grad Fahrenheit
FA	Futteraufnahme
g	Gramm
Gr.	Gruppe
griech.	griechisch
H x B x T	Höhe x Breite x Tiefe
IASP®	International Association for the Study of Pain®
inkl.	inklusive
J	Joule
J. Am. Med. Assoc.	Journal of the American Medical Association
K	Kelvin
Kg	Kilogramm
KM	Körpermasse
L	Liter
LCD	Liquid crystal display
m	Meter
m <sup>2</sup>	Quadratmeter
M.	Musculus

---

Max	Maximum, größter Messwert, größtmöglicher Summenwert im subjektiven Schmerz-Fragebogen (TACKE 2003)
MET	microcurrent electrical therapy
MIN	Minimum, kleinster Messwert
min	Minute
mm	Millimeter
mm Hg	Millimeter Quecksilber
m / s	Meter pro Sekunde
n	Patientenanzahl
N.	Nervus
n. gekühlt	nicht gekühlt
nm	Nannometer
NRS	Numerische Schmerz-Bewertungsskala
NSAID	nichtsteroidales Antiphlogistikum
oberfl. Hauttemp.	oberflächliche Hauttemperatur
$\Sigma$	Summe
SBI	Schmerzbewertungs-Index
SI-Einheit	Système International d'Unités, internationale Basiseinheiten wie z. B. Meter, Kilogramm, Sekunde, Kelvin, Ampere, Candela, Mol
SDS	Single Descriptive Scale
T	Temperatur
Tab.	Tabelle
T „null“	Ausgangstemperatur
TPLO	Tibia Plateau Levelling Osteotomy nach Slocum
TRP	Transient Receptor Potential
TTA	Tibial Tuberosity advancement nach Montavon
T “vor”	Temperatur vor Kälteanwendung
U	innere Energie eines Stoffes
u. a.	unter anderem
V	Volt
VAS	Visuelle Analog-Skala
v. Chr.	vor Christus

---

vergl.	vergleiche
W	Watt
WS	Wirbelsäule
z. B.	zum Beispiel
ZNS	zentrales Nervensystem

# 1 Einleitung

Kälte- und Wärmebehandlung stellen neben Massagen mit die ältesten Therapieformen zur Einflussnahme auf einen kranken Organismus dar (GRANGER 1976, ANDERSON 1991, KNÜSEL 1991, OTT 1991, ALEXANDER 2004, ZOHMANN 2004). Früheste Aufzeichnungen sind Schriften von HIPPOKRATES (460 – 377 v. Chr.) und GALEN (129 – 199 n. Chr.) über Anwendungsgebiete von Kälte und Wärme am Menschen (ANDERSON 1991, KNÜSEL 1991, OTT 1991).

Der Einsatz von Kälte ist ein unverzichtbarer Bestandteil in der Versorgung verschiedenster akuter und chronischer Krankheitsprozesse. Der Einsatz am Patienten ist einfach in der Anwendung, mit geringen Kosten verbunden und vielschichtig in der Wirkung.

In der Thermotherapie, welche durch Anwendung physikalischer Mittel einem Patienten Wärme oder Kälte zuführt, stellt u. a. die Physiotherapie ein großes Einsatzgebiet von Kälte dar (BOCKSTAHLER et al. 2004).

Da sich die Physiotherapie mehr und mehr als ein unverzichtbarer Teilbereich der Veterinärmedizin etabliert, ist es umso wichtiger, für den Patienten Tier geeignete Anwendungsformen von Wärme und Kälte zu erforschen. Nicht alles, was der Mensch akzeptiert, wird vom Tier toleriert.

Es gibt zahlreiche Formen der Kälteanwendung, von Gel-Pads über Eis bis hin zur Ganzkörper-Kältekammer. Im Rahmen dieser Dissertation wird eine für die Veterinärmedizin neue Form der Kälteapplikation, und zwar die trockene Kaltluft, im Einsatz am Hund nach ausgewählten orthopädischen und neurologischen Operationen untersucht.

## 2 Literaturübersicht

### 2.1 PHYSIKALISCHE MEDIZIN

Die Ursprünge der Physiotherapie führen weit in der Geschichte zurück. Schon 3000 Jahre vor Christus nutzten die Chinesen Reibungen und Massagen als therapeutische Maßnahme unter anderem zur Durchblutungssteigerung gewisser Hautareale, zur Verdauungserleichterung und bei schmerzhaften Verspannungen (GRANGER 1976, ZOHMANN 2004). Hippokrates (460 bis 377 v. Chr.) beschrieb in seinen Schriften unter anderem physikalische Prinzipien wie die Anwendung von kaltem Wasser bei fieberhaften Zuständen und die Anwendung warmen Wassers zur Durchblutungsförderung am kranken Menschen (ANDERSON 1991, ELDAR und JELIC 2003).

Im Mittelalter wurden körperliche Gebrechen als Strafe Gottes aufgefasst, die man auf sich nehmen musste. Erst die Zeit der Aufklärung schuf den Boden, auf dem sich die Bemühungen um Behandlung und Eingliederung dieser Patienten entfalten konnten (HEIPERTZ 2001).

In der Schweiz gründete 1780 VENEL im Kanton Vaud das erste orthopädische Institut, in welchem behinderte Kinder gezielt physiotherapeutisch trainiert wurden (ELDAR und JELIC 2003).

ELDAR und JELIC (2003) kommen zu dem Schluss, dass Kriege maßgeblich an der Entwicklung der Physiotherapie beteiligt sind. So kam z. B. die Royal Airforce während des Zweiten Weltkrieges zu der Erkenntnis, dass es kosten- und zeiteffektiver ist, verletzte Soldaten der Luftwaffe zu rehabilitieren, anstatt immer neue Rekruten auszubilden.

Auch ließen sich durch gezieltes Training die Sterberate und Komplikationen nach Amputationen, Wirbelsäulen- und ZNS-Verletzungen reduzieren, der Krankenhausaufenthalt deutlich verkürzen und die Wiedereingliederung von Kriegsverletzten ins normale Leben fördern (ELDAR und JELIC 2003).

JOCHHEIM (1995) berichtet von Bemühungen im 1. und 2. Weltkrieg, für Soldaten mit Verletzungen des zentralen und peripheren Nervensystems qualifizierte Rehabilitationssysteme zu erstellen.

HEIPERTZ (2001) glaubt, dass die Orthopädie maßgeblich an der Entwicklung der Physikalischen Medizin und der Rehabilitation beteiligt ist.

In der 2. Hälfte des 20. Jahrhunderts vollzog sich in der Orthopädie ein entscheidender Wandel des therapeutischen Vorgehens hin zu einer aktiven Behandlungsstrategie. Bis dahin war eine mehrmonatige Ruhigstellung im Gipsverband nach z. B. einer Korrekturosteotomie oder einer Frakturversorgung die Regel. Durch die innere Fixation des Knochens mit einem Marknagel (KÜNTSCHER 1900-1972) oder Plattenosteosynthesen bzw. Verschraubungen konnte auf die Ruhigstellung verzichtet werden, da sie eine sofortige Bewegungstherapie gestatteten. Die mehrmonatige Fixation im Gips- oder Schienenverband führte oftmals zu hochgradigen Muskelatrophien bis hin zu Kontrakturen. Eine langwierige Nachbehandlung war die Folge. Gezielte Übungsbehandlungen und Rehabilitation wurden der Erstversorgung gleichrangig gegenübergestellt. So trat z.B. in der letzten Hälfte des 20. Jahrhunderts die Krankengymnastik und Sporttherapie an die Stelle der Schonung und Korsettversorgung zur Behandlung eines chronischen Lumbalsyndroms (HEIPERTZ 2001).

Auch die Neurologie gab der Physiotherapie Auftrieb. So hatte FRENKEL (1887), ein Mediziner und Neurologe aus der Schweiz (1860-1932), ein Schlüsselerlebnis mit einem an *Tabes dorsalis* erkrankten Patienten, welcher zunächst den sogenannten „Finger-zur-Nase-Test“ nicht bestand. Doch bei der Wiedervorstellung nach einigen Monaten war FRENKEL über die erstaunlichen Fortschritte dieses Patienten bei oben genanntem Test überrascht. Der Patient hatte den Test geübt. Dieser Patient inspirierte FRENKEL zu der Erkenntnis, dass man allein durch Training Ataxien reduzieren kann. Er erstellte einen Übungsparcour, indem er zwischen zwei parallelen Stangen Fußabdrücke auf den Boden klebte, denen die Patienten mit Unterstützung der Stangen zu folgen hatten. FRENKEL referierte 1889 auf einem Treffen in Dresden über die Fortschritte seiner Patienten, wenn sie Übungsmöglichkeiten erhielten. Schon 1897 veröffentlichte der Arzt BETTMAN Frenkels Methode in „*The Journal of the American Medical Association*“ (FRENKEL 1890, BETTMAN 1897, ZWECKER et al. 2004).

In Frankreich vermittelte 1893 RAYMOND in seinen Vorlesungen den Studenten am Gymnasium der neurologischen Abteilung des berühmten Hospitals Salpêtrière Frenkels Erkenntnisse, er prägte den Ausdruck *ré-éducation fonctionnelle* (ZWECKER et al 2004).

LUBINUS gründete im Jahre 1900 die erste deutsche Lehranstalt für Krankengymnastik in Kiel, weitere Schulgründungen an orthopädischen Universitätskliniken in Leipzig, Frankfurt, Heidelberg u. a. folgten (HEIPERTZ 2001).

Klassische Felder der Physikalischen Medizin erstrecken sich von der Hydro- (SEBASTIAN KNEIPP 1821-1897) und Thermo- über Bewegungstherapie und die Massage, welche z. B. auf Instinkthandlungen und damit auf eine Urform der Hilfeleistung zurückgeführt wird, bis hin zu Elektrotherapie, Atemgymnastik, Gehschule, Wochenbettgymnastik, Übungen im Bewegungsbad, Stemmübungen nach Brugger, Übungsbehandlung cerebralaparetischer Kinder (BOBATH und BOBATH 2005), Lymphdrainage und auch der Hippotherapie (HEIPERTZ 2001, STRIEBEL 2002, ALEXANDER 2004, MILLIS et al. 2004).

Tiere sind seit jeher Begleiter, Arbeitskraft und Fortbewegungsmittel des Menschen. So wurde beispielsweise der erste domestizierte Hund in einem 14.000 Jahre alten Grab bei Oberkassel in Deutschland gefunden (NOBIS 1979, GROSS 2002).

So liegt es nahe, dass den Tieren die gleichen Maßnahmen zugute kamen und kommen, die auch dem Menschen schneller über Krankheiten und Bewegungseinschränkungen hinweghelfen (GIESE 1994, GROSS 2002).

Erste Hinweise zur Behandlung von Funktionsstörungen bei Pferden gibt ein chinesischer Reitergeneral namens SUN-YANG (659 bis 621 v. Chr.), auch BAI-LE genannt, in seinem Werk *Kanon der Veterinärakupunktur*. Er verstand sich vortrefflich auf die Akupunktur und Moxibustion („stechen“ und „brennen“) am Pferd (KOTHBAUER und MENG 1990, DRAEMPAEHL und ZOHMANN 1995, JAGGER und ROBINSON 2003).

XENOPHON (426 bis 355 v. Chr.) erwähnt in seinem Werk *Über die Reitkunst* den Einsatz der Hände zur Massage zu therapeutischen Zwecken am Pferd (KOCH 1889, ZOHMANN 2004).

ELLENBERGER und SCHÜTZ veröffentlichen 1882 ein Zitat von VOGEL über Massagetechniken, ihre Effekte und Indikationen am Tier als hilfreich bei Quetschungen, Ödemen, Sklerosierungen, Rheumatismen der Muskeln und Nerven, Atrophien, peripheren Lähmungen, Erkrankungen des Periosts, Gelenk- und Sehnenscheidengallen und Entzündungen des Euters. Auch Gegenanzeigen wie z. B. Exantheme, Phlebitis, infektiöse Entzündungen und Eiterungen werden genannt (ELLENBERGER und SCHÜTZ 1882, VOGEL 1884, ZOHMANN 2004).

Ebenfalls 1882 veröffentlicht MARGGRAFF in der *„Wochenschrift für Thierheilkunde und Viehzucht“* Beispiele zur Anwendung der Massage speziell am Pferd als unter anderem

---

nützlich bei rheumatischen Hufentzündungen, akuter und chronischer Rehe (MARGGRAFF 1882, ZOHMANN 2004).

Erste Untersuchungsergebnisse über den Einsatz der Massage am Hund und an der Katze und ihre Auswirkung auf die Durchblutung und den Blutdruck finden sich in einer Veröffentlichung von BRUNTON und TUNNICLIFFE (1895) im „*Medizinischen Centralblatt*“. Sie ziehen den Schluss, dass der mechanische Reiz durch die Massage zunächst eine Gefäßkontraktion bedingt, gefolgt von einer extensiven Gefäßdilatation und letztendlich einer langanhaltenden erhöhten Perfusion des Behandlungsgebietes (BRUNTON und TUNNICLIFFE 1895, ZOHMANN 2004).

## 2.2 PHYSIKALISCHE GRUNDLAGEN / WÄRMELEHRE

### 2.2.1 Formen des Wärmeüberganges

Wärme kann von einem Körper auf einen anderen übergehen. Der Übergang erfolgt stets vom wärmeren zum kälteren Körper. Alle Naturprozesse in einem abgeschlossenen System verlaufen stets in eine bestimmte Richtung. Man nennt sie irreversibel. Eine Umkehrung findet nicht statt. Den Endzustand nennt man thermodynamisches Gleichgewicht (SEIBT 2001).

Die Ausbreitung von Wärme erfolgt durch *Wärmeleitung*, *Wärmestrahlung* und *Konvektion* (KERN 1991, TRAUTWEIN et al 1999).

#### 1. Wärmeleitung

Das Gesetz der Wärmeleitung wurde bereits 1822 von FOURIER angegeben. Er ging noch davon aus, dass Wärme ein Stoff sei, Kalorikum genannt. Dann sollte dieser Stoff, ähnlich wie ein Gas, in Richtung des Konzentrationsgefälles diffundieren (FERCHER 1999).

Die *Wärmeleitung* erfolgt nur in Materie. Voraussetzung hierfür ist ein bestehendes Temperaturgefälle. Wärmeleitung kann nur vom wärmeren zum kühleren Körper erfolgen. Die Wärmeleitung ist ein Transportphänomen. Die transportierte Größe ist die thermische Energie der Atome oder Moleküle. Schlechte Wärmeleiter sind Holz, Luft, Wasser und Styropor. Besonders gute Wärmeleiter sind Metalle (HELLENTHAL 1988, TRAUTMANN et al. 1999, LORENTZ und WITTMERS 2001).

#### 2. Wärmestrahlung

Die Wärmestrahlung wurde 1800 von dem Astronomen HERSCHEL entdeckt. Er zerlegte mittels eines Dispersionsprismas die Sonnenstrahlung in ihre Farb- bzw. Wellenlängenanteile und fand heraus, dass am roten Ende des Spektrums eine Erwärmung stattfand, ohne dass an dieser Stelle Lichtstrahlen sichtbar waren (FERCHER 1999).

Fehlt zwischen zwei Körpern unterschiedlicher Temperatur jegliche Materie, so ist dennoch ein Temperatenausgleich zu beobachten, der Energieübergang erfolgt mittels Strahlung (z. B. Sonnenstrahlung erwärmt die Erdoberfläche) (HELLENTHAL 1988, LORENTZ und WITTMERS 2001).

Jeder Körper strahlt Wärme ab (Emission) und nimmt *Wärmestrahlung*, die von anderen Körpern ausgeht, auf (Absorption). Welche Energie ein Körper letztendlich abgibt, ist alleinig von seiner Eigentemperatur abhängig, nicht von seiner Umgebungstemperatur.

Wärmestrahlung ist wie das Licht eine elektromagnetische Strahlung (TRAUTWEIN et al. 1999). Wärmestrahlung wird genau wie das Licht u. a. reflektiert und gebrochen (FERCHER 1999).

### 3. Konvektion

Bei der Konvektion handelt es sich um einen Wärmeübergang durch Materietransport (HELLENTHAL 1988). Man unterscheidet die Bewegung als freie Konvektion (z. B. Auftriebskräfte der Luft durch Temperaturunterschiede) und die erzwungene Konvektion (z. B. Bewegung mittels Pumpe, wie es z. B. beim Blutkreislauf der Fall ist: Die Wärmeproduktion findet im Körperkern statt, das Blut nimmt die Wärme auf, durch die Herz- und Muskeltätigkeit wird das Blut bewegt, an der Hautoberfläche wird die Wärme an die Umgebung abgegeben) (HELLENTHAL 1988, LORENTZ und WITTMERS 2001, KLINKE und SILBERNAGL 2003). Die übertragene Wärmeleistung hängt u. a. von der spezifischen Wärmekapazität des Transportstoffes ab (HELLENTHAL 1988, FERCHER 1999).

Ein Sonderfall der Konvektion ist der *evaporative Wärmetransport*. Hierbei wird an der warmen Stelle, an der Wärme abtransportiert werden soll, eine Flüssigkeit verdampft (FERCHER 1999, LORENTZ und WITTMERS 2001).

## 2.2.2 Spezifische Wärmekapazität eines Körpers

Um das thermische Verhalten einer Substanz bei Wärmezufuhr zu beschreiben, definiert man den Begriff der Wärmekapazität (KERN 1991, SEIBT 2001).

Die spezifische Wärmekapazität eines Körpers gibt an, welche Wärmeenergie für eine Temperaturerhöhung um 1°C erforderlich ist oder welche Wärmemenge je Gramm und Grad Temperaturerhöhung bei einer Änderung des thermischen Zustandes notwendig ist (HELLENTHAL 1988, KERN 1991). Die spezifische Wärmekapazität von Wasser beträgt 4,2 J / (g x K) (HELLENTHAL 1988, FERCHER 1999).

Da Wärme eine Energieform ist, wird sie in der SI-Einheit Joule (*J*) gemessen (SEIBT 2001). Die Moleküle eines Körpers können die zugeführte Wärmeenergie auf unterschiedliche Weise speichern: als kinetische Energie der Wärmebewegung und / oder als potentielle Energie aufgrund der Bindungskräfte. Die Summe dieser zwei Energiebeträge heißt innere Energie (*U*) (FERCHER 1999).

## 2.3 PHYSIOLOGISCHE GRUNDLAGEN

### 2.3.1 Die Temperaturregulation

Vögel und Säugetiere haben eine konstante Körperkerntemperatur. Sie werden als homoiotherme Tiere oder Warmblüter bezeichnet. Ihre Hauptquelle der Körperwärme ist die endogen produzierte Wärme, die im Verlauf metabolischer Prozesse anfällt. Aus diesem Grund bezeichnet man sie auch als endotherm. Demgegenüber stehen die poikilothermen oder auch wechselwarmen Tiere. Sie beziehen den Hauptteil ihrer Körperwärme aus der Umgebungstemperatur und können daher ihren Wärmehaushalt nur mittels Verhaltensänderungen regulieren. Diese Option steht den homoiothermen Tieren zusätzlich zur Verfügung (CLEFFMANN 1987, SCHMIDT et al. 2004).

Im Folgenden wird nur auf die Temperaturregulation der homoiothermen Tiere und des Menschen eingegangen.

Die Regulation des Wärmehaushaltes ist annähernd vergleichbar mit einem technischen Regelkreis, ihm liegt eine geschlossene Wirkungskette mit negativer Rückkopplung zugrunde. Charakteristisch für homöostatische Regelsysteme ist das mehrfache Vorhandensein von Messfühlern und Stellgliedern. Die Vorstellung eines Sollwertes wird als didaktische Stütze benutzt, denn es sind keine Neurone bekannt, die ein unabhängiges Eichsignal geben können. Der Sollwert wird in diesem Zusammenhang funktionell verstanden und ist dann erreicht, wenn weder Mechanismen zur Kälteabwehr noch der Wärmeabwehr aktiviert sind. Man bezeichnet diesen Zustand als Indifferenztemperatur (SCHMIDT et al. 2004).

Regler und Zentrum dieses Regelkreises ist der kaudale Anteil des Hypothalamus (*Area hypothalamica posterior*) im Gehirn. Hier erfolgt die Umsetzung von Temperatursignalen in Steuersignale für die Thermoregulation (WÜNNENBERG et al. 1972, CLEFFMANN 1987, SCHEUNERT und TRAUTMANN 1987, LORENTZ und WITTMERS 2001, SCHMIDT et al. 2004).

SCHEUNERT und TRAUTMANN (1987) berichten, dass mittels Mikroelektroden Neuronen im Hypothalamus nachgewiesen werden konnten, die ihre Impulsfrequenz bei Erwärmung entweder steigerten oder senkten. Gehen die Zu- und Abflüsse dieser Region zugrunde, z. B. durch Schädigung des rostralen Mesencephalons, werden Säugetiere zu Poikilothermen (CLEFFMANN 1987, SCHMIDT et al. 2004).

Der Istwert wird mittels Kerntemperaturfühlern, die u. a. im Rückenmark zu finden sind, und in der Peripherie gelegenen Temperaturfühlern, und zwar Kalt- und Warmsensoren, ermittelt. Differenzen zwischen Ist- und Sollwert aktivieren die Stellglieder der Wärmeabgabe oder Wärmeproduktion. Diese sind u. a. die Regulation der Körperschalendurchblutung, die Schweißsekretion, das Hecheln beim Hund, das Kältezittern, die zitterfreie Wärmeproduktion aus braunem Fettgewebe beim Neugeborenen und eine Veränderung im Verhalten des Individuums, sowie das Aufrichten der Haare (DEETJEN und SPECKMANN 1999, LORENTZ und WITTMERS 2001, KLINKE und SILBERNAGL 2003, SCHMIDT et al. 2004). Sind keine Stellglieder der Wärmeabgabe oder Wärmeproduktion aktiv, spricht man von dem Bereich der Indifferenztemperatur (DEETJEN und SPECKMANN 1999, THEWS et al. 1999, STEINHAUSEN und GULBINS 2003).

Weiterhin gibt es Kaltrezeptoren in der Haut. Senden diese nun vermehrt Signale, dass die Außentemperatur sinkt, so wird der Sollwert verstellt, auch wenn sich die Kerntemperatur nicht geändert hat (KLINKE und SILBERNAGL 2003).

Auch nichtthermische Faktoren haben Einfluss auf eine Sollwertverstellung: Hierzu zählen Faktoren wie z. B. das Alter des Individuums, das Geschlecht, der Trainingszustand, die Spezies. Als Sollwertverstellung durch Hormone lässt sich z. B. die postovulatorische Erhöhung der Körperinnentemperatur um ca.  $0,4^{\circ}\text{C}$  beim Menschen deuten (SCHMIDT und THEWS 1997, DEETJEN und SPECKMANN 1999, THEWS et al. 1999, SMOLANDER 2002, KLINKE und SILBERNAGL 2003).

Es gibt einen Tagesgang der Kerntemperatur. Sie beginnt beim Menschen am frühen Morgen mit einem Minimum, das ca.  $0,6^{\circ}\text{C}$  unterhalb des Maximums am Nachmittag liegt. Der Tagesrhythmus ist Ausdruck einer inneren Periodik, die sich dem Hell-Dunkel-Wechsel anpasst (SCHMIDT und THEWS 1997, DEETJEN und SPECKMANN 1999, THEWS et al. 1999, KLINKE und SILBERNAGL 2003).

Auch bei Fieber handelt es sich um eine temporäre Sollwertverstellung (DEETJEN und SPECKMANN 1999, KLINKE und SILBERNAGL 2003, SCHMIDT et al. 2004). Hierfür werden *Pyrogene* (Fieber erzeugende Substanzen) verantwortlich gemacht, welche im Wesentlichen „endogen“ durch körpereigene Phagozyten sezerniert werden. „Exogene Pyrogene“ lassen sich aus gramnegativen Bakterienmembranen gewinnen und bestehen aus Lipopolysacchariden. (DEETJEN und SPECKMANN 1999, THEWS et al. 1999, STEINHAUSEN und GULBINS 2003, SCHMIDT et al. 2004).

Bei langandauernder Kälteexposition kann die Kerntemperatur durch zu starke Wärmeabgabe und unzureichende Wärmebildung unter den Sollwert absinken. Man spricht dann von einer *Hypothermie* (SCHMIDT und THEWS 1997, DEETJEN und SPECKMANN 1999, THEWS et al. 1999, LORENTZ und WITTMERS 2001, KLINKE und SILBERNAGL 2003).

Als prädisponierende Faktoren, die eine Hypothermie zur Folge haben können, sind solche Faktoren zu nennen, die erstens in einer nicht ausreichenden Wärmeproduktion und zweitens in einer defekten Thermoregulation zu suchen sind.

Zu 1. sind Unterernährung, eingeschränkte Muskelaktivität, Hypoglykämie, Hypothyreoidismus sowie eine Hypophysenunterfunktion zu nennen.

Zu 2. zählen Faktoren wie das Alter (sehr junge und ältere Individuen), Störungen des zentralen Nervensystems, psychische Störungen, Medikamente und Traumen (LORENTZ und WITTMERS 2001).

THEWS et al. (1999) unterteilen die Hypothermie in 4 Stadien:

1. *Exzitationsstadium*: Bis zu einer Körpertemperatur von 35°C reagiert der Körper mit Kältezittern und allgemeiner Erregung.
2. *Adynamiestadium*: Muskelstarre mit Teilnahmslosigkeit und Schläfrigkeit entwickeln sich zwischen 34 und 30°C.
3. *Paralysestadium*: bei einer Rektaltemperatur unter 30°C ist die Sprache beeinträchtigt und das Bewusstsein getrübt
4. *Tod* infolge Kammerflimmerns tritt unter 27 bis 25°C ein.

Allerdings sind auch Fälle bekannt, in denen Körpertemperaturen von 24 bis 20°C ohne dauerhafte Schäden überlebt wurden.

Die von Thews et al. (1999) grob in 4 Stadien unterteilte Hypothermie wird von LORENTZ und WITTMERS (2001) in Tabelle 1 nach der rektal gemessenen Körperinnentemperatur des Menschen und ihrer spezifischen körperlichen Symptome aufgegliedert:

**Tabelle 1:** Zuordnung von Symptomen zur rektal gemessenen Körpertemperatur des Menschen (LORENTZ und WITTMERS 2001)  
(°C = Grad Celsius, EEG = Elektroenzephalogramm):

Körpertemperatur (°C)	Symptome
37	unauffällig, durchschnittlicher Ruhewert
36	erhöhte metabolische Rate, Aufregung und / oder Zittern
35	kognitive Probleme beginnen, maximales Zittern Thermogenese
34	Arrhythmien, Gedächtnisverlust, Wahrnehmungsstörungen
33	Ataxie, Apathie
32	Stupor
31	Zittern verschwindet
30	herzbedingte Arrhythmien beginnen
29	Bewusstseinsverlust mit Übergang zum Koma
27	Verlust der Reflexe
25	signifikant herabgesetzte Hirndurchblutung, mögliches Auftreten von Lungenödemen
24	Hypotension
22	Risikopunkt für ventrikuläres Flimmern
19	Abflachen des EEG
18	Systole (Zusammenziehen des Herzmuskels)
16	niedrigste Körpertemperatur, die ein erwachsener Mensch überlebt hat
15	niedrigste Körpertemperatur, die ein Kind überlebt hat

Das andere Extrem ist eine Übererwärmung des Organismus infolge unzureichender Wärmeabgabe oder Wärmezufuhr von außen. Man spricht in diesem Fall von einer *Hyperthermie* (DEETJEN und SPECKMANN 1999, THEWS et al. 1999). Der Sollwert der Körpertemperatur bleibt hierbei unverändert (THEWS et al. 1999).

Die obere, mit dem Leben noch zu vereinbarende Kerntemperatur liegt sowohl für die Hyperthermie als auch für Fieber bei 42 bis 43°C (THEWS et al. 1999).

Bereits unterhalb dieser Grenze kann es bei einer Kerntemperatur über 40°C zum so genannten Hitzekollaps kommen (DEETJEN und SPECKMANN 1999, THEWS et al. 1999). Ursache hierfür ist eine Mangel durchblutung des Gehirns, da die thermoregulatorisch bedingte Dilatation der Hautgefäße einen Blutdruckabfall bewirkt. In der Konkurrenzsituation

der beiden Regelsysteme dominiert die Thermoregulation über die Kreislaufregulation (THEWS et al. 1999).

### 2.3.1.1 Neuronale Komponenten der Thermoregulation

Zu den neuronalen Komponenten der Temperaturregulation zählen zum einen verschiedene Rezeptoren, wie z. B. Kerntemperaturmessfühler, welche den Ist-Zustand der Körperkerntemperatur feststellen, Warmrezeptoren und Kaltrezeptoren in der Haut, welche Temperaturänderungen erkennen, und zum anderen verschiedene Neuronenverbände, die der Informationsleitung und -verarbeitung dienen (DEETJEN und SPECKMANN 1994, SCHMIDT und THEWS 1997, THEWS et al. 1999, STEINHAUSEN und GULBINS 2003, KLINKE und SILBERNAGL 2003, SCHMIDT et al. 2004).

KLINKE und SILBERNAGL (2003) sprechen davon, dass sich Kerntemperaturmessfühler (-rezeptoren, -sensoren) vermutlich in allen Teilen des Körperkerns befinden, ihre anatomische Struktur ist aber bis heute unbekannt.

THEWS et al. (1999) und SCHMIDT et al. (2004) nennen als Hauptareale der Thermosensitivität zum einen den rostralen Hirnstamm (*Regio praeoptica*), in welchem mittels umschriebener thermischer Reizung sowohl wärme- als auch kälteempfindliche Neurone nachgewiesen werden konnten, und zum anderen das Rückenmark.

So wird die Bedeutung von Kerntemperaturmessfühlern im Rückenmark im Tierversuch deutlich: Die lokale Wärmebelastung des Rückenmarks eines Ochsens erhöhte die Wärmeabgabe bei nahezu gleich bleibender Wärmeproduktion, so dass die Kerntemperatur auf etwa 34°C sank. Nach Beendigung der Rückenmarkserwärmung stieg die Wärmeproduktion an und führte die Kerntemperatur auf ihren Ausgangswert zurück. Dieser Versuch beweist das Vorhandensein von Temperaturfühlern im Rückenmark (KLINKE und SILBERNAGL 2003).

Es gibt zwei Arten von Thermorezeptoren in der Haut: Warm- und Kaltrezeptoren.

Vor mehr als 100 Jahren (1882) gelang es erstmals, an der Haut des Menschen Kalt- und Warmpunkte voneinander abzugrenzen. Bei diesen Experimenten wurden spezifische Rezeptorareale gefunden, welche entweder nur auf warme oder nur auf kalte Reize

(Metallstifte) ansprechen. Hierbei wurden in der Handfläche rund 10mal häufiger Kaltpunkte als Warmpunkte festgestellt. Im Gesicht des Menschen ist die Flächendichte der Thermorezeptoren, insbesondere im Innervationsgebiet des N. trigeminus, am größten (THEWS et al. 1999, STEINHAUSEN und GULBINS 2003, SCHMIDT et al. 2004, SCHMIDT et al. 2004).

1936 wurden erstmals Potentiale von thermosensiblen Nervenfasern der Katzenszunge abgeleitet. Unter maßgeblicher Beteiligung von HENSEL (1960) gelang die elektrophysiologische Potentialableitung thermosensibler Nervenfasern am Menschen. Hierbei wurden einzelne Hautnerven unter mikroskopischer Kontrolle freigelegt (HENSEL 1981, STEINHAUSEN und GULBINS 2003).

Kaltrezeptoren sind im Bereich einer normalen Hauttemperatur langsam spontan aktiv und sind innerhalb eines rezeptiven Feldes tätig. Sinkt die Temperatur im rezeptiven Feld nur geringgradig ab, so nimmt die Impulsfrequenz deutlich zu, jedoch adaptiert sich der Rezeptor innerhalb weniger Minuten an die bestehende Abkühlung. Die Impulszunahme des Rezeptors ist umso größer, je schneller eine Temperaturänderung verläuft. Eine Erwärmung des rezeptiven Feldes führt zum kurzzeitigen Versiegen der Impulserzeugung. Kaltrezeptoren sind beim Menschen am empfindlichsten bei einer Hauttemperatur von 30°C. Unterhalb von 10°C und oberhalb von 40°C reagieren sie meist nicht mehr. Einige Kaltrezeptoren können jedoch bei einer plötzlichen Erwärmung der Haut auf 45°C wieder aktiv werden. Man spricht hier von einer paradoxen Kaltempfindung (KLINKE und SILBERNAGL 2003, SCHMIDT et al. 2004).

Kaltrezeptoren sind Proportional-Differentialfühler, d. h. sie zeigen keine absoluten Temperaturen an, sondern reagieren auf die Geschwindigkeit und das Ausmaß einer Abkühlung (KLINKE und SILBERNAGL 2003, SCHMIDT et al. 2004).

Morphologisch betrachtet besitzen etwa zwei Drittel der Kaltrezeptoren markhaltige Axone, die übrigen sind marklos. Die markhaltigen Kaltrezeptoreneurone weisen zahlreiche verzweigte terminale Endigungen auf, die frei ohne Schwann-Zellen an der Basalmembran der Epidermis enden (KLINKE und SILBERNAGL 2003).

LOEFFLER (1994) spricht von sogenannten Krauseschen Endkolben, die in den Papillen liegen.

Die afferenten Nervenbahnen, die die Kaltsensoren versorgen, sind überwiegend A $\alpha$ -Fasern (SCHMIDT et al. 2004).

Warmrezeptoren besitzen ebenfalls ein rezeptives Feld, in dem sie auf Temperaturänderungen reagieren. Sie sind in einem Bereich von 30 bis 45°C spontan aktiv und reagieren bei Hauterwärmung mit einer Impulszunahme und bei Abkühlung mit einem Sistieren der Aktivität. Sie adaptieren ähnlich schnell wie Kaltrezeptoren (KLINKE und SILBERNAGL 2003, SCHMIDT et al. 2004).

Morphologisch bestehen sie aus marklosen Axonen. Von ihren rezeptiven Endstrukturen ist nach KLINKE und SILBERNAGL (2003) nur bekannt, dass sie tiefer als die Kaltrezeptoren in der Dermis liegen. Nach LOEFFLER (1994) befinden sich diese sogenannten Ruffinischen Körperchen in den tieferen Schichten des Coriums und der Subcutis.

Eine Aktivitätszunahme der markhaltigen Kaltrezeptoren wird als Abkühlung, eine Aktivitätszunahme der Warmrezeptoren als Erwärmung empfunden (KLINKE und SILBERNAGL 2003).

Afferenzen, die die Warmsensoren versorgen, sind überwiegend C-Fasern (SCHMIDT et al. 2004).

SCHMIDT et al. (2004) berichten über neueste Erkenntnisse der Thermosensoren. Sie berichten über Rezeptormoleküle für Hitzereize, den VR1-Rezeptor (Vanilloid-Rezeptor), und für Kältereize, den CMR1-Rezeptor. Beide gehören in die Gruppe der TRP (= Transient Receptor Potential) - Rezeptormoleküle. Bei diesen Rezeptoren handelt es sich nicht um G-Protein gekoppelte Rezeptoren, sondern um Rezeptor-Kanalkomplexe. Eine Temperaturänderung bewirkt eine Konfigurationsänderung des Kanalmoleküls und erhöht hierdurch die nicht selektive Leitfähigkeit für einen Kationenstrom (SCHMIDT et al. 2004, LEE et al. 2005).

Der VR1-Rezeptor besitzt eine Bindungsstelle für das Molekül Capsaicin, welches beispielsweise in Chili vorkommt. Es bewirkt bei Bindung die Empfindung „heiß“ im Geschmack.

Der CMR1-Rezeptor hingegen besitzt eine Bindungsstelle für das Molekül Menthol, dieses vermittelt bei Bindung die Empfindung „kalt“ (SCHMIDT et al. 2004).

Für die Zuleitung der Temperatursignale von den Thermosensoren der Haut zum Hypothalamus kommen retikuläre, wahrscheinlich multisynaptische Abzweigungen des Tractus spinothalamicus in Betracht. Eine Ausnahme stellen die Temperatursignale aus der Gesichtshaut dar, die über Projektionsbahnen des caudalen Trigemuskerns den

Hypothalamus erreichen. Ein weiterer Teil der kutanen thermischen Afferenzen erreicht über zwei Kerngebiete des unteren Hirnstammes, die Regio subcoerulea und Raphé-Kerne, den Hypothalamus. Dagegen führen der Tractus spinothalamicus und der Vorderseitenstrang die aufsteigenden Signale der Thermosensoren des Rückenmarks (SCHMIDT et al. 2004).

Im Hypothalamus laufen die afferenten Temperatursignale aus allen Teilen des Körperkerns zusammen, ebenso finden die efferenten Signale zu den Stellgliedern dort ihren Ursprung (THEWS et al. 1999, SCHMIDT et al. 2004).

Die für die thermische Informationsverarbeitung zuständigen Strukturen sind im kaudalen Hypothalamus (*Area hypothalamica posterior*) lokalisiert (THEWS et al. 1999, SCHMIDT et al. 2004).

Man nimmt an, dass die thermoregulatorischen Neurone in der *Area hypothalamica posterior* reziprok verschaltet sind. Afferente Impulse von den Kaltsensoren aktivieren Effektorneurone, welche die Wärmebildung fördern, und hemmen gleichzeitig über Interneurone die für die Wärmeabgabe zuständigen Neurone. Durch Impulse von den Warmrezeptoren werden umgekehrt die Efferenzen für die Wärmeabgabe gefördert und über Interneurone die Efferenzen für die Wärmebildung gehemmt. Einen modulierenden Einfluss auf diese Informationsverarbeitung im hinteren Hypothalamus üben Neurone des Hirnstammes aus, die ebenfalls mit den Thermosensoren verbunden sind (THEWS et al. 1999, SCHMIDT et al. 2004).

Steuersignale für das Kältezittern werden von der im hinteren Hypothalamus entspringenden zentralen Zitterbahn an das nicht-pyramidale motorische System übertragen und somit wird das Zittern ausgelöst (DEETJEN und SPECKMANN 1994, KLINKE und SILBERNAGL 2003, SCHMIDT et al. 2004).

Das sympathische System hingegen steuert die Wärmebildung im braunen Fettgewebe, ebenso werden die Hautdurchblutung und die Schweißsekretion sympathisch gesteuert (DEETJEN und SPECKMANN 1994, KLINKE und SILBERNAGL 2003, SCHMIDT et al. 2004).

SCHMIDT et al. (2004) berichten, dass die Wärmebildung im braunen Fettgewebe über  $\beta_3$ -adrenerge Rezeptoren des Sympathikus gesteuert wird.

Zur Steuerung der Vasomotorik verläuft vermutlich eine der deszendierenden Bahnen im medialen Vorderhirnbündel (*Fascicula telencephalicus medialis*). Die letztendliche thermoregulatorische Steuerung erfolgt überwiegend durch noradrenerge sympathische Nerven über  $\alpha_1$ -Rezeptoren. Eine Aktivitätszunahme des Sympathikus bewirkt eine Vasokonstriktion, eine Abnahme hingegen eine Vasodilatation (SCHMIDT et al. 2004).

Bei Querschnittslähmung sind die Leistungen der Temperaturregulation eingeschränkt. Die Leitungsunterbrechung im Rückenmark erfasst deszendierende Bahnen, die die periphere vegetative und somatomotorische Innervation von thermoregulatorischen Stellgliedern kontrollieren, und aufsteigende Bahnen, in denen thermische Afferenzen geleitet werden. Unterhalb der Unterbrechung kommt es zum Ausfall des Kältezitterns, der Hautvasomotorik und des Schwitzens. Reflektorische, auf spinaler Ebene vermittelte thermoregulatorische Vasomotorik und Schwitzen werden nur bei sehr starker thermischer Belastung beobachtet. Folge dieser Störungen könnten größere Abweichungen der Kerntemperatur bei thermischer Belastung sein (SCHMIDT und THEWS 1997, SCHMIDT et al. 2004).

### 2.3.1.2 Wärmebildung

Unter Ruhebedingungen erfolgt die Wärmeproduktion vornehmlich im Körperkern. Unter dem Körperkern versteht man den Bauch- und Brustraum sowie das Gehirn eines Individuums (STEINHAUSEN und GULBINS 2003).

CLAUDE BERNARD (franz. Physiologe, 1813 – 1878) entdeckte, dass das Blut des rechten Herzens etwas wärmer als das des linken Herzens ist. Damit musste die Vorstellung von LAVOISIER (franz. Chemiker, 1743-1794) falsch sein, dass die Lunge den Verbrennungsplatz des Organismus darstellt. Durch BERNARD wurde der Gewebestoffwechsel insbesondere der Leber als Quelle der Wärmeproduktion erkannt. Mit Hilfe konstanter physikalisch-chemischer Bedingungen schafft sich der Organismus so sein adäquates *Inneres Milieu* (STEINHAUSEN und GULBINS 2003).

Des Weiteren zählen noch das Gehirn, das Herz und die Nieren zu den Hauptproduzenten der Körperkerntemperatur, sie produzieren mit der Leber zusammen ca. 70 % der Ruhewärme und geben um ca. 0,5°C erwärmtes venöses Blut ab (STEINHAUSEN und GULBINS 2003).

Mit dem Blut wird Wärme zur Haut transportiert (innerer Wärmestrom) und von dort an die Umgebung abgegeben (äußerer Wärmestrom) (THEWS et al. 1999, KLINKE und SILBERNAGL 2003, DEETJEN und SPECKMANN 1999).

Die Ruhewärmeproduktion ist die in Ruhe durch den Stoffwechsel entstehende Wärme, welche eine wichtige Größe der Wärmebilanz darstellt. Sie wird in Watt (W) / m<sup>2</sup> Körperoberfläche angegeben und beträgt bei einem erwachsenen Menschen von 180 cm und 80 kg Körpergewicht 90 W (KLINKE und SILBERNAGL 2003).

Wenn nun die Wärmeabgabe in kalter Umgebung die Ruhewärmeproduktion überschreitet, muss der Körper seine Wärmeproduktion über den Ruhewert hinaus steigern, um die Kerntemperatur konstant halten zu können. Dies kann z. B. durch körperliche Arbeit geschehen, beim erwachsenen Säuger durch Kältezittern, beim Neugeborenen durch zitterfreie Wärmebildung im braunen Fettgewebe (DEETJEN und SPECKMANN 1999, KLINKE und SILBERNAGL 2003, STEINHAUSEN und GULBINS 2003).

Im Gegensatz zum Menschen erzeugt das Zittern bei befellten Tieren verhältnismäßig viel verwertbare Wärme, da die durch das Fell gebildete isolierende Hülle die Abgabe der Wärme an die Umgebung stark einschränkt (SCHMIDT et al. 2004).

### 2.3.1.3 Innerer Wärmestrom

Die in den verschiedenen Geweben und Organen des Organismus gebildete Wärme kann auf zwei Arten zur Körperoberfläche transportiert werden, und zwar zum einen *konduktiv* aufgrund der Wärmeleitfähigkeit der Gewebe und zum anderen *konvektiv* im Kreislaufsystem durch das Blut (DEETJEN und SPECKMANN 1999).

Unter konduktivem Wärmetransport (Wärmeleitung) versteht man den Wärmetransport in einem ruhenden Medium (Energietransport ohne Materialtransport), unter konvektivem Wärmetransport den Transport von Wärme mittels eines bewegten Mediums. Der Wärme aufnehmende Stoff ist das Blut. Als Pumpe dient das Herz (DEETJEN und SPECKMANN 1999, KLINKE und SILBERNAGL 2003). Hierbei ist die hohe Wärmekapazität des Plasmas von großem Vorteil (DEETJEN und SPECKMANN 1999).

#### 2.3.1.4 Äußerer Wärmestrom

Die Gesamtwärmeabgabe (Wärmestrom) eines Körpers setzt sich aus der Summe der Komponenten Leitung, Strahlung, Konvektion und Verdunstung zusammen und ist proportional zur Körperoberfläche (SCHMIDT und THEWS 1997, KLINKE und SILBERNAGL 2003, STEINHAUSEN und GULBINS 2003, SCHMIDT et al. 2004).

Die Wärmeabgabe durch *Leitung* (Konduktion) ist abhängig von der Wärmeleitfähigkeit des Kontaktmaterials sowie der Größe der Kontaktfläche. Es handelt sich hier um einen reinen Energietransport ohne bewegtes Medium. Beachtet werden müssen auch die isolierenden oder leitenden Eigenschaften des Kontaktmaterials. So fühlt sich z. B. Holz bei Zimmertemperatur warm, Eisen sich jedoch kalt an (SCHMIDT und THEWS 1997, DEETJEN und SPECKMANN 1999, KLINKE und SILBERNAGL 2003, SCHMIDT et al. 2004).

In geschlossenen Räumen gilt, dass die Wärmeabgabe mittels *Strahlung* in Form von langwelliger Infrarotstrahlung etwa  $5,4 \text{ W} / \text{m}^2$  für eine Temperaturdifferenz von  $1^\circ\text{C}$  zwischen der Hautoberfläche und der Wand (nicht der Luft! Luft siehe Konvektion!) beträgt. Demgegenüber steht die Wärmeaufnahme durch kurzwellige Strahlung heißer Körper wie z. B. durch Sonnenstrahlung. Bei klarem Wetter kann die Belastung durch Sonnenstrahlung durchaus  $800 \text{ W} / \text{m}^2$  überschreiten. (SCHMIDT und THEWS 1997, DEETJEN und SPECKMANN 1999, KLINKE und SILBERNAGL 2003, STEINHAUSEN und GULBINS 2003, SCHMIDT et al. 2004).

Bei der *Konvektion* handelt es sich um einen Wärmetransport mit bewegtem Medium, der Wärme aufnehmende Stoff ist die der Haut anliegende Luft oder Wasser. Luft oder Wasser steigen durch die Erwärmung auf und werden durch kühlere, von unten nachströmende Luft oder nachströmendes Wasser ersetzt. Eine laminare Strömung entsteht. Dieser Vorgang nennt sich freie Konvektion.

Von einer erzwungenen Konvektion spricht man bei zunehmender Windgeschwindigkeit, hierbei kann die Wärmeabgabe rasant ansteigen (SCHMIDT und THEWS 1997, DEETJEN und SPECKMANN 1999, KLINKE und SILBERNAGL 2003, STEINHAUSEN und GULBINS 2003, SCHMIDT et al. 2004).

Bei der *Verdunstung* von Wasser (evaporative Wärmeabgabe) unterscheidet man die *Perspiratio sensibilis* und die *Perspiratio insensibilis*.

Als *Perspiratio sensibilis* wird die aktive Schweißsekretion über Schweißdrüsen bezeichnet, die bei anfallender Wärmebelastung im Körper einsetzt. Cholinerge sympathische Nervenfasern steuern die aktive Schweißsekretion (SCHMIDT und THEWS 1997, THEWS et al. 1999). Als *Perspiratio sensibilis* bezeichnet man auch die wasserdampfgesättigte Ausatemluft, so kann z.B. ein Hund einer erhöhten Wärmebelastung im Körperinneren nur durch Hecheln Abhilfe schaffen, da ihm Schweißdrüsen fehlen (SCHMIDT und THEWS 1997, KLINKE und SILBERNAGL 2003, STEINHAUSEN und GULBINS 2003).

Die mittels Diffusion über Haut und Schleimhaut verdunstende Flüssigkeit bezeichnet man als *Perspiratio insensibilis* (SCHMIDT und THEWS 1997, THEWS et al. 1999).

Bei der Wasserverdunstung an der Haut- und Schleimhautoberfläche oder nass gewordener Kleidung / durchnässtem Fell handelt es sich um eine sehr effektive Form der Wärmeabgabe. Bei Wind kann sie, ebenso wie die erzwungene Konvektion, bis ins Vielfache ansteigen und zum Auskühlen eines Körpers führen, wenn dieser nicht in gleichem Maße im Körperkern Wärme nachproduzieren kann (SCHMIDT und THEWS 1997, DEETJEN und SPECKMANN 1999, THEWS et al. 1999, KLINKE und SILBERNAGL 2003, STEINHAUSEN und GULBINS 2003, SCHMIDT et al. 2004).

Die Verdunstung ist abhängig von der Differenz der Wasserdampf-Partialdrücke auf der Haut und in der Luft (SCHMIDT und THEWS 1997, KLINKE und SILBERNAGL 2003, STEINHAUSEN und GULBINS 2003, SCHMIDT et al. 2004).

Weiterhin steht dem Körper noch eine sehr wichtige Form der Wärmeregulation zur Verfügung, die regionale Durchblutungsanpassung. Sie findet ihren Ausdruck in der inneren Wärmedurchgangszahl. Ist ein Gebiet nur gering durchblutet, ist die Wärmedurchgangszahl niedrig, ist ein Gebiet stark durchblutet, ist sie hoch (SCHMIDT und THEWS 1997, THEWS et al. 1999, KLINKE und SILBERNAGL 2003, STEINHAUSEN und GULBINS 2003).

Befindet sich ein Körper in kalter Umgebung, so findet eine Durchblutungsrosselung sowohl der Haut als auch der tieferen Schichten der Muskulatur statt. Der venöse Rückstrom erfolgt dann über tief liegende Venen, die den Arterien nah anliegen und somit die Wärme des arteriellen Blutes direkt in den Rumpf zurückführen (Gegenstrom-Wärmeaustausch) (SCHMIDT und THEWS 1997, THEWS et al. 1999, KLINKE und SILBERNAGL 2003).

Umgekehrt wird bei erhöhter Wärmebelastung, sei es durch eine erhöhte Umgebungstemperatur oder durch Arbeit, der venöse Rückstrom auf oberflächlich gelegene Venen umgeleitet. In den Akren befinden sich arteriovenöse Anastomosen, die sich bei Wärmebelastung öffnen, wodurch eine hohe Durchblutung der Hautoberfläche mit hoher Wärmedurchgangszahl gewährleistet wird (SCHMIDT und THEWS 1997, THEWS et al. 1999, KLINKE und SILBERNAGL 2003).

Zuletzt sei noch die Möglichkeit der Isolation genannt, so zeichnen sich z. B. Tiere, die an kalte Umgebungstemperaturen angepasst sind, durch eine geringe Wärmedurchlässigkeit der Körperbedeckung aus. Landtiere haben ein besonders dicht und dick ausgebildetes Haarkleid, zudem sind die Akren relativ kurz und dichter ins Fell gehüllt als bei Tieren gemäßigter Breiten. Wasserlebende Säuger sind durch eine stark ausgebildete subkutane Fettschicht sehr gut von der kalten Umgebung isoliert (CLEFFMANN 1987).

Bei minimaler Hautdurchblutung erreicht die Körperschale ein Maximum an Isolationskraft. Sie ist umso ausgeprägter, je dicker die Hautschale ist und je ausgeprägter das Unterhautfettgewebe (SCHMIDT und THEWS 1997).

### 2.3.1.5 Kältebelastung und die Reaktion des Körpers

Eine verminderte Hautdurchblutung bei äußerer Kältebelastung wird neben der oben genannten zentral gesteuerten Durchblutungs-drosselung der Körperschale auch durch nichtnervale, lokale Faktoren bewirkt (WERNER 1977, SCHEUNERT und TRAUTMANN 1987, KLINKE und SILBERNAGL 2003).

So reagieren die Hautgefäße auch direkt auf den äußeren Kältereiz.

Über den spinalen Reflexbogen des ZNS kommt es zu einer sofortigen reflektorischen, lokalen Vasokonstriktion (ANDERSON 1991, SCHMIDT et al. 2004).

Sinkt die Hauttemperatur an den Akren unter  $+10^{\circ}\text{C}$ , so wird die Vasokonstriktion im Abstand von ca. 20 min durch eine kurzdauernde Vasodilatation unterbrochen. Dieses Phänomen wird als *hunting-reaction* nach Lewis (1930) bezeichnet (LEWIS 1930, DANA

1969, WERNER 1977, SCHEUNERT und TRAUTMANN 1987, LORENTZ und WITTMERS 2001, KLINKE und SILBERNAGL 2003).

KLINKE und SILBERNAGL (2003) vermuten, dass sie auf einer Kältelähmung der glatten Muskulatur der arteriovenösen Anastomosen beruht.

Sie wirkt dem Auftreten von lokalen Frostschäden entgegen und stellt somit einen physiologischen Schutzmechanismus dar (LEWIS 1930, DANA 1969, WERNER 1977, KNÜSEL 1991, KLINKE und SILBERNAGL 2003).

Werden Rezeptoren in der Haut (Dermatom) erregt, kommt es zur Regulierung der Organdurchblutung im entsprechenden Segment (*kuti-viszeraler Reflex*). Zum Beispiel können Wärmereize auf der Bauchhaut die intestinale Durchblutung steigern, umgekehrt vermindern Kältereize die Durchblutung des Intestinums (ZIMMERMANN 1986a, THEWS et al. 1999).

DAHME und WEISS (1999) berichten, dass Erfrierungen beim Haustier im Vergleich zum Menschen viel seltener auftreten. Sie sind gegen Kältebelastung sehr viel besser geschützt.

Erfrierungen sind dann in der Regel Folgen feuchter Kälte und treten meist symmetrisch an peripher gelegenen Körperregionen wie der Schwanzspitze, den Ohren oder am Präputium auf. Bei Erfrierungen stehen Gefäßschäden im Sinne von Wandödemen, Hyalinose und Thrombose im Vordergrund, aus denen dann die entsprechenden Hautveränderungen resultieren (*Congelatio erythematosa, bullosa, escharotica*).

Frostbeulen (*Perniones*), wie sie sich beim Menschen aus den Gefäßschäden entwickeln, sind beim Tier nicht beschrieben (DAHME und WEISS 1999).

## 2.3.2 Schmerzterminologie

### 2.3.2.1 Schmerz

Die „Internationale Gesellschaft für Schmerzforschung“ (IASP®) definiert Schmerz als unangenehmes Sinnes- und Gefühlserlebnis, welches mit tatsächlichen und / oder möglichen Gewebeschäden verbunden ist oder mit Begriffen solcher Schäden beschrieben wird (WALL 1992, MERSKEY und BOGDUK 1994, HELLEBREKERS 2001, TACKE 2003).

In Anlehnung an diese Definition definiert ZIMMERMANN (1986b) Schmerz beim Tier als eine aversive, sensorische Erfahrung, begleitet von tatsächlicher oder möglicher Verletzung, die protektive motorische und vegetative Reaktionen hervorruft. Sie endet in erlernter Vermeidungshaltung und kann das speziesspezifische Verhalten, das Sozialverhalten eingeschlossen, verändern (ZIMMERMANN 1986b, TACKE 2003).

Die Gesellschaft für Versuchstierkunde (Society of Laboratory Animal Science) fügt noch hinzu, dass Schmerz eine unangenehme sensorische oder emotionale Erfahrung ist, die vom Untersucher niemals vollständig nachvollzogen werden kann. Der Untersucher ist nur in der Lage nach eigenen Erfahrungen den Schmerz des Tieres zu begreifen (ARRAS et al. 2010).

### 2.3.2.2 Unterscheidung Nozizeption und Schmerz

Aufgabe von Nozizeption und Schmerz ist die Erhaltung und Wiederherstellung der Unversehrtheit des Organismus (KLINKE und SILBERNAGL 2001).

Jedoch muss der Begriff des Schmerzes von dem Begriff der Nozizeption abgegrenzt werden. Nozizeption umfasst die Aufnahme (Transduktion), die Weiterleitung (Transmission), die zentrale Verarbeitung (Modulation) und die bewusste Wahrnehmung (Perzeption) noxischer Reize, die gewebeschädigend oder potentiell gewebeschädigend sind (ZIMMERMANN 1986a, FELIX et al. 1993, HANDWERKER 1999, HELLEBREKERS 2001, TACKE 2003, ARRAS et al. 2010). Die Empfindung Schmerz entsteht hieraus nur, wenn der noxische Reiz stark genug ist und im Bewusstsein des Individuums verarbeitet wird (FELIX et al. 1993, HANDWERKER 1999, TACKE 2003).

Nozizeption ist also ohne die Empfindung Schmerz möglich, Schmerz jedoch benötigt Nozizeption (FELIX et al. 1993, HANDWERKER 1999, TACKE 2003).

### 2.3.2.3 Der Nozizeptor und die Informationsverarbeitung

Nozizeptoren sind freie Endigungen sensibler Nervenfasern (ZIMMERMANN 1986a, HELLEBREKERS 2001, KLINKE und SILBERNAGL 2001, TACKE 2003).

Man unterscheidet myelinisierte Nervenfasern vom A $\delta$ -Typ, nichtmyelinisierte Fasern vom C-Typ und sogenannte „schlafende Nozizeptoren“ (ZIMMERMANN 1986a, HANDWERKER 1999, HELLEBREKERS 2001, KLINKE und SILBERNAGL 2001, WALDVOGEL 2001, TACKE 2003).

Nervenfasern vom A $\delta$ -Typ werden durch thermische und mechanische Reize stimuliert und leiten mit hoher Geschwindigkeit (5 bis 30 m / s). Sie sind für den „hellen“ Schmerz verantwortlich und ziehen eine Schutzreaktion des Organismus nach sich.

C-Fasern weisen eine Leitgeschwindigkeit von 0,5 bis 2 m / s auf. Sie können durch externe chemische, thermische, elektrische oder mechanische Noxen, ebenso aber auch durch interne Autonozen stimuliert werden und werden deshalb auch als polymodale Nozizeptoren bezeichnet. Bei einer Aktivierung verstärken diese Fasern die ursprüngliche Reizaktivität und sind für den länger andauernden, dumpfen und „dunklen“ Schmerz verantwortlich.

Die Besonderheit der „Schlafenden Nozizeptoren“ besteht darin, dass sie erst im Rahmen einer Entzündung aktiv werden. Die Aktivierung dieser Nozizeptoren kann zu einer deutlichen Reaktion auf einen harmlosen Reiz führen. Strukturell gibt es „schlafende Nozizeptoren“ sowohl vom A $\delta$ -Typ als auch vom C-Typ (HANDWERKER 1999, HELLEBREKERS 2001, KLINKE und SILBERNAGL 2001, WALDVOGEL 2001, TACKE 2003).

Entzündungsmediatoren erhöhen die Zahl der aktiven Nozizeptoren und deren Empfindlichkeit. Es kommt zu einer Sensibilisierung der Nozizeptoren (HELLEBREKERS 2001, KLINKE und SILBERNAGL 2001, TACKE 2003).

Die afferenten Nervenfasern aus der Peripherie werden über die Dorsalwurzel in das Dorsalhorn des Rückenmarks und weiter über Bahnen des Thalamus und der Formatio reticularis zu den sensorischen Gebieten der Großhirnrinde weitergeleitet. Hier findet das bewusste Erleben statt (HELLEBREKERS 2001).

Die A $\delta$ -Fasern kommunizieren im Rückenmark über Interneurone mit motorischen Neuronen und haben einen Schutzreflex des Organismus zur Folge (HELLEBREKERS 2001, KLINKE und SILBERNAGL 2001).

### 2.3.2.4 Gate-Control-Theorie

Die Gate-Control-Theorie geht davon aus, dass die Substantia gelatinosa im dorsalen Horn der grauen Substanz des Rückenmarks eine Art Pforte darstellt, die je nach äußeren oder inneren Einflüssen entweder geöffnet oder geschlossen ist (MELZACK 1965, DAVIS 1993, DICKENSON 2002, CRAIG 2003, MILLIS et al. 2004). Ist die Pforte geöffnet, können efferente Signale aus der Peripherie zum Gehirn geleitet werden, ist sie geschlossen, ist dies nicht möglich (MELZACK 1965, DAVIS 1993, DICKENSON 2002, CRAIG 2003, MILLIS et al. 2004).

In der Peripherie finden sich Schmerzrezeptoren (Nozisenoren). Strukturell stellen sie freie Nervenendigungen dar, die in der Haut, im Muskelapparat oder auch in Organen liegen. Sie stellen die Rezeptoren für schmerzauslösende Reize (Noxe) dar. Reize können thermischer, mechanischer oder chemischer Natur sein (DAVIS 1993, MILLIS et al. 2004, SCHMIDT et al. 2004).

Es gibt nun verschiedene Arten von Neuronen, die die Empfindung „Schmerz“ leiten:

Als erstes sind die A $\delta$ -Fasern zu nennen. Es handelt sich um schwach myelinisierte, dünne Fasern, die die Empfindung „Schmerz“ sehr schnell leiten (DICKENSON 2002, CRAIG 2003, TACKE 2003, MILLIS et al. 2004).

Dann gibt es die C-Fasern. Sie sind ein Zehntel des Durchmessers einer A $\delta$ -Faser dick, unmyelinisiert und leiten „Schmerz“ 10x langsamer als A $\delta$ -Fasern. A $\delta$ -Fasern und C-Fasern werden als excitatorische Neuronen bezeichnet (DICKENSON 2002, TACKE 2003, MILLIS et al. 2004).

Zuletzt sind noch die A $\alpha$ - und die A $\beta$ -Fasern zu nennen (DICKENSON 2002, CRAIG 2003, TACKE 2003, MILLIS et al. 2004). Hierbei handelt es sich um markhaltige, dicke Fasern, die die Erregungsübertragung auf Rückenmarksebene hemmen. Man bezeichnet sie deshalb auch als inhibitorische Neuronen (DICKENSON 2002, TACKE 2003, MILLIS et al. 2004).

Werden die Noziseptoren der A $\delta$ - und C-Fasern über ihre Schmerzschwelle hinaus gereizt, erfolgt über Synapsen eine Weiterleitung an die Bahnen der Schmerzwahrnehmung. Treffen gleichzeitig Afferenzen von schneller leitenden, inhibitorischen Fasern ein, werden die synaptischen Übertragungsmechanismen über Interneurone gehemmt und das Tor geschlossen (DRAEHMPAEHL und ZOHMANN 1998, TACKE 2003). Eine Erregung der A $\beta$ -Mechanorezeptoren führt zur segmentalen Hemmung. Dies erklärt auch das Phänomen, warum durch festes Reiben einer Körperstelle Schmerz gelindert werden kann (ZIMMERMANN 1983, HANDWERKER 1999, TACKE 2003). ZIMMERMANN (1986a) spricht in diesem Zusammenhang von einer schmerzhaften Gegenirritation mit einer hemmenden Fernwirkung, die über die segmentale Nachbarschaft hinaus geht.

## 2.4 THERMOTHERAPIE

Zur Thermotherapie werden jene Verfahren gezählt, die durch die Anwendung von physikalischen Mitteln dem Körper Wärme zuführen oder entziehen (BOCKSTAHLER et al. 2004).

### 2.4.1 Anwendung von Wärme

#### 2.4.1.1 Wirkung einer Wärmeanwendung

Durch Wärmezufuhr werden in den oberflächlichen Gewebeschichten Mediatoren wie Histamin, Bradykinin und Prostaglandine freigesetzt, die eine Vasodilatation und somit eine Hyperämie des Gebietes zur Folge haben (BERLINER 1999, BOCKSTAHLER et al. 2004, HOHMANN 2008, JOHNSTON et al. 2008).

Durch die Stimulation der Thermorezeptoren und die verbesserte Durchblutung im wärmebehandelten Gebiet kommt es zu einem schmerzmindernden Effekt. Dieser ist zum einen Folge des aktivierten Gate – Control – Systems, zum anderen wird durch die verbesserte Durchblutung die Aktivität der Schmerzrezeptoren herabgesetzt (STRIEBEL 2002, BOCKSTAHLER et al. 2004, HOHMANN 2008).

Als weiterer Effekt ist die durch die Erwärmung gesteigerte Dehnbarkeit fibröser Strukturen wie von Bändern, Sehnen und Narbengewebe und ebenso die Muskelrelaxation (HOHMANN 2008, JOHNSTON et al. 2008) und eine Erhöhung der Nervenleitgeschwindigkeit zu nennen (BERLINER 1999, STRIEBEL 2002, BOCKSTAHLER et al. 2004, HOHMANN 2008).

Die Synoviaviskosität nimmt ab (BERLINER 1999).

### 2.4.1.2 Methoden der Wärmezufuhr

#### **Hot-Packs**

Hot-Packs, bestehend aus einer Silikat-Gelmasse, eignen sich zur Behandlung kleinerer Areale. Sie werden in warmem Wasser oder der Mikrowelle erwärmt. Wichtig ist, sie vor der Anwendung an der eigenen Haut auf ihre Temperatur zu testen und während der Anwendung in ein Tuch einzuschlagen, um Verbrennungen im zu behandelnden Gebiet zu vermeiden (BOCKSTAHLER et al. 2004, JOHNSTON et al. 2008).

#### **Rotlichtlampen**

Rotlichtlampen zählen zu dem Bereich der Infrarottherapie (ZENZ und JURNA 2001).

Man unterscheidet drei Wellenbereiche: Infrarot A mit einer Wellenlänge von 780 bis 1400 nm, Infrarot B mit 1400 bis 3000 nm und Infrarot C mit einer Wellenlänge größer 3000 nm. Die Halbwertstiefe der eindringenden Strahlen liegt bei den drei Wellenbereichen unter 1 mm. Das bedeutet, dass Absorption und Wärmebildung ausschließlich in den oberen Hautschichten stattfinden und die Wärmeverteilung sich über das Gefäßsystem vollzieht (ZENZ und JURNA 2001).

Mit Hilfe einer Rotlichtlampe können größere Areale erwärmt werden. Die Lampe sollte in einem Abstand von 30 bis 40 cm aufgestellt werden. Die Temperatur des zu behandelnden Gebietes sollte zwischenzeitlich mit der Hand kontrolliert werden, um zu prüfen, ob die Temperatur angenehm ist. Die Behandlungsdauer liegt bei 15 bis 20 Minuten, die Behandlungsfrequenz richtet sich nach der zu Grunde liegenden Erkrankung (BOCKSTAHLER et al. 2004).

#### **Fangopackungen**

Hier findet dickbreiiger, heißer Mineralschlamm aus Thermalquellen mit einer Ausgangstemperatur von ca. 42 °C Anwendung. Die Anwendungsdauer beträgt 20 bis 30 Minuten (ZENZ und JURNA 2001, STRIEBEL 2002).

### **Heiße Rolle**

Drei auf halbe Breite gefaltete Handtücher werden zu einer festen, trichterförmigen Rolle gewickelt. In das Zentrum des Trichters wird ca. ¼ Liter kochendes Wasser gegossen, das sich in der Rolle verteilt. Ist die Rolle fest genug gewickelt, hält sich die Temperatur im Kern bis zu 45 Minuten (ZENZ und JURNA 2001, STRIEBEL 2002).

### **Ultraschall**

Tiefere Gewebeschichten werden unter Einsatz eines therapeutischen Ultraschalls erreicht (BOCKSTAHLER et al. 2004).

#### 2.4.1.3 Indikationen einer Wärmeanwendung

Vorzugsweise setzt man Wärme bei chronisch degenerativen Erkrankungen und zur Vorbereitung des Gebietes auf eine Massage, auf aktive und passive Bewegungsübungen oder auf eine lokale Elektrotherapie ein (BOCKSTAHLER et al. 2004, HOHMANN 2008, JOHNSTON et al. 2008).

Bei den chronisch degenerativen Erkrankungen sind Arthrosen ohne akuten Entzündungsschub, Spondylarthrosen und Muskelverspannungen zu nennen (BOCKSTAHLER et al. 2004, HOHMANN 2008, JOHNSTON et al. 2008).

#### 2.4.1.4 Kontraindikationen einer Wärmeanwendung

Wärme darf nicht bei akuten Entzündungen, Blutungen, Blutergüssen, Thromben, Tumoren, über offenen Wunden oder beim Vorliegen schwerer Kreislaufinsuffizienzen angewendet werden. Besondere Vorsicht ist bei gestörter Sensibilität des zu behandelnden Bereiches geboten (BOCKSTAHLER et al. 2004, HOHMANN 2008).

## 2.4.2 Kälteanwendung

Unter Kryotherapie (*kryos*: griech. für Frost, Kälte) versteht man eine zeitlich begrenzte, lokal umschriebene Senkung der Gewebetemperatur (ZENZ und JURNA 2001) zu therapeutischen Zwecken (HEISEL 2005, HOHMANN 2008).

Unter einer Kältetherapie versteht man den therapeutischen Einsatz von Kälte zum globalen systemischen Wärmeentzug (HEISEL 2005).

### 2.4.2.1 Geschichtliches zur Anwendung von Kälte

Überlieferungen aus dem klassischen Altertum berichten bereits über den Einsatz von Schnee und Eis zu therapeutischen Zwecken.

So finden sich in den Schriften des HIPPOKRATES (460 – 377 v. Chr.) und GALEN (129 – 199 n. Chr.) Hinweise auf kalte Getränke zum Fiebersenken (ANDERSON 1991, KNÜSEL 1991, OTT 1991). Auch wurden Abszesse, Erysipel und Phlebitiden oder von Gicht befallene Gelenke mit Eis behandelt (ANDERSON 1991, OTT 1991). HERRMANN VON DER HEYDEN empfahl 1649 Patienten mit Arthritis das Baden der betroffenen Gliedmaße in kaltem Wasser (KNÜSEL 1991).

Mit Hilfe von Kälte kann z. B. in einer Körperregion Schmerzlosigkeit erreicht werden (BENSON und COPP 1974, LEE et al. 1978, DREZ et al. 1981, ENWEMEKA et al. 2001, BOCKSTAHLER et al. 2004).

So setzten SEVERINO (1664) und BARTOLINUS (1667) in Italien Schnee und Eis zur Kälteanästhesie, auch als „Vereisung“ von Gewebe bezeichnet, bei chirurgischen Eingriffen ein. LARREY z. B. amputierte 1807 unter strengem Frost von unter  $-10^{\circ}\text{C}$  auf dem Schlachtfeld Verwundete infolge starker Auskühlung nach seiner Meinung relativ schmerzlos (KILLIAN 1973, KNÜSEL 1991).

Berichte der Schlacht bei Preußisch-Eylau (1807) überliefern die Amputation von Gliedmaßen unter dem Einsatz von Eis zur Schmerzstillung (ANDERSON 1991).

Im Jahre 1823 behandelte SCUDAMORE Gichtknoten mit Packungen aus Eisstücken (KNÜSEL 1991).

Mitte des 19. Jahrhunderts wurden Methoden des Wärmeentzuges mit Hilfe der Verdunstungskälte verwendet. So setzte ARNOT 1848 zur Kälteanästhesie das Ätherspray nach RICHARDSON und 1867 das Chloräthylspray nach ROTENSTEIN ein (KILLIAN 1973, KNÜSEL 1991).

Gegen Ende des 19. Jahrhunderts war es möglich, Eis künstlich zu erzeugen und kommerziell zu vermarkten (KNÜSEL 1991).

Durch die Erfahrungen des zweiten Weltkrieges, dass die Überlebenszeit abgeschnürter Gliedmaßen sich bei Unterkühlung verdoppelt oder sogar verdreifacht, schufen amerikanische Chirurgen (wie z.B. ALLEN (1852-1915)) eine Unterkühlungstechnik der Gliedmaßen für schmerzlose Amputationen nach schweren Verwundungen (KILLIAN 1973).

1962 legten COOPER und LEE mit ihrer Entwicklung eines Gerätes zur Kryochirurgie mit flüssigem Stickstoff von  $-196^{\circ}\text{C}$  den Grundstein für heutige Kryochirurgiegeräte. Unter Kryochirurgie versteht man die Anwendung extrem niedriger Temperaturen zur gezielten Beseitigung pathologisch veränderten Gewebes (SIEBERT 1999). Anwendung findet die Kryochirurgie u. a. bei onkologischen sowie anderen Weichteilerkrankungen, wie z. B. der Urachusfistel beim Fohlen oder Klauenveränderungen beim Wiederkäuer (DEL BLUE und MAZZOCHI 1982, LITZKE und SIEBERT 1990, SIEBERT 1999, MARTENS 2004, JUNG et al. 2008).

Über die Auswirkungen einer segmentalen Applikation von Wärme und Kälte stellt BOAS (1926) fest, dass sich durch Wärme im Bereich der Magendermatome via Gefäßdilatation in der Peripherie (Haut) und Rückenmark okkulte peptische Magengeschwüre zu nachweisbaren Blutungen provozieren ließen. Umgekehrt konnten manifeste Blutungen durch Kälteapplikation an der Haut zum Stillstand gebracht werden (BOAS 1926, ZOHMANN 2004). Zehn Jahre später untersucht GESENIUS (1936) den Einfluss von peripher hyperämisch wirksamen Methoden, wie Wärmewickeln, Moorbädern, Diathermie etc. auf die Vaskularisation segmental zugehöriger Viscera mittels laparoskopischer Kontrolle (GESENIUS 1936, ZOHMANN 2004).

Seine wie auch die 1940 im *American Heart Journal* publizierten Versuche von KUNTZ und HASELWOOD (1940) zur gastrointestinalen Durchblutungsbeeinflussung mittels Kälte, Wärme und Vakuumglocken an der Hautoberfläche dezerebrierter Katzen zeigt, dass physikalische

Maßnahmen von der Peripherie aus höchst effektiv auf tiefer gelegene Organe einwirken (KUNTZ und HASELWOOD 1940, ZOHMANN 2004).

In der Herz- und Gefäßchirurgie wurde vor Einführung der Herz-Lungen-Maschine von der Möglichkeit der „*induzierten Hypothermie*“ Gebrauch gemacht. Hierbei ist das Ziel, den Sauerstoff- und Energiebedarf der Gewebe, insbesondere des Herzens und des Gehirns, zu senken. Die Wiederbelebungszeiten von Herz und Gehirn werden dadurch deutlich verlängert. Die natürlichen Kälteabwehrmechanismen des Körpers werden hierfür mit Hilfe einer Narkose ausgeschaltet (DEETJEN und SPECKMANN 1999, THEWS et al. 1999, STEINHAUSEN und GULBINS 2003).

In der heutigen Zeit wird Kälte (Kryotherapie) in der Rheumatologie, Orthopädie, Sportmedizin, Neurologie sowie in der physiotherapeutischen Praxis beim Menschen und auch beim Tier eingesetzt (OTT 1991).

#### 2.4.2.2 Wirkungen einer Kältebehandlung

Bei Kälteanwendung kommt es zur Vasokonstriktion und somit zur verminderten Durchblutung des Behandlungsgebietes (COBBOLD und LEWIS 1956, BERLINER 1999, ENWEMEKA et al. 2001, ZENZ und JURNA 2001, BOCKSTAHLER et al. 2004, NADLER et al. 2004, SCHMIDT et al. 2004, ARNOLD et al. 2005, VIEFHUES 2007, HOHMANN 2008, JOHNSTON et al. 2008).

Über eine kältebedingte Herabsetzung des Zellmetabolismus kommt es zu einem verminderten Anfall chemischer Schmerzmediatoren (BERLINER 1999, OHKOSHI 1999, ENWEMEKA et al. 2001, ZENZ und JURNA 2001, STRIEBEL 2002, BLEAKLEY et al. 2004, BOCKSTAHLER et al. 2004, NADLER et al. 2004, SCHMIDT et al. 2004, ARNOLD et al. 2005, VIEFHUES 2007, HOHMANN 2008, JOHNSTON et al. 2008).

Eine Anwendung von Kälte wirkt weiterhin antiödematös und entzündungshemmend (OTT 1991, BERLINER 1999, OHKOSHI 1999, ENWEMEKA et al. 2001, BLEAKLEY et al. 2004, NADLER et al. 2004, SCHMIDT et al. 2004, ARNOLD et al. 2005, VIEFHUES 2007, JOHNSTON et al. 2008).

Eine Kälteanwendung kann die Gewebetemperatur soweit herabsetzen, dass sie unterhalb der Temperatur liegt, die sensibilisierte Nozizeptoren, die Sensoren des Schmerzsinn, erregt (KERN 1991, NADLER et al. 2004, SCHMIDT et al. 2004, HOHMANN 2008). Die Refraktärzeit wird verlängert, die Repolarisation ist verlangsamt und die Natrium-Kalium-Pumpen arbeiten langsamer. Unter einer Gewebetemperatur von 13,5°C sistieren die Repolarisationsvorgänge und es kommt zur völligen Anästhesie und Analgesie (KERN 1991). Auf neuronaler Ebene kommt es bei Kälteanwendung zu einer sinkenden Nervenleitgeschwindigkeit (ARNOLD et al. 2005, JOHNSTON et al. 2008), die Refraktärphase der Nerven steigt und zum anderen führt eine Reizung der Kaltrezeptoren zur Aktivierung des Gate-Control-Systems. Durch den thermischen Kaltreiz werden Noziseptoren von schnell leitenden, inhibitorisch arbeitenden A $\alpha$ - und A $\beta$ -Fasern erregt, welche auf Rückenmarksebene die Bahnen der Schmerzwahrnehmung hemmen. Als Folge ist es für einen Schmerzreiz, welcher über langsamer leitende A $\delta$ - und C-Fasern zum Rückenmark gelangt, nicht mehr möglich, die Bahnen der Schmerzwahrnehmung zu erreichen. Die Kälteanwendung hat somit einen lokalen schmerzmindernden Effekt (MELZACK 1965, BENSON und COPP 1974, LEE et al. 1978, DREZ et al. 1981, OTT 1991, DAVIS 1993, ENWEMEKA et al. 2001, ZENZ und JURNA 2001, DICKENSON 2002, STRIEBEL 2002, CRAIG 2003, BOCKSTAHLER et al. 2004, ARNOLD et al. 2005).

Man erreicht auch die Linderung von Muskelspasmen im Sinne einer Muskeldetonisierung (KNÜSEL 1991, BLEAKLEY et al. 2004, BOCKSTAHLER et al. 2004, NADLER et al. 2004, ARNOLD et al. 2005, VIEFHUES 2007, HOHMANN 2008, JOHNSTON et al. 2008) sowie eine herabgesetzte intramuskuläre Temperatur (LOWDEN und MOORE 1975, JOHNSON et al. 1979, KNÜSEL 1991, OTT 1991, ENWEMEKA et al. 2001).

ENWEMEKA et al. (2001) beobachteten in einer Studie die Tiefenwirkung einer Kälteanwendung. Sie konnten feststellen, dass bei Kälteanwendung die oberflächliche Hauttemperatur sowie die in 1 cm Tiefe gemessene Gewebetemperatur rapide absinken, die Gewebetemperatur in 2 und 3 cm Tiefe aber unverändert bleibt. Bei Ansteigen der oberflächlichen Hauttemperatur fällt die Gewebetemperatur in 2 und 3 cm Tiefe in gleichem Maße. Sie interpretierten ihre Versuchsergebnisse so, dass eine hämodynamische Beziehung zwischen oberflächlichen und tiefen Gewebeschichten besteht und die tiefer gelegenen Gewebeschichten eine der Wärmequellen darstellen, die zur Wiedererwärmung der Hautoberfläche herangezogen werden (ENWEMEKA et al. 2001, JOHNSTON et al. 2008).

In den ersten 30 Sekunden einer Kältebehandlung kommt es zu einer gegensätzlichen Reaktion zwischen Durchblutung der Hautoberfläche und der darunter liegenden Muskulatur: während es zu einer Vasokonstriktion der Hautgefäße kommt, tritt in der Muskulatur eine Vasodilatation der Muskelgefäße auf. Anschließend kommt es zur Reaktionsumkehr (KEATINGE 1961, TRNAVSKY 1979, ARMAN et al. 1980, TRNAVSKY 1980).

ENWEMEKA et al. (2001) berichten auch von einer den Blutdruck betreffenden antihypertonischen Wirkung einer Kälteanwendung.

Eine Kälteanwendung im Bereich von Gelenken bewirkt eine Viskositätszunahme der Synovia (KNÜSL 1991, BERLINER 1999).

Nach Kälteapplikation kommt es nach 20 bis 40 Minuten zur sogenannten *hunting-reaction* nach Lewis, einer periodisch im Abstand von ca. 20 Minuten auftretenden Vasodilatation der Hautgefäße, wenn die Temperatur der Akren unter 10°C sinkt (LEWIS 1930, DANA 1969, WERNER 1977, JANSEN und FRICKE 1986, SCHEUNERT und TRAUTMANN 1987, LORENTZ und WITTMERS 2001, KLINKE und SILBERNAGL 2003, BOCKSTAHLER et al. 2004).

#### 2.4.2.3 Nebenwirkungen einer Kälteanwendung

Bei der Anwendung von Eis und Cold Packs direkt auf der Haut kann es zu Erfrierungen kommen (OTT 1991, BOCKSTAHLER et al. 2004).

HOCUTT et al. (1982) berichten von Erfrierungen und / oder Nervenlähmungen bei einer länger als 30 Minuten andauernden Kälteanwendung in Form von Eis.

Als unerwünschte Effekte nennt KNÜSEL (1991) nach Langzeitkälteapplikation eine verminderte Durchblutung des Behandlungsgebietes. Es kommt zu einer langandauernden Kühlung der Muskulatur, welche bei anschließender Belastung anfälliger ist für Traumen.

Bei Kälteapplikation im Gelenkbereich kommt es zu einer Erhöhung der Synoviaviskosität und somit zu einer verringerten Pufferfunktion der Synovia. Auch das Gelenk ist nun anfälliger für Traumen (KNÜSEL 1991).

Zu beachten ist auch die herabgesetzte Nervenleitgeschwindigkeit nach einer Kryotherapie, so dass Koordination und Leistungsfähigkeit eingeschränkt sind. Vor einer sportlichen Belastung sollte keine Kryotherapie angewendet werden (KERN 1991).

#### 2.4.2.4 Methoden der Kältezufuhr

Man unterscheidet Methoden der Kontaktkühlung und der kontaktlosen Kühlung.

Zu den Methoden der Kontaktkühlung zählen u. a. Anwendungen von Eis, Kühlmedien wie beispielsweise ein Silikatgel-Beutel und Kühlsprays.

Gasförmiger Stickstoff und Kaltluft zählen zu den kontaktlosen Kühlmethoden.

##### **Eispackungen**

Hierzu werden z. B. Eiswürfel in ein Tuch geschlagen. Eis darf jedoch nie direkt auf die Haut gelegt werden, da die Gefahr von Erfrierungen besteht. Die Behandlungsdauer liegt bei 15 bis 25 Minuten mehrmals täglich (HOCUTT et al. 1982, OTT 1991, BOCKSTAHLER et al. 2004, ARNOLD et al. 2005). Auch die Massage mittels eines Eiswürfels direkt auf der Haut ist möglich (OTT 1991, HOHMANN 2008).

##### **Cold-Packs**

Handelsübliche Silikatgel-Beutel (Cold-Pack) werden im Kühlschrank abgekühlt und in ein Tuch eingeschlagen. Ihr Vorteil besteht darin, dass das Behandlungsgebiet nicht nass wird. Die Behandlungsdauer liegt bei 15 bis 20 Minuten mehrmals täglich (HOCUTT et al. 1982, OTT 1991, BERLINER 1999, BOCKSTAHLER et al. 2004, JOHNSTON et al. 2008).

##### **Eisspray und leicht verdunstende Flüssigkeiten**

Diese Methode macht sich den Wärmeentzug mit Hilfe von Verdunstungskälte zunutze. Eingesetzt werden halogenierte Kohlenwasserstoffe, wie z. B. Chloräthylspray, Dichlor-Difluor-Methan und 1,1,1,2-Tetrafluor-Ethan (KILLIAN 1973, TRAVELL et al. 1983, KNÜSEL 1991, BERLINER 1999).

##### **Kaltgastherapie**

Der japanische Arzt DR. TOSHIMA YAMAUCHI (1978) führte die apparative Kälteapplikation in Form einer Kaltgastherapie mit flüssigem Stickstoff zur Behandlung rheumatischer Erkrankungen ein (OTT 1991, BERLINER 1999).

Tiefsttemperaturen von bis zu  $-175\text{ °C}$  sind hierbei möglich, die Gefahr der Entstehung von Frostbrandwunden ist groß (JANSEN und FRICKE 1986, OTT 1991).

### **Kaltlufttherapie**

Kaltlufttherapie zählt zu den „kontaktlosen“ Kühlverfahren (KNOLLMANN et al. 1990, OTT 1991).

Hierbei wird Raumluft auf -20 bis -30°C herabgekühlt und mittels eines dosierbaren Luftstromes (Düse) auf das Behandlungsgebiet aufgebracht (KNOLLMANN et al. 1990, OTT 1991, CHESS et al. 1993, BERLINER 1999, CHESS 2001).

### **Kältekammer / Ganzkörperkältetherapie**

Bei der Ganzkörperkältetherapie handelt es sich um einen maximal 3-minütigen Aufenthalt in einer Kältekammer bei ca. -110°C. Sie findet ihren Einsatz in der rheumatologischen Behandlung beim Menschen. Es wird ein langanhaltender analgetischer und muskelentspannender Effekt angenommen (JAMAUCHI 1986, BIRWE et al. 1989, FRICKE 1989, STRATZ et al. 1989, BERLINER 1999).

#### 2.4.2.5 Indikationen einer Kälteanwendung

##### ORTHOPÄDISCHER EINSATZ

Als Einsatzmöglichkeiten gelten unter anderem: schmerzhafte Zustände des Bewegungsapparates, akute Entzündungen von Gelenken, Sehnen, Bändern und Muskeln infolge eines Traumas, akute Arthroseschübe sowie postoperativ zur Schmerztherapie und Verminderung von Entzündungserscheinungen (OTT 1991, BERLINER 1999, ENWEMEKA et al. 2001, STRIEBEL 2002, BOCKSTAHLER et al. 2004, HOHMANN 2008).

KNÜSEL 1991 beschreibt eine eingeschränkte Durchblutung und Lymphproduktion nach Kältebehandlung von posttraumatischen Blutungen und Ödemen.

##### NEUROLOGISCHER EINSATZ

Läsionen im ZNS können Ursache für einen spastischen Muskeltonus sein, der v. a. die Streckmuskeln der unteren Extremitäten und die Beugemuskeln der oberen Extremitäten betrifft. Eine Verringerung der Körpertemperatur bewirkt eine generelle Steigerung des Muskeltonus, eine lokale Kältebehandlung der spastischen Muskulatur jedoch bewirkt eine

---

deutliche Minderung der Spastizität für eine begrenzte Zeit. In dieser Zeit können die betroffenen Gelenke durchbewegt werden (ANDERSON 1991, OTT 1991, STRIEBEL 2002). Eis findet auch im Bereich der Innervationsstörungen Einsatz (KERN 1991, OTT 1991).

#### 2.4.2.6 Kontraindikationen einer Kälteanwendung

Kälte sollte nicht angewendet werden, wenn eine Kälteintoleranz des Patienten vorliegt, bei Sensibilitätsstörungen (ARNOLD et al. 2005), Durchblutungsstörungen, Blutungen, Gerinnungsstörungen, auf offenen Wunden, bei Angiospasmen, schweren Herz-Kreislaufkrankungen, Bluthochdruck, akutem Bandscheibenvorfall, akuten Arthritiden, aktivierten Arthrosen und Tumorverdacht (OTT 1991, BERLINER 1999, BOCKSTAHLER et al. 2004, HOHMANN 2008).

## 3 Eigene Untersuchungen

### 3.1 ZIELE DER UNTERSUCHUNGEN

Ziel dieser Arbeit ist es, anhand von klinischen Patientendaten Aussagen treffen zu können, inwiefern Kryotherapie in der Tiermedizin bei orthopädisch bzw. neurologisch operierten Hunden sinnvoll einsetzbar erscheint.

Folgende Fragen sollen bei diesen Untersuchungen beantwortet werden:

- Wie ist der Verlauf der Hautoberflächentemperatur nach Kaltluftapplikation?
- Bestehen Unterschiede, ob der zu behandelnde Bereich geschoren ist oder nicht?
- Bestehen Unterschiede im Verlauf der oberflächlichen Hauttemperatur bezogen auf die Lokalisation der Kaltluftapplikation am Körper?
- Hat die Kaltluftapplikation einen schmerzlindernden Effekt?
- Wie ist die Akzeptanz des Tieres?
- Hat die Kältebehandlung einen negativen Einfluss auf den chirurgischen Wundbereich?

## 3.2 MATERIAL UND METHODE

### 3.2.1 Technische Voraussetzungen

#### Cryo 5

Zur Kältebehandlung wird der Kaltluftapplikator Cryo-5® der Firma Zimmer Elektromedizin GmbH, Deutschland verwendet (Abb. 1).



**Abbildung 1:** Kaltluftapplikator  
Cryo-5® der Firma Zimmer Elektromedizin GmbH, Deutschland

Dieses Gerät ist laut Herstellerangaben in der Lage, mittels eines Kompressorsystems Raumluft auf bis zu  $-30^{\circ}\text{C}$  herabzukühlen. Das Gerät erzeugt einen gleichmäßigen Luftstrom, dessen Strömungsgeschwindigkeit in 6 Stufen variierbar (Abb. 2) ist und einen Luftstrom zwischen 500 und 1000 L Luft / min erzeugt. Je nach zu behandelnder Fläche stehen Düsenaufsätze mit einem Durchmesser von 5, 10, 15 und 20 mm zur Verfügung, die auf einen 180 cm langen Behandlungsschlauch aufgeschraubt werden können. Das Gerät besitzt einen 230 V Netzanschluss und eine mittlere Leistungsaufnahme von ca. 550 W. Sein Gesamtgewicht beträgt 55 kg. Es ist durch Rollen an der Gehäuseunterseite mühelos fahrbar.



**Abbildung 2:** Bedienfeld des Kaltluftapplikators Cryo-5® der Firma Zimmer Elektromedizin GmbH, Deutschland, einstellbar sind die Strömungsgeschwindigkeit von Stufe 1 bis Stufe 2 sowie die Applikationsdauer

### **LCD-Handthermometer mit Einstechfühler DT-250**

Zur Bestimmung der oberflächlichen Hauttemperatur dient das LCD-Handthermometer mit Einstechfühler DT-250 der Firma Conrad Electronic GmbH, Deutschland (Abb. 3).

Der Temperaturmessbereich reicht von  $-50^{\circ}\text{C}$  bis  $+250^{\circ}\text{C}$ , umschaltbar auf  $^{\circ}\text{F}$  ( $-58^{\circ}\text{F}$  bis  $+482^{\circ}\text{F}$ ). Ermittelt werden können Temperaturen von flüssigen und festen Stoffen.

Die Anzeige erfolgt über ein LC-Display. Für die Temperaturmessung ist ein Einstechmessfühler von 106 mm vorhanden, der über ein 750 mm langes Anschlusskabel mit dem Gerät verbunden ist. Die Gehäuseabmessung beträgt (H x B x T) 123 x 73 x 17 mm und das Gerät wiegt inklusive Batterien 140 g.

Die Spannungsversorgung beträgt 3 V und erfolgt über zwei Micro-Batterien mit je 1,5 V.

Die Messgenauigkeit beträgt in einem Messbereich zwischen  $0^{\circ}\text{C}$  und  $100^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ .

Die Arbeitstemperatur sollte zwischen  $0^{\circ}\text{C}$  und  $+50^{\circ}\text{C}$  liegen, um ein exaktes Messen zu gewährleisten. Mit Hilfe eines Platzhalters, der auf die Sonde aufschiebbar ist, kann die genaue Einstechtiefe millimetergenau festgelegt werden.



**Abbildung 3:** LCD-Handthermometer mit Einstechfühler DT-250 der Firma Conrad Electronic GmbH, Deutschland

### 3.2.2 Patientengut

In die Untersuchungen werden ausschließlich Hunde aufgenommen, die Patienten der Klinik für Kleintiere / Chirurgie der Justus-Liebig-Universität Giessen sind und zur operativen Versorgung vorgestellt werden.

Folgende Grunderkrankungen werden als Kriterium ausgewählt:

1. hochgradige Coxarthrose, Femurkopfhalsfraktur, Femurkopfluxation oder Beckenfrakturen, bei denen eine Femurkopfhalsresektion oder Reposition des Femurkopfes sowohl unblutig als auch operativ durchgeführt wird.

2. Ruptur des cranialen Kreuzbandes im Kniegelenk, dessen operative Versorgung in einer Faszienopplung, Satoriusplastik oder mittels extrakapsulärem Halteband (z. B. Methode nach Flo-Henschel) besteht. Methoden, die mittels Osteotomie und nachfolgender Osteosynthese die Statik des Kniegelenkes verändern (z. B. Tibia Plateau Leveling Osteotomy nach Slocum oder Tibial Tuberosity Advancement nach Montavon), sind aus der Studie ausgeschlossen.

Desweiteren werden Patienten mit operativer Versorgung einer Patellaluxation am Kniegelenk mit einbezogen.

3. Operative Versorgung von Bandscheibenvorfällen im Bereich der Brust- und Lendenwirbelsäule (z. B. Hemilaminektomie).

Zusätzlich werden Alter, Geschlecht, Gewicht und Rasse der Patienten erfasst.

### 3.2.3 Methodik

#### 3.2.3.1 Vorbereitung und Lagerung des Patienten

Die Untersuchungen und Messungen erfolgen in ruhiger Umgebung und stets im gleichen Raum bei einer durchschnittlichen Raumtemperatur von  $22,5^{\circ}\text{C} \pm 1,5^{\circ}\text{C}$ .

Alle Patienten werden vor Aufnahme in die Studie und vor Beginn jedes Untersuchungsintervalls einer klinischen Allgemeinuntersuchung unterzogen, um weitere Erkrankungen, die den Untersuchungsablauf beeinflussen könnten (wie z. B. Fieber), auszuschließen.

Die Hunde dürfen keine Anzeichen einer systemischen Erkrankung, einer Herz-Kreislauf-Erkrankung oder einer Tumorerkrankung aufweisen.

Des Weiteren werden der Sedationsgrad bei postoperativer Behandlung sowie die intra operationem eingesetzten Anästhetika erfasst.

#### 3.2.3.2 Geräte-Einstellungen

##### **Cryo 5**

Der Kaltluftapplikator wird während der Behandlung der Patienten auf Stufe 2 mit einem 10 mm Aufsatz betrieben. Hiermit wird eine Temperatur des Luftstroms von  $-30^{\circ}\text{C}$  erreicht. Der Abstand zur Hautoberfläche beträgt 10 cm.

##### **LCD-Handthermometer mit Einstechfühler DT-250**

Der Abstandhalter wird auf der Messsonde so platziert, dass ein Eindringen des Messfühlers in die obere Hautschicht auf 2 mm festgelegt ist. Gemessen wird stets im rechten Winkel zur Hautoberfläche.

### 3.3 STANDARDISIERUNG UND DOKUMENTATION

#### 3.3.1 Bestimmung der oberflächlichen Hauttemperatur

Zur Bestimmung der oberflächlichen Hauttemperatur werden 3 Patientengruppen gebildet:

##### Gruppe 1

wird nach einer Operation kältebehandelt. Der zu behandelnde Bereich beinhaltet die Operationswunde und den geschorenen Umgebungsbereich.

##### Gruppe 2

wird im Messbereich weder operiert noch geschoren und zeigt im Messbereich keine klinischen Anzeichen einer dort manifesten Erkrankung.

##### Gruppe 3

wird nach einer Operation lediglich einer Erfassung der oberflächlichen Hauttemperatur ohne Kältebehandlung unterzogen. Der Messbereich beinhaltet eine Operationswunde und ist geschoren.

Der zu behandelnde und zu messende Bereich wird wie folgt festgelegt:

### 1. Hüftgelenksbereich

Der Trochanter major ossis femoris stellt den Mittelpunkt dar, vom Tuber sacrale ossis ilii wird das Lot gefällt. Dann wird vom Trochanter major ausgehend nach cranial eine Horizontale gezogen. Die Strecke bis zum Kreuzpunkt mit dem gefälltten Lot entspricht dem Radius der Behandlung (Abb. 4).



**Abbildung 4:** Behandlungsbereich zur Kaltluftapplikation im Hüftbereich

*In der Farbe Pink sind der Trochanter major ossis femoris und das Tuber sacrale ossis ilii markiert. Vom Tuber sacrale ossis ilii wird das Lot gefällt. Vom Trochanter major ossis femoris ausgehend wird die Horizontale nach cranial gezogen, deren Strecke bis zum Schnittpunkt der Linien den Behandlungsradius um den Trochanter major ossis femoris definiert.*

## 2. Kniegelenksbereich

Der Behandlungsbereich wird durch folgende Bezugspunkte festgelegt: Condylus medialis und lateralis ossis femoris, proximaler Rand der Trochlea ossis femoris patellaris, distales Ende der Tuberositas tibiae. Der Messpunkt befindet sich lateral des Ligamentum rectum patellae (Abb. 5).



**Abbildung 5:** Messbereich zur Bestimmung der oberflächlichen Hauttemperatur am Knie. Der Messbereich liegt lateral der Patellarsehne.

### 3. Brust- und Lendenwirbelsäulenbereich

Der zu behandelnde Bereich entspricht der Fläche über vier Wirbelkörper hinweg mit der Operationsstelle im Zentrum, die Breite entspricht den Processus transversi der Wirbel. Der Messpunkt befindet sich zwischen den Processus spinosi des 2. und 3. gekühlten Wirbelbereiches (Abb. 6).



**Abbildung 6:** Definition des Behandlungs- und Messbereichs im Brustwirbelsäulenbereich  
Die Processi spinosi sind türkis markiert. Die craniale, die caudale und die lateralen Begrenzungen des Behandlungsgebietes sind orange markiert. Der Messbereich zur Bestimmung der oberflächlichen Hauttemperatur ist rot markiert.

---

Die Erfassung des Ausgangswertes der Hautoberflächentemperatur erfolgt zum Zeitpunkt T<sup>vor</sup>, daraufhin folgt eine Kältebehandlung von 5 Minuten mit anschließender Bestimmung der oberflächlichen Hauttemperatur zum Messzeitpunkt T<sup>null</sup>. Jede weitere Messung findet im Zeitabstand von jeweils 5 Minuten mit der letzten Messung 30 Minuten nach Kältebehandlung statt.

Die nicht kältebehandelten Hunde werden im gleichen Zeitabstand gemessen.

### 3.3.2 Schmerzbewertung

#### 3.3.2.1 Angewandte Anästhetika intra operationem, Grad der Sedation

Da die erste Untersuchung im Anschluss an den operativen Eingriff am gleichen Tag stattfindet, ist die Bestimmung des Sedationsgrads (Tab. 2) und die Erfassung der angewandten Anästhetika notwendig.

Die Allgemeinanästhesie der Patienten wird mit Diazepam\*, L-Methadon\*, Ketamin\* und Xylazin\* durchgeführt. Die Aufrechterhaltung der Allgemeinanästhesie erfolgt mit Isofluran als Inhalationsnarkotikum.

14 Patienten erhalten zusätzlich eine Epiduralanästhesie unter Verwendung von Morphinsulfat\*, wovon 6 Patienten kältebehandelt und 8 Patienten nicht kältebehandelt werden.

Folgende Dosierungen finden Anwendung:

Diazepam: 0,5 mg/kg KM

L-Methadon: 0,5-0,75 mg/kg KM

Ketamin: 10 mg/kg KM

Xylazin: 2 mg/kg KM

Morphinsulfat: 0,1mg/kg KM in 0,1 ml/kg steriler 0,9%iger Kochsalzlösung verdünnt /  
pro 20 cm der Scheitel-Steiß-Länge

(\*Diazepam: Diazepam-ratiopharm® 10 mg Ampullen, Ratiopharm GmbH, Ulm

l-Methadon: L-Polamivet®, Intervet Deutschland GmbH, Unterschleißheim

Ketamin: Ketamin 10%®, Serumwerk Bernburg AG, Bernburg

Xylazin: Xylazin 2% Bernburg®, Serumwerk Bernburg AG, Bernburg

Morphinsulfat: MSI 10 mg Mundipharma®, Mundipharma GmbH, Limburg)

Vor jedem Untersuchungsintervall wird der Sedationsgrad des Patienten bestimmt. Es wird in Sedationsgrad 1 und 0 unterschieden. Tab. 2 zeigt die Merkmale am Patienten, die zur Zuordnung herangezogen werden:

<b>Sedationsgrad 1</b>	Tiere, die sich in der Aufwachphase befinden, Lidreflex vermindert oder auslösbar, keine oder stark abgeschwächte Reaktion auf lautes in-die-Hände-klatschen, Bulbus rotiert
<b>Sedationsgrad 0</b>	vollständig waches Tier, der Lidreflex ist spontan, spontane Lidbewegungen sind vorhanden, beim in-die-Hände-klatschen wendet sich der Patient der Geräuschquelle mit dem Kopf zu, der Bulbus findet sich in zentraler Stellung.

**Tabelle 2:** Definition der Merkmale zur Zuordnung der Patienten in Sedationsgrad 0 und 1

26 Hunde weisen bei Durchführung der Messreihe an Tag 1 einen Sedationsgrad 1 auf, 4 Hunde einen Sedationsgrad 0.

Während der weiteren Messreihen an Tag 2 und 3 befinden sich alle 30 Hunde im Sedationsgrad 0 und sind somit vollständig wach.

### 3.3.2.2 Subjektiver Schmerz-Fragebogen und Auswertung

#### 1. Schmerzbewertung

Zur Beurteilung des momentanen Schmerzzustandes werden Patienten herangezogen, die wie unter 3.2.2 beschrieben operiert werden. Beurteilt werden sie jeweils am Tag der Operation direkt post operationem und an den zwei darauf folgenden Tagen jeweils über 3 Stunden hinweg alle 30 Minuten.

Der Untersucher ist bei der Ermittlung des Schmerzzustandes des Patienten verblindet und die Behandlung des Patienten erfolgt randomisiert: Nach der ersten Beurteilung des momentanen Schmerzzustandes des Patienten durch den Untersucher zieht eine Hilfsperson

unter Ausschluss des Untersuchers ein Los, ob das zu beurteilende Tier kältebehandelt (Gruppe 4) oder nicht kältebehandelt (Gruppe 5) werden soll.

Die entsprechende Kältebehandlung führt dann die Hilfsperson ebenfalls unter Ausschluss des Untersuchers durch. Die Lose werden dann mit einem Vermerk über den Patienten und seine eventuelle Kältebehandlung versehen und bis zum Ende der Studie verschlossen und für den Untersucher nicht zugänglich aufbewahrt.

## 2. Subjektiver Schmerzfragebogen

Anhand des subjektiven Schmerz-Fragebogens (Tab. 3) (TACKE 2003) werden neben physiologischen Parametern wie der Atem- und Herzfrequenz und der Körperinnentemperatur des Patienten durch Beobachtungen Kriterien erhoben, mit deren Hilfe Aussagen über den momentanen Schmerzzustand des Patienten getroffen werden sollen.

Kriterien, wie z. B. das Verhalten, die Körperhaltung und die Aktivität des Patienten sowie Lautäußerungen, Mimik, Pupillengröße, Speichelfluss, Lahmheiten, Futteraufnahme, Mutilation und Schmerzen bei Palpation des Wundbereiches finden hierbei Anwendung und den Befunden wird ein definierter Zahlenwert zugeordnet.

**Subjektiver Schmerzfragebogen:**

<b>Kriterium</b>	<b>Ausprägung</b>	<b>Bewertung</b>
Schreien, Lautäußerungen des Patienten	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ ruhig</li> <li>▶ ja, lässt sich beruhigen</li> <li>▶ ja, lässt sich nicht beruhigen</li> <li>▶ permanentes Schreien</li> </ul>	0 1 2 3
Verhalten, motorische Unruhe	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ physiologisch, ruhig, schläft</li> <li>▶ gering verändert, wach, interessiert an der Umwelt</li> <li>▶ bedrückt, kein Interesse an Umwelt</li> <li>▶ unruhig, Unbehagen</li> <li>▶ hysterisch, schlägt um sich</li> </ul>	0 1 2 3 4
Körperhaltung	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ physiologisch</li> <li>▶ strampelnd, tretend</li> <li>▶ Fixierung notwendig</li> </ul>	0 1 2
Schmerzen bei Palpation der Wunde bzw. der untersuchten Körperregion	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ keine Reaktion</li> <li>▶ weicht der Palpation aus</li> <li>▶ schreit bei Palpation</li> <li>▶ hysterisches Verhalten bei Palpation</li> </ul>	0 1 2 3
Lahmheit, Verspannung der Muskulatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ nein</li> <li>▶ geringgradig</li> <li>▶ mittelgradig</li> <li>▶ hochgradig</li> </ul>	0 1 2 3
Mimik	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ physiologisch</li> <li>▶ verzerrter Gesichtsausdruck</li> </ul>	0 1
Salivation	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ nein</li> <li>▶ ja</li> </ul>	0 1
Pupille	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ physiologisch</li> <li>▶ Mydriasis</li> </ul>	0 1
Futteraufnahme	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ physiologisch</li> <li>▶ vermindert</li> <li>▶ keine</li> </ul>	0 1 2
Mutilation	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ nein</li> <li>▶ geringes Lecken, Beißen, Kratzen</li> <li>▶ starkes Lecken, Beißen, Kratzen</li> </ul>	0 1 2
		$\Sigma$ (Minimum = 0, Max mit FA = 22 Max ohne FA = 20)

**Tabelle 3:** Subjektiver Schmerz-Fragebogen (TACKE 2003) zur Beurteilung des momentanen Schmerzzustandes des Patienten

Auflistung und Definition der Bewertungskriterien und Zuordnung einer Bewertungszahl  
 ( $\Sigma$  = Summe, Max = größtmöglicher Summenwert, FA = Futteraufnahme)

### 3. Auswertung

Die anhand des subjektiven Schmerzfragebogens erhobenen Zahlenwerte werden durch Summenbildung zusammengefasst. Verglichen werden jeweils die Summen der kältebehandelten Gruppe 4 mit der nicht kältebehandelten Gruppe 5 an **Tag 1**, dem Operationstag, und die Summen an **Tag 2 und 3**.

Zur Bestimmung des zum jeweiligen Messzeitpunkt vorliegenden Schmerzzustandes des Patienten wird der subjektive Schmerz-Bewertungs-Index (SBI) (TACKE 2003) herangezogen, der wie folgt festgelegt ist (Tab. 4):

SBI	$\Sigma$ ohne FA	$\Sigma$ mit FA	Bewertung
▶ kein Schmerz	0 – 4	0 – 4	0
▶ geringer Schmerz	5 – 9	5 – 10	1
▶ mittelstarker Schmerz	10 – 14	11 – 16	2
▶ starker Schmerz	15 - 20	17 - 22	3

**Tabelle 4:** Bestimmung des Schmerz-Bewertungs-Index (SBI) (TACKE 2003) mit Hilfe der aus dem subjektiven Schmerzfragebogen ermittelten Summenwerte ( $\Sigma$  = Summe, FA = Futteraufnahme)

Die Messwerte ergeben zu keinem Messzeitpunkt einen höheren Summenwert als 10 mit Futteraufnahme. Der Schmerzzustand der zu beurteilenden Patienten bewegt sich nach Anwendung des SBI im Rahmen von keinem Schmerz bis geringem Schmerz.

### 3.3.3 Akzeptanz der Kältebehandlung durch den Patienten

Die Akzeptanz der Kältebehandlung des Patienten wird wie folgt festgelegt und im Rahmen der Bestimmung der oberflächlichen Hauttemperatur beurteilt (Tab. 5):

<b>A1</b>	Keine weitere Hilfsperson zur Durchführung der Kältebehandlung nötig, der Patient darf zu Beginn der Behandlung eventuell etwas ängstlich sein, dies muss sich aber im Laufe der Behandlung geben
<b>A2</b>	zweite Hilfsperson zur Fixierung des Patienten benötigt, Patient ängstlich
<b>A3</b>	sowohl eine zweite Hilfsperson als auch ein Maulkorb nötig

**Tabelle 5:** Definition der Kriterien zur Bestimmung der Akzeptanz der Patienten mit Kaltluftbehandlung, Einteilung in 3 Gruppen (A1 bis A3)

### 3.3.4 Auswirkung auf den Wundbereich

Zur Beurteilung des Wundbereiches werden die klassischen Entzündungszeichen nach *Celsus* herangezogen:

**Rubor** (Rötung), **Calor** (Hitze), **Tumor** (Schwellung), **Dolor** (Schmerz) und **Functio laesa** (gestörte Funktion).

Die Wunde wird bei jeder Untersuchung genau beschrieben. Festgehalten wird auch, ob Exsudation auftritt und wie sie beschaffen ist. Dazu werden 3 Gruppen gebildet (Tab. 6):

<b>Gruppe</b>	<b>Wundkriterien</b>
0	ohne besonderen Befund
1	blutig-seröse Exsudation, keine vermehrte Wärme und Schwellung
2	Wärme, Schwellung, Exsudation

**Tabelle 6:** Wundbeurteilung mit einer Kriterieneinteilung von 0 bis 2, Definition der Kriterien

### 3.4 Statistische Auswertung

Die Datenhaltung und Auswertung erfolgt auf den Rechnern und in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe Biomathematik und Datenverarbeitung des Fachbereiches Veterinärmedizin der Justus-Liebig-Universität Giessen.

Die statistischen Auswertungen werden unter Verwendung des Statistikprogramms BMDP by BMDP Statistical Software, Inc., Release 8.1, (Copyright 1993) durchgeführt.

#### **Datenbeschreibung**

Die Allgemeine Datenbeschreibung erfolgt mit dem Programm BMDP1D. Ermittelt werden der Stichprobenumfang (n), kleinster und größter Wert, sowie der Arithmetische Mittelwert und die Standardabweichung.

#### **Signifikanzanalyse**

Zur Beschreibung der Signifikanzen wurden 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

#### **Gruppenvergleich des Verlaufs der oberflächlichen Hauttemperatur**

Zur statistischen Prüfung auf signifikante Gruppenunterschiede wird unter Verwendung des Programms BMDP2V die zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholungen bezüglich der Zeit mit der Zielgröße Temperaturdifferenz zum Ausgangswert der oberflächlichen Hauttemperatur nach Kühlung verwendet.

#### **Vergleich der Messbereiche Hüfte, Knie und Wirbelsäule im Verlauf der oberflächlichen Hauttemperatur nach 5-minütiger Kaltluftapplikation von Gruppe 1 und Gruppe 2**

Die statistische Analyse der Messbereiche Hüfte, Knie und Wirbelsäule in Bezug auf den Verlauf der oberflächlichen Hauttemperatur nach 5-minütiger Kaltluftapplikation erfolgt unter Verwendung des Programms BMDP2V. Es handelt sich um eine dreifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholungen bezüglich der Zeit.

### Schmerzbewertung an Tag 1

Die Verläufe der Summen zur Schmerzbeurteilung an Tag 1 der Gruppe 4 und Gruppe 5 werden mit Hilfe der zweifaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholungen bezüglich der Zeit unter Verwendung des Programms BMDP2V analysiert.

Es handelt sich hierbei um eine angenäherte Analyse (Trendanalyse), da der Score „Summe“ ganzzahlig ist und somit nicht normalverteilt sein kann.

### Schmerzbewertung an Tag 2 und 3

Die Verläufe der Summen zur Schmerzbeurteilung an Tag 2 und 3 der Gruppe 4 und Gruppe 5 werden mit Hilfe der dreifaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholungen bezüglich Tag und Zeitpunkt analysiert. Anwendung findet das Programm BMDP2V.

Es handelt sich hierbei um eine angenäherte Analyse (Trendanalyse), da der Score „Summe“ ganzzahlig ist und somit nicht normalverteilt sein kann.

### Atemfrequenz

Durch Ausschluss der Messzeitpunkte, zu denen ein Patient eine hechelnde Atmung zeigt, handelt es sich um eine teilweise unvollständige Datenangabe. Eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholungen bezüglich der Zeit findet somit keine Anwendung.

Die Datenanalyse erfolgt mit Hilfe des Wald-Testes auf Signifikanz mit Hilfe des Programms BMDP5V.

### Pulsfrequenz und Körpertemperatur

Die Auswertung der Pulsfrequenz und der Körpertemperatur erfolgt jeweils über eine dreifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholungen bezüglich Tag und Minute mit der Zielgröße Pulsfrequenz und Körpertemperatur unter Verwendung des Programms BMDP2V.

### Akzeptanz

Die Auswertung der Akzeptanz erfolgt als zweidimensionale Häufigkeitsauszählung der Variable Akzeptanz unter Verwendung des exakten Wilcoxon–Mann–Whitney–U–Testes mit dem Programm BMDP4F.

Wundbereich

Da eine Streuung der Werte nur in Gruppe 4 zu finden ist und Gruppe 5 keine Streuung der Messwerte aufweist, wird nur die Gruppe 4 mit Hilfe der zweifaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholungen bezüglich der Faktoren Tag und Zeitpunkt unter Verwendung des Programms BMDP2V in die Auswertung einbezogen.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 PATIENTENGUT

Die Untersuchungen erfolgen an insgesamt 76 Hunden unterschiedlicher Rassen (Tab. 7):

Gruppe	Patient	Alter (J)	Geschlecht	Gewicht (kg)	Rasse
1	1	1	m	5	Mischling
1	2	1	m	9,5	Pudel
1	3	6,5	m	17	Langhaardackel
1	4	1	m	26,5	Boxer
1	5	2	mk	29	Mischling
1	6	7	wk	32	Mischling
1	7	9	w	32	Deutscher Schäferhund
1	8	1	m	37,5	Mischling
1	9	5	w	48	Berner Sennenhund
1	10	2	mk	40	Mischling
1	11	8	m	37,5	Deutscher Schäferhund
1	12	1	mk	8,3	Westhighland White Terrier
1	13	1	m	6,1	Westhighland White Terrier
1	14	3	m	25	Englische Bulldogge
1	15	13	m	37	Wolfspitz
1	16	11	mk	11,5	Mischling
1	17	5	m	35	Deutscher Schäferhund
1	18	5	m	13	Mischling
1	19	5	mk	23	Mischling
1	20	5	wk	40	Rottweiler
1	21	5	w	33	Mischling
1	22	6,5	mk	26	Mischling
2	23	1	w	7,5	Foxterrier
2	24	2	w	10	Whippet
2	25	11	mk	16,5	Mischling
2	26	3	w	22	Mischling
2	27	3	w	29	Labrador
2	28	8	mk	31,5	Mischling
2	29	9	mk	38	Dobermann
2	30	6	m	38	Boxer
2	31	9	wk	40,5	Rottweiler
2	32	8	mk	49	Mischling
2	33	1	w	12,5	Mischling
2	34	6	m	25	Border Collie
2	35	7	m	36	Dobermann
2	36	10	w	12	Foxterrier
3	37	7	m	11	Dackel
3	38	7	wk	15	Mischling
3	39	3	m	9	Dackel
3	40	6,5	mk	26	Mischling
3	41	7	m	20	Mischling

Gruppe	Patient	Alter (J)	Geschlecht	Gewicht (kg)	Rasse
3	42	3	wk	22	Mischling
3	43	9	wk	9	Westhighland White Terrier
3	44	2	m	30	Malinois
3	45	3	w	4	Mischling
3	46	1,5	m	35	Langhaar-Collie
4	47	4,5	w	20	Mischling
4	48	11	mk	32	Mischling
4	49	10	mk	10	Westhighland White Terrier
4	50	6	wk	18,5	Mischling
4	51	1	w	6	Mischling
4	52	1	w	21	Boxer
4	53	8	mk	10,7	Pudel
4	54	6	w	26	Siegerländer Hütehund
4	55	1	mk	24	Mischling
4	56	1	m	35	Langhaar-Collie
4	57	6,5	mk	26	Mischling
4	58	1	w	20	Labrador Retriever
4	59	8	m	7	Havanaser
4	60	3	m	8	Jack Russell Terrier
4	61	10	m	10,9	Westhighland White Terrier
5	62	4	wk	10	Pudel
5	63	2	mk	16	Cavalier King Charles Spaniel
5	64	9	w	26,5	Mischling
5	65	2	w	23	Englische Bulldogge
5	66	7	m	3,7	Yorkshire Terrier
5	67	3	m	30	Englische Bulldogge
5	68	6	m	30	Englische Bulldogge
5	69	9	m	7	Havanaser
5	70	2	m	6,5	Yorkshire Terrier
5	71	10	wk	30	Pointer
5	72	1	mk	1,67	Yorkshire Terrier
5	73	3	wk	2	Yorkshire Terrier
5	74	2	mk	8,3	Mischling
5	75	10	wk	9	Westhighland White Terrier
5	76	5	m	25	Nova Scotia Duck Tolling Retriever

**Tabelle 7:** Patientendaten geordnet nach Gruppen ( $n = 76$ )

( $J =$  Jahre,  $kg =$  Kilogramm Körpermasse,  $m =$  männlich,  $mk =$  männlich-kastriert,  $w =$  weiblich,  $wk =$  weiblich-kastriert)

**Gruppe 1:** oberflächliche Hauttemperatur, operiert und kältebehandelt

**Gruppe 2:** oberflächliche Hauttemperatur, nicht operiert und kältebehandelt

**Gruppe 3:** oberflächliche Hauttemperatur, operiert und nicht kältebehandelt

**Gruppe 4:** Schmerzbewertung, operiert und kältebehandelt

**Gruppe 5:** Schmerzbewertung, operiert und nicht kältebehandelt

Die Altersverteilung der 76 Patienten präsentiert sich folgendermaßen:

In **Gruppe 1** erfolgen die Untersuchungen an 22 Patienten mit einem Alter von 1 bis 13 Jahren (Tab. 7). Das mittlere Alter beträgt 4,73 Jahre  $\pm$  3,45 Jahre.

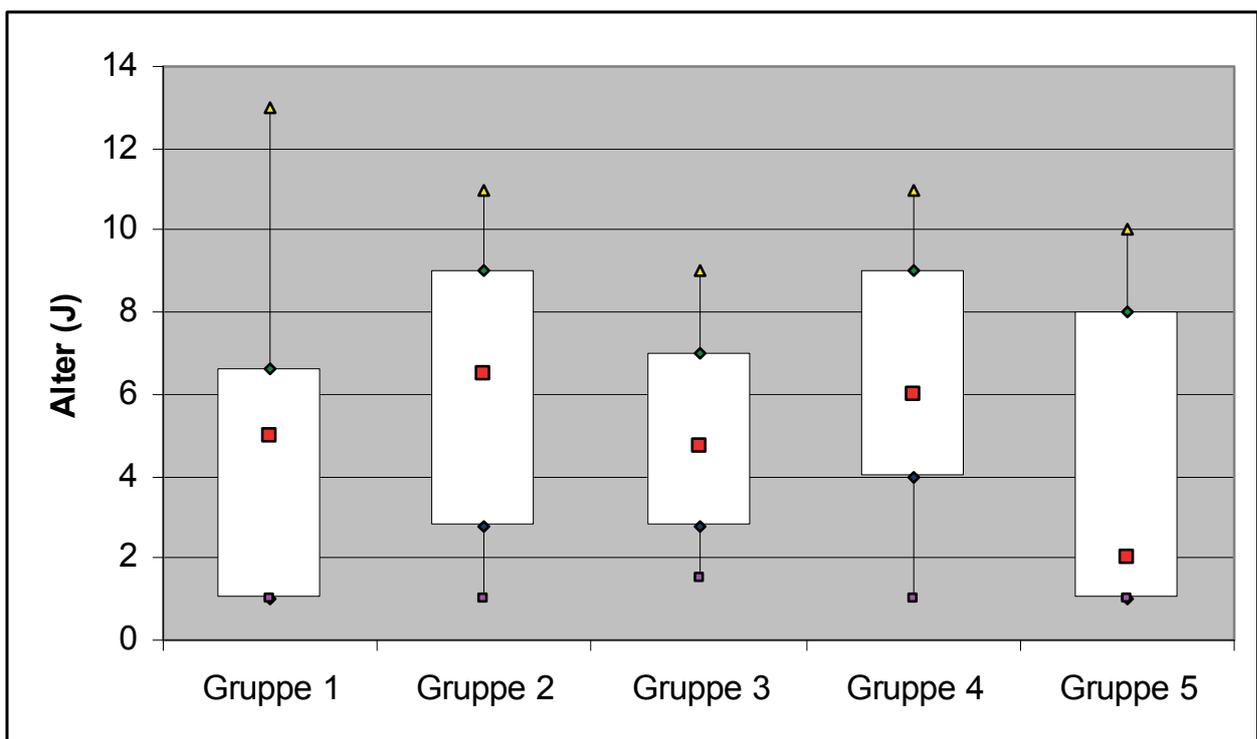
**Gruppe 2** besteht aus 14 Patienten mit einem Alter von 1 bis 11 Jahren (Tab. 7), deren mittleres Alter 6,0 Jahre  $\pm$  3,42 Jahre beträgt.

**Gruppe 3** beinhaltet 10 Patienten mit einem Alter von 1,5 bis 9 Jahren (Tab. 7), wobei das mittlere Alter 4,9 Jahre  $\pm$  2,65 Jahre beträgt.

**Gruppe 4** beinhaltet die Untersuchung von 15 Patienten mit einem Alter von 1 bis 11 Jahren (Tab. 7) und einem mittleren Alter von 6,37 Jahre  $\pm$  2,89 Jahre.

**Gruppe 5** schließlich setzt sich aus 15 Patienten mit einem Alter von 1 bis 10 Jahren (Tab. 7) und einem mittleren Alter von 3,83 Jahren  $\pm$  3,54 Jahren zusammen.

Eine grafische Darstellung der Altersverteilung der Gruppen 1 bis 5 zeigt die Abb. 7:



**Abbildung 7:** Box-and-Whisker-Plot der Altersverteilung der 5 Patientengruppen, Alter in Jahren

Die Gewichtsverteilung der 76 Patienten in den verschiedenen Gruppen zeigt sich wie folgt:

Die untersuchten Hunde der **Gruppe 1** weisen ein Körpergewicht von 5,0 kg KM bis 48,0 kg KM (Tab. 7) auf. Das mittlere Körpergewicht beträgt  $25,99 \text{ kg KM} \pm 12,66 \text{ kg KM}$ .

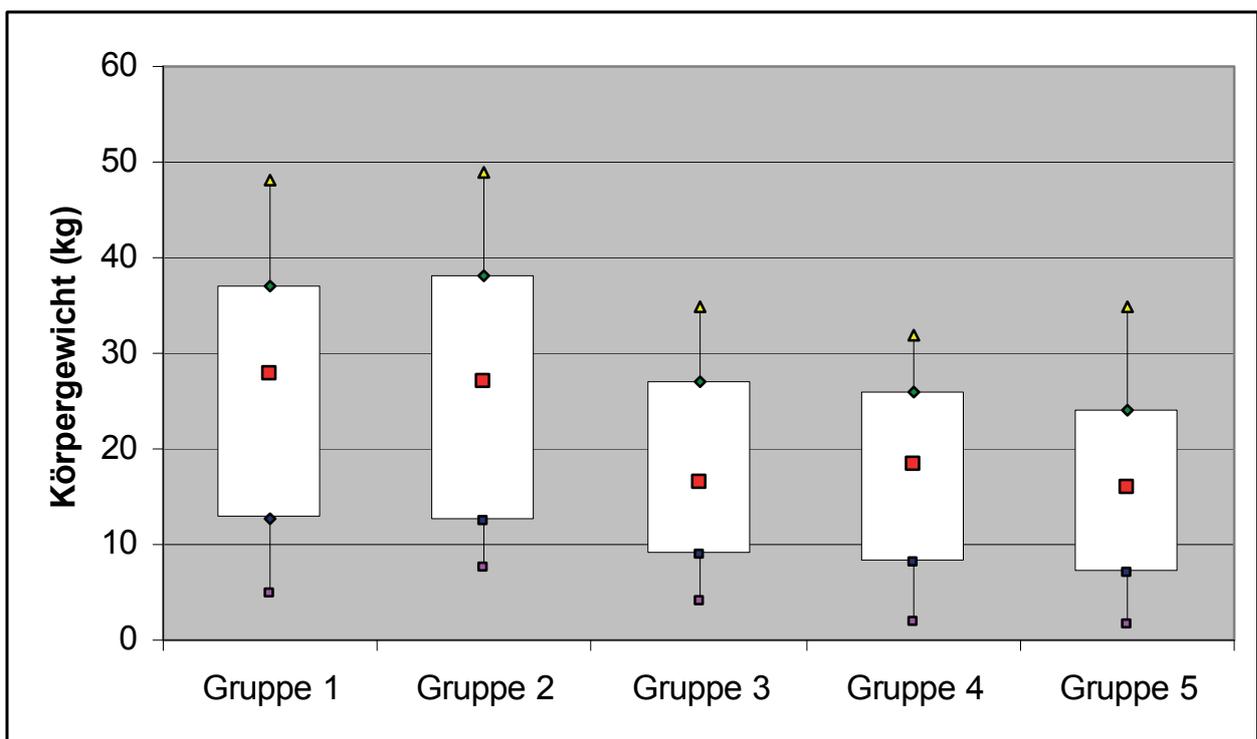
In **Gruppe 2** haben die untersuchten Hunde ein Körpergewicht von 7,5 kg KM bis 49,0 kg KM (Tab. 7), wobei das mittlere Körpergewicht  $26,25 \text{ kg KM} \pm 13,15 \text{ kg KM}$  beträgt.

Die untersuchten Hunde der **Gruppe 3** besitzen ein Körpergewicht von 4,0 kg KM bis 35,0 kg KM (Tab. 7). Das mittlere Körpergewicht beträgt  $17,7 \text{ kg KM} \pm 10,09 \text{ kg KM}$ .

Die Patienten der **Gruppe 4** haben ein Körpergewicht von 6 bis 35 kg KM (Tab. 7) mit einem mittleren Körpergewicht von  $17,11 \text{ kg KM} \pm 10,16 \text{ kg KM}$ .

Die Patienten der **Gruppe 5** weisen ein Körpergewicht von 1,67 bis 30 kg KM (Tab. 7) bei einem mittleren Körpergewicht von  $16,48 \text{ kg KM} \pm 10,38 \text{ kg KM}$  auf.

Eine Zusammenfassung der Gewichtsverteilung der 5 Gruppen zeigt die Grafik in Abb. 8:



**Abbildung 8:** Box-and-Whisker-Plot der Gewichtsverteilung der 5 Patientengruppen

Die Geschlechtsverteilung der 76 Patienten setzt sich aus insgesamt 29 männlichen, 18 männlich-kastrierten, 18 weiblichen und 11 weiblich-kastrierten Hunden zusammen.

Die Geschlechtsverteilung in der jeweiligen Gruppe zeigt Tab. 8:

<b>Gruppe</b>	<b>männlich</b>	<b>männlich-kastriert</b>	<b>weiblich</b>	<b>weiblich-kastriert</b>
<b>1</b> (n = 22)	11	6	3	2
<b>2</b> (n = 14)	3	4	6	1
<b>3</b> (n = 10)	5	1	1	3
<b>4</b> (n = 15)	6	3	3	3
<b>5</b> (n = 15)	4	4	5	2
<b>n-gesamt (76)</b>	29	18	18	11

**Tabelle 8:** *Geschlechtsverteilung der 76 Patienten geordnet nach Gruppen (n = Patientenzahl)*

## 4.2 VERLAUF DER OBERFLÄCHLICHEN HAUTTEMPERATUR

### 4.2.1 Gruppe 1

#### **Patienten**

Die Untersuchungen erfolgen an 22 Patienten mit einem Alter von 1 bis 13 Jahren (Tab. 7).

Das mittlere Alter beträgt 4,73 Jahre  $\pm$  3,45 Jahre. Die untersuchten Hunde weisen ein Körpergewicht von 5,0 kg KM bis 48,0 kg KM (Tab. 7) auf. Das mittlere Körpergewicht beträgt 25,99 kg KM  $\pm$  12,66 kg KM. 11 Hunde sind männlichen Geschlechts, 6 Hunde sind männlich-kastriert, 3 Hunde sind weiblich und 2 Hunde sind weiblich-kastriert (Tab. 7).

6 Hunde sind am Hüftgelenk, 8 Hunde an der Wirbelsäule und 8 Hunde am Knie operiert (Tab. 9):

<b>Operations- und Behandlungsbereich</b>	<b>Anzahl der Hunde (n)</b>
Hüfte	6
Wirbelsäule	8
Knie	8

**Tabelle 9:** Operations- und Behandlungsbereich der *Gruppe 1*

*Unterscheidung nach Hüfte, Wirbelsäule und Knie (n = Patientenzahl, n-gesamt = 22)*

#### **Oberflächliche Hauttemperatur**

Die durchschnittliche Ausgangstemperatur der Hautoberfläche beträgt 29,77 °C  $\pm$  2,3°C mit dem niedrigsten Wert (MIN) von 26,5°C und dem größten Wert (MAX) von 33,9°C.

Nach 5-minütiger Kaltluftbehandlung wird eine durchschnittliche tiefste Hautoberflächentemperatur von 21,52°C  $\pm$  2,82°C erreicht (MIN: 14,8°C, MAX: 27,6°C). Somit sinkt die oberflächliche Hauttemperatur im Durchschnitt um 8,24 °C  $\pm$  2,42°C ab.

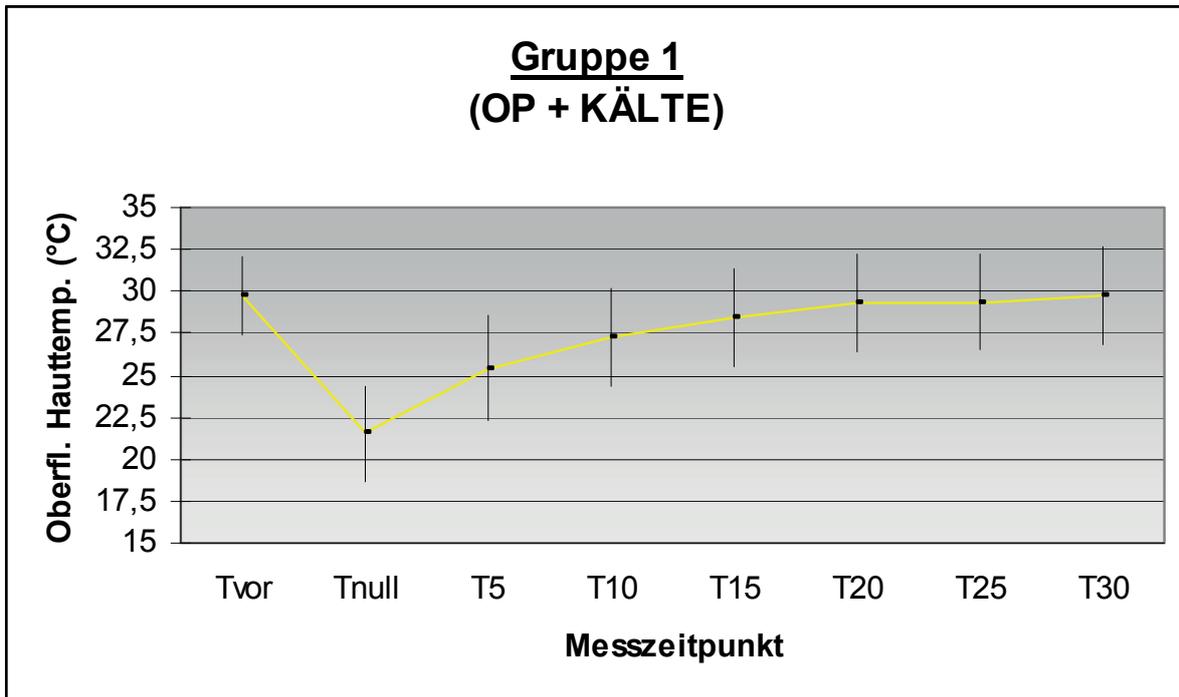
Nach 30 Minuten beträgt die oberflächliche Hauttemperatur im Durchschnitt 29,77 °C  $\pm$  2,89°C (MIN: 23,8°C, MAX: 36,1°C) und hat somit annähernd den Ausgangswert vor der Kältebehandlung wieder erreicht.

Eine Zusammenfassung der Messwerte ist in Tab. 10 und die grafische Darstellung des Temperaturverlaufes ist in Abb. 9 dargestellt:

<b>Zeitpunkt</b>	<b>arith. Mittelwert der oberfl. Hauttemp. (°C)</b>	<b>Standard- Abweichung (°C)</b>
T „vor“	29,77	2,30
T „null“	21,52	2,82
T 5 min	25,40	3,12
T 10 min	27,25	2,87
T 15 min	28,38	2,92
T 20 min	29,37	2,92
T 25 min	29,37	2,87
T 30 min	29,77	2,89

**Tabelle 10:** Bestimmung der oberflächlichen Hauttemperatur in **Gruppe 1**

Angegeben ist der arith. Mittelwert (= arithmetischer Mittelwert) mit Standardabweichung, Messpunkte alle 5 Minuten,  $n = 22$ , (min = Minuten,  $T$  = Temperatur, oberfl. Hauttemp. = oberflächliche Hauttemperatur, °C = Grad Celsius)



**Abbildung 9:** Grafische Darstellung des Verlaufs der oberflächlichen Hauttemperatur nach Kaltluftapplikation der **Gruppe 1**. Die Messzeitpunkte sind im 5 Minuten Abstand gesetzt. (oberfl. Hauttemp. = oberflächliche Hauttemperatur, °C = Grad Celsius, T = Temperatur, Tvor = Ausgangstemperatur, Tnull = oberfl. Hauttemp. sofort nach 5-minütiger Kaltluftapplikation, T5 bis T30 = oberfl. Hauttemp. 5 bis 30 Minuten nach Kaltluftapplikation)

## 4.2.2 Gruppe 2

### Patienten

Die Untersuchungen erfolgen an 14 Patienten mit einem Alter von 1 bis 11 Jahren (Tab. 7). Das mittlere Alter der Patienten beträgt 6,0 Jahre  $\pm$  3,42 Jahre. Die untersuchten Hunde weisen ein Körpergewicht von 7,5 kg KM bis 49,0 kg KM (Tab. 7) auf. Das mittlere Körpergewicht beträgt 26,25 kg KM  $\pm$  13,15 kg KM. 3 Hunde sind männlich, 4 Hunde sind männlich-kastriert, 6 Hunde sind weiblich und 1 Hund ist weiblich-kastriert (Tab. 7). 5 Hunde werden im Hüftgelenksbereich, 5 Hunde an der Wirbelsäule und 4 Hunde am Knie ohne vorherige Operation gekühlt und gemessen (Tab. 11):

<b>Behandlungsbereich</b>	<b>Anzahl der Hunde (n)</b>
Hüfte	5
Wirbelsäule	5
Knie	4

**Tabelle 11:** Verteilung des Behandlungsbereiches von Hüfte, Wirbelsäule und Knie in Gruppe 2 ( $n$  = Patientenzahl,  $n$ -gesamt = 14)

### Oberflächliche Hauttemperatur

Die durchschnittliche Ausgangstemperatur der Hautoberfläche beträgt 30,86°C  $\pm$  1,49°C (MIN: 27,8°C, MAX: 32,7°C).

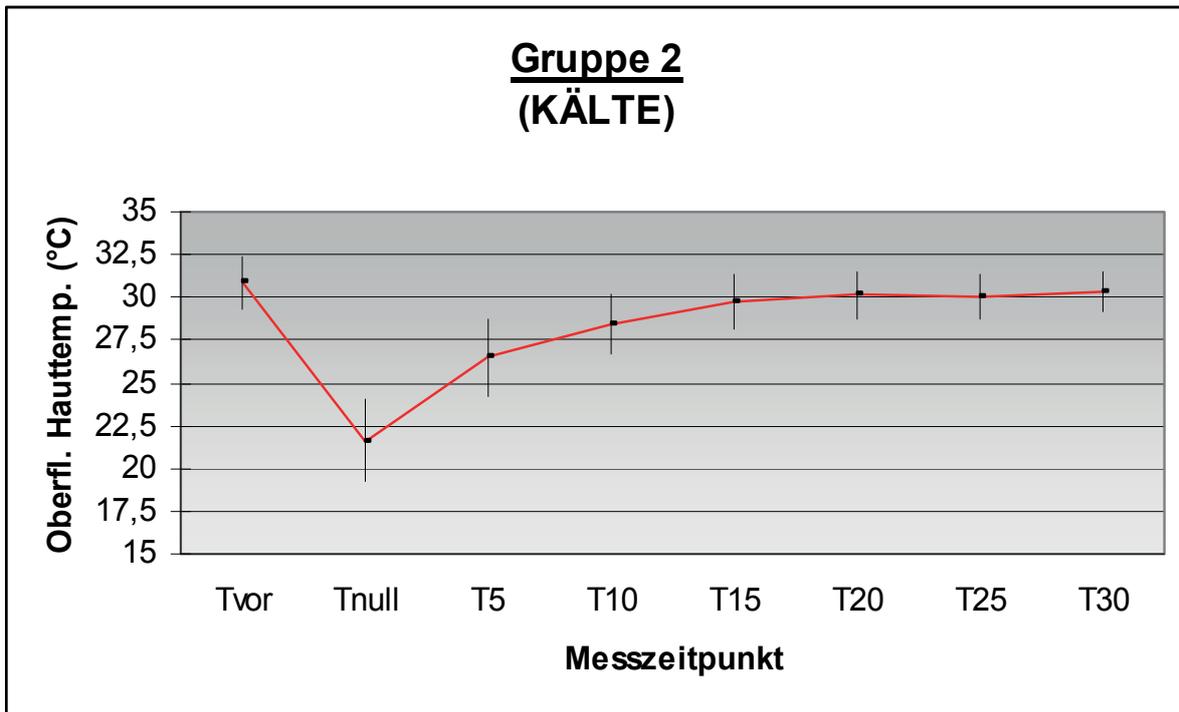
Nach 5-minütiger Kaltluftbehandlung wird eine durchschnittliche Hautoberflächentemperatur von 21,61°C  $\pm$  2,40°C (MIN: 17,2°C, MAX: 25,0°C) erreicht. Somit sinkt die oberflächliche Hauttemperatur im Durchschnitt um 9,26°C  $\pm$  2,64°C ab.

Nach 30 Minuten beträgt die oberflächliche Hauttemperatur im Durchschnitt 30,3°C  $\pm$  1,17°C (MIN: 28,7°C, MAX: 32,2°C) und hat somit annähernd wieder den Ausgangswert erreicht.

Eine Zusammenfassung der Messwerte ist in Tab. 12 und die grafische Darstellung des Temperaturverlaufes in Abb. 10 dargestellt:

<b>Zeitpunkt</b>	<b>arith. Mittelwert der oberfl. Hauttemp. (°C)</b>	<b>Standard- Abweichung (°C)</b>
T „vor“	30,86	1,49
T „null“	21,61	2,40
T 5 min	26,46	2,23
T 10 min	28,43	1,79
T 15 min	29,73	1,59
T 20 min	30,11	1,39
T 25 min	30,02	1,31
T 30 min	30,30	1,17

**Tab. 12:** Oberflächliche Hauttemperatur der **Gruppe 2**, angegeben ist zum jeweiligen Messzeitpunkt der arithmetische Mittelwert mit Standardabweichung, Messpunkte im 5-Minuten-Abstand,  $n = 14$ , (min = Minuten, T = Temperatur, arith. Mittelwert = arithmetischer Mittelwert, oberfl. Hauttemp. = oberflächliche Hauttemperatur, °C = Grad Celsius)



**Abbildung 10:** Grafische Darstellung des Verlaufs der oberflächlichen Hauttemperatur nach Kaltluftapplikation der **Gruppe 2**. Die Messzeitpunkte sind im 5 Minuten Abstand gesetzt. (oberfl. Hauttemp. = oberflächliche Hauttemperatur, °C = Grad Celsius, T = Temperatur, Tvor = Ausgangstemperatur, Tnull = oberfl. Hauttemp. sofort nach 5-minütiger Kaltluftapplikation, T5 bis T30 = oberfl. Hauttemp. 5 bis 30 Minuten nach Kaltluftapplikation)

### 4.2.3 Gruppe 3

#### **Patienten**

Die Untersuchungen erfolgen an 10 Patienten mit einem Alter von 1,5 bis 9 Jahren (Tab. 7). Das mittlere Alter beträgt 4,9 Jahre  $\pm$  2,65 Jahre. Die untersuchten Hunde weisen ein Körpergewicht von 4,0 kg KM bis 35,0 kg KM (Tab. 7) auf. Das mittlere Körpergewicht beträgt 17,7 kg KM  $\pm$  10,09 kg KM. 5 Hunde sind männlich, 1 Hund ist männlich-kastriert, 1 Hund ist weiblich und 3 Hunde sind weiblich-kastriert (Tab. 7). 2 Hunde sind am Hüftgelenk, 6 Hunde an der Wirbelsäule und 2 Hunde am Knie operiert (Tab. 13):

<b>Operationsbereich</b>	<b>Anzahl der Hunde (n)</b>
Hüfte	2
Wirbelsäule	6
Knie	2

**Tabelle 13:** Operations- und Behandlungsbereich der **Gruppe 3**

Unterscheidung nach Hüfte, Wirbelsäule und Knie (n = Patientenzahl, n-gesamt = 10)

#### **Oberflächliche Hauttemperatur**

Die durchschnittliche Ausgangstemperatur der Hautoberfläche beträgt 29,31°C  $\pm$  1,61°C (MIN: 26,9°C, MAX: 31,8°C). Die durchschnittliche Endtemperatur der Hautoberfläche beträgt nach 30 min 29,53°C  $\pm$  1,63°C (MIN: 27,2°C, MAX: 31,7°C).

Somit findet ein geringfügiger Temperaturanstieg während der Untersuchung von 0,19°C  $\pm$  0,32°C statt.

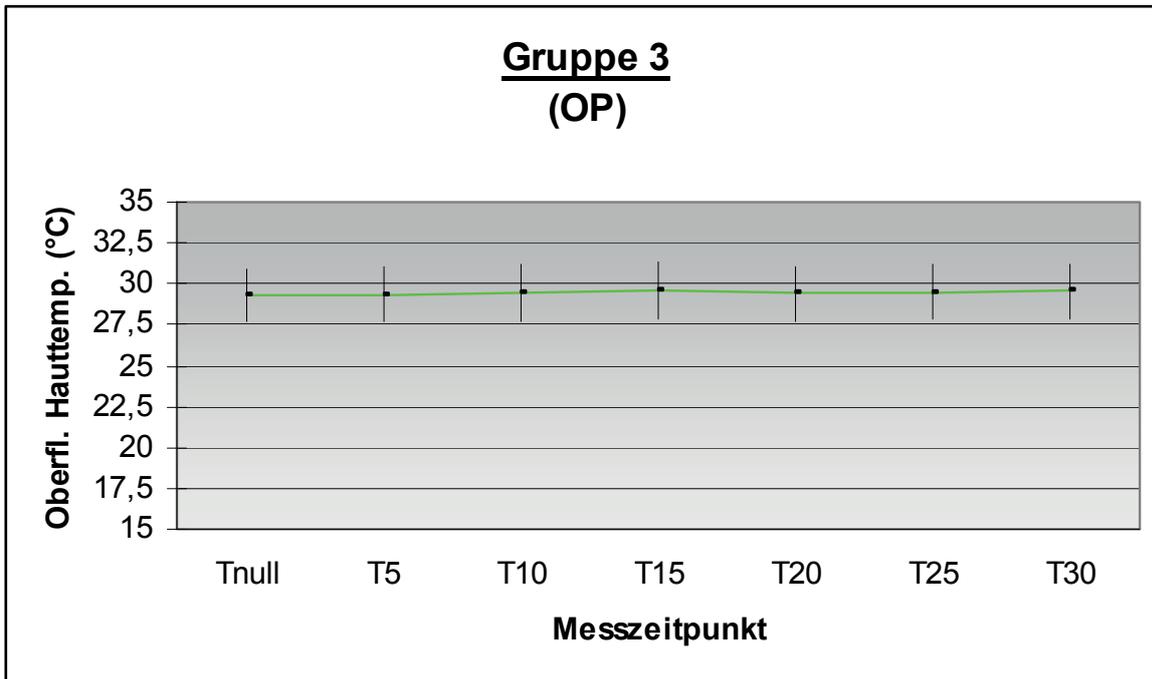
Die oberflächliche Hauttemperatur des jeweiligen Patienten zu jedem Messzeitpunkt zeigt Tab.14. Der arithmetische Mittelwert des jeweiligen Messzeitpunktes mit Standardabweichung ist in Tab. 15 dargestellt und in Abb. 11 graphisch dargestellt:

Patient	T“null“	T5	T10	T15	T20	T25	T30
1	30,5	30,8	31,1	31,7	30,9	31,4	31,3
2	29,8	30	29,9	30,2	30,2	30,2	30,2
3	31,8	31,5	31,7	31,6	31,5	31,6	31,7
4	29,2	29,4	29,6	29,6	29,5	29,6	29,7
5	27,2	27,2	27,3	27,4	27,4	27,6	27,6
6	26,9	26,9	27,1	27	27	27,1	27,2
7	29	29,1	29,1	29	28,8	28,8	28,9
8	27,8	27,4	27,5	27,6	27,3	27,5	27,6
9	30,8	31,2	31,4	31,6	31,2	31,1	30,9
10	30,1	30	30,1	30,1	30,2	30,1	30,2

**Tabelle 14:** Oberflächliche Hauttemperatur (T) in °C der **Gruppe 3** zum jeweiligen Messzeitpunkt (null bis 30 Minuten)

Zeitpunkt	arith. Mittelwert der oberfl. Hauttemp. (°C)	Standard-Abweichung (°C)
T “null“	29,31	1,61
T 5 min	29,35	1,68
T 10 min	29,48	1,71
T 15 min	29,58	1,79
T 20 min	29,40	1,69
T 25 min	29,50	1,68
T 30 min	29,53	1,63

**Tabelle 15:** Oberflächliche Hauttemperatur der **Gruppe 3**, angegeben ist zum jeweiligen Messzeitpunkt der arithmetische Mittelwert mit Standardabweichung, Messpunkte im 5 Minuten Abstand, n = 14, (min = Minuten, T = Temperatur, arith. Mittelwert = arithmetischer Mittelwert, oberfl. Hauttemp. = oberflächliche Hauttemperatur, °C = Grad Celsius)



**Abbildung 11:** Grafische Darstellung des Verlaufs der oberflächlichen Hauttemperatur ohne Kaltluftapplikation der **Gruppe 3**. Die Messzeitpunkte sind im 5 Minuten Abstand gesetzt. (oberfl. Hauttemp. = oberflächliche Hauttemperatur, °C = Grad Celsius, T = Temperatur, Tvor = Ausgangstemperatur, Tnull = oberfl. Hauttemp. sofort nach 5-minütiger Kaltluftapplikation, T5 bis T30 = oberfl. Hauttemp. 5 bis 30 Minuten nach Kaltluftapplikation)

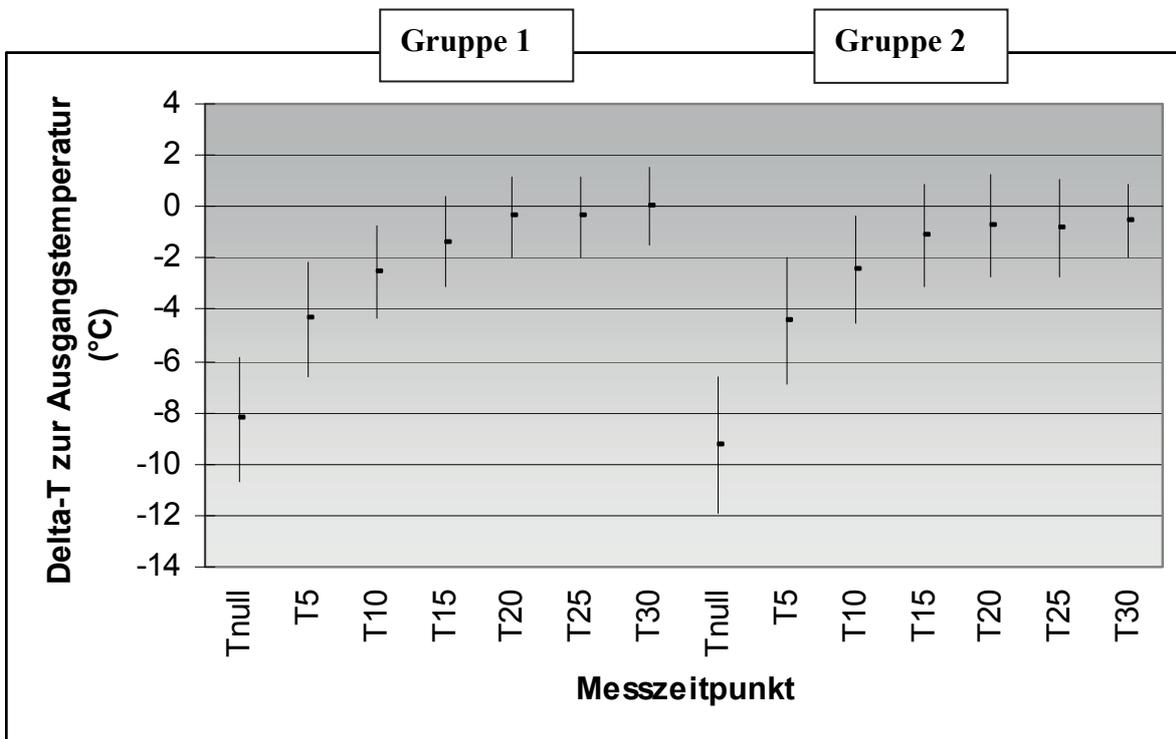
#### 4.2.4 Vergleich der Temperaturdifferenzen zur Ausgangstemperatur der oberflächlichen Hauttemperatur nach 5 Minuten Kaltluftapplikation von Gruppe 1 und Gruppe 2

Vergleicht man die Temperaturdifferenzen der oberflächlichen Hauttemperatur zur Ausgangstemperatur nach 5 Minuten Kaltluftapplikation von **Gruppe 1** und **Gruppe 2** im zeitlichen Verlauf (Tab. 16, Abb. 12), so besteht kein signifikanter Unterschied im Gruppeneffekt ( $p = 0,62$ ) und in der Wechselwirkung Gruppe x Zeit ( $p = 0,12$ ).

Lediglich der Haupteffekt Zeit ist mit  $p < 0,0001$  hoch signifikant, d.h. der Messzeitpunkt ist ausschlaggebend, nicht die Gruppenzugehörigkeit.

Messzeitpunkt	<b>Gruppe 1</b> Temperaturdifferenz zum Ausgangswert (°C) mit Standardabweichung	<b>Gruppe 2</b> Temperaturdifferenz zum Ausgangswert (°C) mit Standardabweichung
T“null“	-8,25 ± 2,42	-9,26 ± 2,64
T5	-4,36 ± 2,24	- 4,40 ± 2,47
T10	-2,52 ± 1,81	-2,44 ± 2,07
T15	-1,39 ± 1,75	-1,14 ± 1,99
T20	-0,40 ± 1,59	-0,75 ± 1,96
T25	-0,40 ± 1,57	-0,84 ± 1,87
T30	0 ± 1,52	-0,56 ± 1,44

**Tabelle 16:** Temperaturdifferenzen von **Gruppe 1** und **Gruppe 2** nach 5 Minuten Kaltluftapplikation im Vergleich zur Ausgangstemperatur, ( $T$  = Temperatur, °C = Grad Celsius)



**Abbildung 12:** Verlauf der Temperaturdifferenzen nach 5 Minuten Kaltluftapplikation von **Gruppe 1** und **Gruppe 2** im Vergleich zur Ausgangstemperatur, angegeben ist der arithmetische Mittelwert mit Standardabweichung ( $T$  = Temperatur, °C = Grad Celsius)

Die Temperaturverlaufskurven von **Gruppe 1** und **Gruppe 2** sind nahezu deckungsgleich.

Es besteht kein Unterschied darin, ob der Behandlungsbereich geschoren ist und einen Wundbereich enthält oder ob der Behandlungsbereich von Fell bedeckt ist und keinen Wundbereich aufweist.

#### 4.2.5 Vergleich der Messbereiche Hüfte, Knie und Wirbelsäule von Gruppe 1 und Gruppe 2 bezogen auf den Verlauf der Temperaturdifferenzen zur Ausgangstemperatur der oberflächlichen Hauttemperatur

Vergleicht man die Messbereiche in Bezug auf die Temperaturdifferenzen der oberflächlichen Hauttemperatur zur Ausgangstemperatur nach 5 Minuten Kaltluftapplikation von **Gruppe 1** und **Gruppe 2** im zeitlichen Verlauf (Tab. 17), so besteht kein signifikanter Unterschied in Bezug auf den Messbereich ( $p = 0,97$ ), den Gruppeneffekt ( $p = 0,19$ ) und in der Wechselwirkung Gruppe x Messbereich ( $p = 2,93$ ). Auch die Wechselwirkungen zwischen Zeit x Gruppe ( $p = 0,11$ ), Zeit x Messbereich ( $p = 0,15$ ) und Zeit x Gruppe x Messbereich ( $p = 0,25$ ) sind nicht signifikant. Lediglich der Haupteffekt Zeit ist mit  $p < 0,0001$  hoch signifikant. Somit ist der Messzeitpunkt nach Kaltluftapplikation ausschlaggebend, nicht die Lokalisation, an der der Messwert erhoben wird.

Die Lokalisation des Messbereichs hat somit keinen Einfluss auf den Verlauf der oberflächlichen Hauttemperatur.

$\Delta$ -T zum Mess- zeitpunkt (in Min.)	Hüfte Gruppe 1 (gekühlt, n = 6)	Hüfte Gruppe 2 (n. gekühlt, n = 5)	Knie Gruppe 1 (gekühlt, n = 8)	Knie Gruppe 2 (n. gekühlt, n = 4)	WS Gruppe 1 (gekühlt, n = 8)	WS Gruppe 2 (n. gekühlt, n = 5)
0	-8,87 ± 2,63	-8,52 ± 3,43	-8,19 ± 2,11	-8,5 ± 0,88	-7,84 ± 2,76	-10,6 ± 2,61
5	-5,55 ± 2,71	-3,34 ± 3,51	-3,39 ± 1,99	-3,7 ± 0,53	-4,45 ± 1,87	-6,02 ± 1,43
10	-3,05 ± 2,19	-1,02 ± 2,64	-2,14 ± 1,29	-2,25 ± 0,7	-2,51 ± 2,07	-4,0 ± 1,02
15	-2,37 ± 1,76	0,6 ± 2,44	-0,84 ± 1,38	-1,65 ± 0,91	-1,2 ± 1,97	-2,46 ± 0,97
20	-0,73 ± 1,56	0,94 ± 2,74	-0,11 ± 1,64	-1,78 ± 0,94	-0,44 ± 1,73	-1,62 ± 1,01
25	-1,01 ± 1,33	0,58 ± 2,59	0,01 ± 1,46	-1,4 ± 0,73	-0,34 ± 1,88	-1,82 ± 0,50
30	-0,27 ± 1,53	0,46 ± 1,99	0,2 ± 1,46	-0,75 ± 0,37	0,0 ± 1,74	-1,44 ± 0,57

**Tabelle 17:** Aufgliederung des Verlaufs der Temperaturdifferenzen mit Standardabweichung zur Ausgangstemperatur der oberflächlichen Hauttemperatur nach den Messbereichen Hüfte, Knie und Wirbelsäule (WS) von **Gruppe 1** und **Gruppe 2**  
( $\Delta$ -T = Temperaturdifferenz zur Ausgangstemperatur, Min = Minuten, n = Patientenzahl, n. gekühlt = nicht gekühlt)

## 4.3 SCHMERZBEWERTUNG

### 4.3.1 Subjektiver Schmerzfragebogen und Auswertung

Die anhand des subjektiven Schmerzfragebogens erhobenen Zahlenwerte werden durch Summenbildung zusammengefasst. Verglichen werden jeweils die Summen der kältebehandelten **Gruppe 4** mit der nicht kältebehandelten **Gruppe 5** an Tag 1, dem Operationstag, sowie die Summen an Tag 2 und 3.

Tag 1 wird wegen des unterschiedlichen Sedationsgrades, in dem sich die Patienten befinden, und dem noch anhaltenden analgetischen Effekt einer möglichen Epiduralanästhesie mit Morphin, getrennt von Tag 2 und 3 betrachtet. An Tag 2 und 3 befinden sich die Patienten ausschließlich im Sedationsgrad 0 und ein analgetischer Effekt durch die Epiduralanästhesie besteht nicht mehr.

#### Schmerzbewertung an Tag 1

Tab. 18 zeigt aufgelistet die Messergebnisse, nach Gruppen und Zeitpunkt des erhobenen Messergebnisses sortiert. Angegeben ist der arithmetische Mittelwert der Summen aus dem subjektiven Schmerzfragebogen der jeweiligen Gruppe (n=15) mit seiner Standardabweichung.

Tag	Messzeitpunkt (M)	Gruppe 4	Gruppe 5
1	null	3,47 ± 2,95	2,60 ± 1,92
1	30	2,27 ± 1,91	2,60 ± 1,92
1	60	2,20 ± 2,18	2,87 ± 1,81
1	90	2,67 ± 2,29	3,13 ± 2,23
1	120	2,87 ± 2,39	2,80 ± 2,11
1	150	2,80 ± 2,27	2,67 ± 1,44
1	180	2,80 ± 2,14	2,67 ± 1,44

**Tabelle 18:** arithmetischer Mittelwert der Summen aus dem subjektiven Schmerzfragebogen (TACKE 2003), aufgelistet nach Gruppe und Messzeitpunkt (M) an **Tag 1**  
Gruppe 4 ist kältebehandelt, Gruppe 5 ist nicht kältebehandelt, n-gesamt = 30

Vergleicht man nun die Verläufe der arithmetischen Mittelwerte der Summen aus dem subjektiven Schmerzfragebogen von **Gruppe 4** und **Gruppe 5** im zeitlichen Verlauf (Tab. 18), so zeigt die Datenauswertung keinen signifikanten Unterschied im Gruppeneffekt ( $p = 0,91$ ) und im Zeiteffekt ( $p = 0,104$ ).

Statistisch signifikant ist aber die Wechselwirkung Gruppe x Zeit ( $p = 0,011$ ).

Dies bedeutet, dass ein Unterschied darin besteht, ob die Gruppe kältebehandelt wurde oder nicht.

**Gruppe 4** zeigt nach einer Kältebehandlung ein Absinken des Summenwertes aus dem subjektiven Schmerzfragebogen von M“null“  $3,47 \pm 2,95$  auf M60  $2,2 \pm 2,18$ . Somit ist 60 Minuten nach der Kühlung der niedrigste Summenwert erreicht. Daraufhin steigt der Summenwert wieder an und erreicht auch nach 180 Minuten (M180) mit  $2,8 \pm 2,14$  nicht wieder den Ausgangswert von M“null“  $3,47 \pm 2,95$ .

**Gruppe 5** dagegen zeigt im zeitlichen Verlauf ein Ansteigen des Summenwertes von M“null“  $2,6 \pm 1,92$  auf ein Maximum bei M90 von  $3,13 \pm 2,23$ , um dann bei M180 mit  $2,67 \pm 1,44$  nahezu den Ausgangswert wieder zu erreichen.

### Schmerzbewertung an Tag 2 und 3

Tab. 19 zeigt aufgelistet die Messergebnisse, nach Gruppen und Zeitpunkt des erhobenen Messergebnisses sortiert. Angegeben ist der arithmetische Mittelwert der Summen aus dem subjektiven Schmerzfragebogen der jeweiligen Gruppe (n=15) mit seiner Standardabweichung.

Tag	Messzeitpunkt (M)	Gruppe 4	Gruppe 5
2	null	2,27 ± 1,83	2,67 ± 1,84
2	30	1,0 ± 1,31	2,93 ± 2,15
2	60	0,67 ± 0,82	2,53 ± 1,96
2	90	0,60 ± 0,74	2,27 ± 1,79
2	120	0,67 ± 0,72	2,27 ± 1,83
2	150	0,87 ± 0,92	2,13 ± 1,96
2	180	0,87 ± 0,92	2,13 ± 1,96
3	null	1,47 ± 1,85	0,53 ± 0,83
3	30	0,47 ± 1,06	0,47 ± 0,83
3	60	0,33 ± 0,62	0,47 ± 0,74
3	90	0,20 ± 0,41	0,47 ± 0,74
3	120	0,13 ± 0,35	0,40 ± 0,74
3	150	0,33 ± 0,82	0,47 ± 0,74
3	180	0,33 ± 0,82	0,40 ± 0,74

**Tabelle 19:** arithmetischer Mittelwert mit Standardabweichung der Summen aus dem subjektiven Schmerzfragebogen (TACKE 2003), aufgelistet nach Gruppe und Messzeitpunkt (M) an Tag 2 und 3. Die Messzeitpunkte liegen alle 30 Minuten. (null = Schmerzbewertung des Ausgangszustands, 30 – 180 = Messzeitpunkte im Abstand von 30 Minuten, beginnend 30 Minuten nach einer möglichen Kaltluftbehandlung, **Gruppe 4** ist kaltluftbehandelt, **Gruppe 5** ist nicht kaltluftbehandelt)

**Gruppe 4** zeigt an **Tag 2** nach einer Kältebehandlung ein Absinken des Summenwertes aus dem subjektiven Schmerzfragebogen von M“null“ 2,27 ± 1,83 auf M90 0,60 ± 0,74. Somit ist 90 Minuten nach der Kühlung der niedrigste Summenwert erreicht. Daraufhin steigt der Summenwert geringfügig an und erreicht nach 180 Minuten (M180) mit 0,87 ± 0,92 einen im Vergleich zum Ausgangswert von M“null“ 2,27 ± 1,83 deutlich tiefer liegenden Summenwert.

An **Tag 3** sinkt der Summenwert aus dem subjektiven Schmerzfragebogen von M“null“  $1,47 \pm 1,85$  auf M120  $0,13 \pm 0,35$ . Somit ist 120 Minuten nach der Kühlung der niedrigste Summenwert erreicht. Daraufhin steigt der Summenwert geringfügig an und liegt nach 180 Minuten (M180) mit  $0,33 \pm 0,82$  im Vergleich zum Ausgangswert von M“null“  $1,47 \pm 1,85$  deutlich tiefer.

**Gruppe 5** zeigt an **Tag 2** im zeitlichen Verlauf ein Ansteigen des Summenwertes von M“null“  $2,67 \pm 1,84$  auf ein Maximum bei M30 von  $2,93 \pm 2,15$ , um dann bis M180 mit  $2,13 \pm 1,96$  unter den Ausgangswert abzusinken.

An **Tag 3** startet die **Gruppe 5** mit einem Ausgangswert von M“null“  $0,53 \pm 0,83$ , um dann konstant auf M180  $0,40 \pm 0,74$  abzusinken.

Vergleicht man **Gruppe 4** und **Gruppe 5** im zeitlichen Verlauf an Tag 2 und 3 (Tab. 19), so zeigt die Auswertung der vorliegenden Daten einen signifikanten Unterschied im globalen, über Tag und Minute gemittelten Gruppenunterschied ( $p = 0,04$ ).

Statistisch hoch signifikant sind des Weiteren der globale Tageseffekt ( $p < 0,0001$ ) und die Wechselwirkung Tag x Gruppe ( $p = 0,0097$ ). An Tag 2 ist der Gruppenunterschied größer als an Tag 3. Ebenfalls statistisch hoch signifikant sind der globale Minuteneffekt ( $p < 0,0001$ ) und die Wechselwirkung Minuten x Gruppe ( $p < 0,0001$ ). Statistisch nicht signifikant präsentieren sich die Wechselwirkung Tag x Zeitpunkt ( $p = 0,234$ ) und die Wechselwirkung Tag x Zeitpunkt x Gruppe ( $p = 0,431$ ).

Bei beiden Gruppen liegt der Summenwert aus dem subjektiven Schmerzfragebogen an beiden Tagen bei M180 unterhalb des Ausgangswertes M“null“. Allerdings ist das Ausmaß im Absinken der Summenwerte signifikant stärker ausgeprägt bei **Gruppe 4** (globaler, über Tag und Minute gemittelter Gruppenunterschied von  $p = 0,04$ ), so dass ein schmerzlindernder Effekt der Kaltluftbehandlung nachgewiesen werden kann.

### 4.3.2 Auswertung von Atemfrequenz, Pulsfrequenz und Körpertemperatur

#### Atemfrequenz

Tab. 20 zeigt aufgelistet die Messergebnisse nach Tag, Zeitpunkt und Gruppe des erhobenen Messergebnisses sortiert. Angegeben ist die mittlere Atemfrequenz von **Gruppe 4** (n=15) und **Gruppe 5** (n=15) mit der Standardabweichung.

Zu beachten ist, dass Patienten, die eine hechelnde Atmung zum Messzeitpunkt zeigen, zu diesem Messzeitpunkt nicht mit in die Datenanalyse einbezogen werden. In Tab. 20 ist die Anzahl der einbezogenen Patienten in Klammern hinter dem erhobenen Messwert vermerkt.

Tag	Messzeitpunkt (M)	Gruppe 4	Gruppe 5
1	null	33,23 ± 15,61 (n = 13)	29,67 ± 10,71 (n = 12)
1	30	27,93 ± 11,80 (n = 14)	30,29 ± 8,84 (n = 14)
1	60	27,69 ± 8,71 (n = 13)	32,29 ± 8,80 (n = 14)
1	90	28,86 ± 7,71 (n = 14)	34,13 ± 7,98 (n = 15)
1	120	30,77 ± 7,37 (n = 13)	33,92 ± 7,12 (n = 13)
1	150	31,67 ± 7,33 (n = 12)	35,71 ± 7,44 (n = 14)
1	180	31,0 ± 8,20 (n = 12)	35,14 ± 7,22 (n = 14)
2	null	38,67 ± 16,85 (n = 9)	36,0 ± 11,49 (n = 9)
2	30	28,43 ± 9,87 (n = 14)	31,60 ± 7,88 (n = 10)
2	60	28,93 ± 6,96 (n = 13)	35,60 ± 11,84 (n = 10)
2	90	30,55 ± 5,73 (n = 11)	33,33 ± 6,23 (n = 12)
2	120	27,64 ± 5,50 (n = 11)	32,0 ± 4,61 (n = 13)
2	150	29,78 ± 5,33 (n = 9)	31,69 ± 6,63 (n = 13)
2	180	29,78 ± 3,53 (n = 9)	31,11 ± 7,42 (n = 9)
3	null	34,0 ± 17,31 (n = 10)	33,5 ± 10,76 (n = 12)
3	30	27,71 ± 6,56 (n = 14)	32,33 ± 10,98 (n = 12)
3	60	29,08 ± 6,56 (n = 13)	30,18 ± 10,79 (n = 11)
3	90	30,29 ± 10,25 (n = 14)	32,0 ± 13,47 (n = 7)
3	120	29,64 ± 6,74 (n = 11)	33,0 ± 8,38 (n = 12)
3	150	29,33 ± 6,93 (n = 9)	31,69 ± 7,39 (n = 13)
3	180	29,60 ± 5,40 (n = 10)	31,20 ± 9,0 (n = 10)

**Tabelle 20:** Atemfrequenz (arithmetischer Mittelwert mit Standardabweichung) der **Gruppe 4** und **Gruppe 5** an Tag 1, Tag 2 und Tag 3 der Schmerzbewertung, die Messzeitpunkte liegen alle 30 Minuten, n = Anzahl der einbezogenen Patienten ohne hechelnde Atmung, n-gesamt = 30, **Gruppe 4** ist kältebehandelt, **Gruppe 5** ist nicht kältebehandelt

Der Minuteneinfluss ist schwach signifikant ( $p = 0,025$ ).

Das Merkmal Gruppe ( $p = 0,64$ ) und das Merkmal Tag ( $p = 0,52$ ) sind nicht signifikant.

Es ist kein signifikanter Effekt der Kältebehandlung auf die Atemfrequenz erkennbar.

### Pulsfrequenz

Tab. 21 zeigt aufgelistet die Messergebnisse nach Tag, Zeitpunkt und Gruppe des erhobenen Messergebnisses sortiert. Angegeben ist die mittlere Pulsfrequenz von **Gruppe 4** ( $n = 15$ ) und **Gruppe 5** ( $n = 15$ ) mit der jeweiligen Standardabweichung.

Tag	Messzeitpunkt (M)	Gruppe 1 (Kälte)	Gruppe 2 (Ø Kälte)
1	null	87,73 ± 18,37	88,20 ± 18,73
1	30	81,87 ± 16,36	89,47 ± 17,67
1	60	83,73 ± 13,39	90,53 ± 13,45
1	90	86,40 ± 14,41	92,40 ± 14,93
1	120	88,80 ± 14,52	96,13 ± 11,27
1	150	96,13 ± 30,49	96,13 ± 11,33
1	180	90,53 ± 10,86	96,80 ± 11,10
2	null	101,67 ± 17,59	105,07 ± 18,65
2	30	88,33 ± 9,94	102,27 ± 12,65
2	60	90,27 ± 13,41	98,67 ± 10,99
2	90	91,47 ± 13,85	98,53 ± 11,02
2	120	93,47 ± 14,78	97,47 ± 11,72
2	150	96,27 ± 14,20	96,40 ± 10,48
2	180	95,60 ± 11,59	96,27 ± 11,34
3	null	96,53 ± 12,66	97,0 ± 12,51
3	30	86,53 ± 8,70	96,93 ± 10,90
3	60	85,87 ± 9,43	93,33 ± 11,68
3	90	89,07 ± 9,38	92,67 ± 10,79
3	120	92,27 ± 11,36	91,87 ± 10,65
3	150	92,93 ± 11,83	93,60 ± 11,67
3	180	90,80 ± 10,79	95,20 ± 11,05

**Tabelle 21:** Pulsfrequenz (arithmetischer Mittelwert mit Standardabweichung) der **Gruppe 4** und **Gruppe 5** an Tag 1, Tag 2 und Tag 3 der Schmerzbewertung, die Messzeitpunkte liegen alle 30 Minuten  $n$ -gesamt = 30

**Gruppe 4** ist kältebehandelt, **Gruppe 5** ist nicht kältebehandelt

---

Die Datenauswertung zeigt einen nicht signifikanten Unterschied im globalen, über Tag und Minute gemittelten Gruppenunterschied ( $p = 0,12$ ). Des Weiteren sind statistisch nicht signifikant der globale Tageseffekt ( $p = 0,08$ ) und die Wechselwirkung Tag x Gruppe ( $p = 0,96$ ). Statistisch hoch signifikant zeigt sich der globale Minuteneffekt ( $p < 0,0001$ ), die Wechselwirkung Tag x Minute ( $p < 0,0001$ ) und die Wechselwirkung Minuten x Gruppe ( $p < 0,0001$ ). Statistisch nicht signifikant präsentiert sich die Wechselwirkung Tag x Zeitpunkt x Gruppe ( $p = 0,58$ ). Die Pulsfrequenz variiert somit von Messzeitpunkt zu Messzeitpunkt. Ein Einfluss der Kaltluftapplikation auf die Pulsfrequenz ist nicht nachweisbar.

**Körpertemperatur**

Tab. 22 zeigt aufgelistet die Messergebnisse nach Tag, Zeitpunkt und Gruppe des erhobenen Messergebnisses sortiert. Angegeben ist der arithmetische Mittelwert der Körpertemperatur von **Gruppe 4** (n = 15) und **Gruppe 5** (n = 15) mit der jeweiligen Standardabweichung.

Tag	Messzeitpunkt (M)	Gruppe 4	Gruppe 5
1	null	36,33 ± 1,25	36,26 ± 1,20
1	30	36,39 ± 1,26	36,38 ± 1,15
1	60	36,45 ± 1,22	36,43 ± 1,14
1	90	36,57 ± 1,18	36,55 ± 1,08
1	120	36,67 ± 1,14	36,65 ± 1,08
1	150	36,75 ± 1,10	36,89 ± 1,01
1	180	36,86 ± 1,05	37,01 ± 0,97
2	null	38,47 ± 0,66	38,75 ± 0,52
2	30	38,43 ± 0,56	38,75 ± 0,47
2	60	38,38 ± 0,60	38,74 ± 0,43
2	90	38,4 ± 0,54	38,61 ± 0,44
2	120	38,35 ± 0,50	38,55 ± 0,37
2	150	38,39 ± 0,45	38,53 ± 0,35
2	180	38,4 ± 0,42	38,52 ± 0,38
3	null	38,73 ± 0,51	38,67 ± 0,39
3	30	38,65 ± 0,41	38,69 ± 0,35
3	60	38,59 ± 0,34	38,68 ± 0,32
3	90	38,65 ± 0,32	38,67 ± 0,35
3	120	38,63 ± 0,27	38,67 ± 0,30
3	150	38,65 ± 0,25	38,67 ± 0,29
3	180	38,64 ± 0,21	38,65 ± 0,27

**Tabelle 22:** Körpertemperatur (arithmetischer Mittelwert mit Standardabweichung) der **Gruppe 4** und **Gruppe 5** an Tag 1, Tag 2 und Tag 3 der Schmerzbewertung, die Messzeitpunkte liegen alle 30 Minuten, n-gesamt = 30  
**Gruppe 4** ist kältebehandelt, **Gruppe 5** ist nicht kältebehandelt

Statistisch hoch signifikant ist der globale Tageseffekt, der globale Minuteneffekt und die Wechselwirkung Tag x Minute (je  $p < 0,0001$ ). Statistisch nicht signifikant ist der globale, über Tag und Minute gemittelte Gruppenunterschied ( $p = 0,58$ ), die Wechselwirkung Tag x Gruppe ( $p = 0,79$ ), die Wechselwirkung Minute x Gruppe ( $p = 0,40$ ) und die Wechselwirkung Tag x Zeitpunkt x Gruppe ( $p = 0,08$ ).

Die Körpertemperatur ist somit abhängig vom Messzeitpunkt und dem Tag der Messung. Ein signifikanter Einfluss der lokalen Kaltluftapplikation auf die Körpertemperatur ist nicht nachweisbar.

#### 4.4 AKZEPTANZ

Eine Kaltluftbehandlung wird vom Patienten individuell unterschiedlich akzeptiert. In **Gruppe 1** zeigen 13 Patienten eine sehr gute Akzeptanz, bei 5 Patienten ist eine Hilfsperson notwendig, bei einem Patient ist eine Hilfsperson und eine zusätzliche Zwangsmaßnahme in Form eines Maulkorbes erforderlich.

In **Gruppe 2** zeigen 10 Patienten eine sehr gute Akzeptanz, bei 3 Patienten ist eine Hilfsperson notwendig und bei 0 Patienten ist eine Hilfsperson und eine zusätzliche Zwangsmaßnahme in Form eines Maulkorbes erforderlich.

In Tab. 23 ist die Verteilung der Akzeptanz der Kaltluftbehandlung durch die Patienten der **Gruppe 1** und **Gruppe 2** zusammengefasst aufgelistet.

Gruppe	A1	A2	A3
1	13	5	1
2	10	3	0
<b>Total</b>	<b>23</b>	<b>8</b>	<b>1</b>

**Tabelle 23:** Akzeptanz einer Kaltluftapplikation durch die Patienten der **Gruppe 1** und **Gruppe 2**,  $n$ -gesamt = 32 ( $A$  = Akzeptanz,  $A1$  = sehr gute Akzeptanz,  $A2$  = Hilfsperson notwendig,  $A3$  = Hilfsperson und Maulkorb notwendig)

Die Auswertung der vorliegenden Daten zeigt keinen signifikanten Unterschied der Akzeptanz im Gruppenvergleich ( $p = 0,61$ ). Da lediglich 1 Patient der Gruppe 1 mit Hilfe eines Maulkorbes und einer Hilfsperson fixiert werden musste, ist die Akzeptanz insgesamt als gut zu beurteilen.

## 4.5 WUNDBEREICH

Beurteilt wird die kältebehandelte **Gruppe 4** an Tag 2 und 3.

Tag 1 ist der Operationstag. An diesem Tag ist der Wundbereich noch zu frisch und wird nicht in die Beurteilung mit einbezogen. Ein Vergleich des Wundbereiches von Gruppe 4 und Gruppe 5 ist nicht möglich, da Gruppe 5 nur konstante Werte in der Wundbeurteilung aufweist. Dadurch ist eine statistische Varianzanalyse nicht möglich.

In der Auswertung zeigt sich, dass zwischen den Tagen 2 und 3 kein signifikanter Unterschied nachgewiesen werden kann ( $p = 0,18$ ).

Des Weiteren besteht keine signifikante Wechselwirkung zwischen Tages- und Zeiteinfluss ( $p = 0,97$ ). Lediglich der globale Zeiteinfluss, gemittelt über Tag 2 und 3, ist statistisch signifikant ( $p = 0,0019$ ). Eine ordnungsgemäß ausgeführte postoperative Kaltluftbehandlung innerhalb der ersten 48 Stunden post operationem zeigt keinen negativen Einfluss auf die Wundbeschaffenheit.

## 5 Diskussion

Der postoperative Einsatz von trockener Kaltluft innerhalb der ersten 48 Stunden nach ausgewählten chirurgischen oder neurologischen Eingriffen beim Hund stellt eine bis dato recht unbekannt Form der Anwendung von Kälte am Hund dar. Die Literatur beschreibt die Anwendung von trockener Kaltluft am Menschen (JANSEN et al. 1986, KROHN-GRIMBERGHE et al. 1988, KNOLLMANN et al. 1990, KRÖLING et al. 1990, ANDERSON 1991, OTT 1991, CALLIES et al. 1992, BRENKE 1994, STEINBERG 1994, BERLINER 1999, HAMMES et al. 1999, RAULIN et al. 2000, CHESS 2001), wodurch Rückschlüsse auf den Hund möglich werden.

Betrachtet man den Verlauf der oberflächlichen Hauttemperatur nach 5-minütiger Kaltlufttherapie mit  $-10^{\circ}\text{C}$  kalter, trockener Luft in einer Studie von KROHN-GRIMBERGHE et al. (1988) an arthrotisch veränderten Gelenken von Menschen, so sinkt die oberflächliche Hauttemperatur in vergleichbarem Maße wie in der vorgestellten Studie mit einem  $-30^{\circ}\text{C}$  kalten Luftstrom: Die oberflächliche Hauttemperatur sinkt nach einer Kühlung von 4-6 Minuten mit trockener Kaltluft ( $-10^{\circ}\text{C}$ ) um  $10^{\circ}\text{C}$ , in der Gruppe der operierten Hunde (Gruppe 1) mit  $-30^{\circ}\text{C}$  sinkt sie um  $8,24^{\circ}\text{C} \pm 2,42^{\circ}\text{C}$  und in der nicht operierten Gruppe (Gruppe 2) um  $9,26^{\circ}\text{C} \pm 2,64^{\circ}\text{C}$ . In der Studie von KROHN-GRIMBERGHE et al. (1988) wird die Ausgangstemperatur nach Kaltluftbehandlung nach spätestens 15 Minuten wieder erreicht. Angaben über Ausgangs- und Endtemperatur der oberflächlichen Hauttemperatur fehlen. JANSEN et al. (1986) geben eine mittlere Ausgangstemperatur am menschlichen Knie von  $28,1^{\circ}\text{C}$ , ENGEL (1978) von  $30,1^{\circ}\text{C}$  an. Sowohl in Gruppe 1 als auch in Gruppe 2 der vorliegenden Arbeit werden die Ausgangstemperaturen frühestens nach 30 Minuten wieder erreicht (Ausgangstemperatur Gruppe 1:  $29,77^{\circ}\text{C} \pm 2,3^{\circ}\text{C}$  (MIN:  $26,5^{\circ}\text{C}$ , MAX:  $33,9^{\circ}\text{C}$ ), Endtemperatur Gruppe 1 nach 30 Minuten:  $29,77^{\circ}\text{C} \pm 2,89^{\circ}\text{C}$  (MIN:  $23,8^{\circ}\text{C}$ , MAX:  $36,1^{\circ}\text{C}$ ), Ausgangstemperatur Gruppe 2:  $30,86^{\circ}\text{C} \pm 1,49^{\circ}\text{C}$  (MIN:  $27,8^{\circ}\text{C}$ , MAX:  $32,7^{\circ}\text{C}$ ), Endtemperatur Gruppe 2 nach 30 Minuten:  $30,3^{\circ}\text{C} \pm 1,17^{\circ}\text{C}$  (MIN:  $28,7^{\circ}\text{C}$ , MAX:  $32,2^{\circ}\text{C}$ )). Somit scheint das Ausmaß der Temperaturabsenkung bei  $-10^{\circ}\text{C}$  und  $-30^{\circ}\text{C}$  trockener Kaltluft vergleichbar zu sein, Unterschiede zeigen sich aber im Zeitraum der Wiedererwärmung der behandelten Region. So benötigt das Gewebe beim Hund bei  $-30^{\circ}\text{C}$  kalter Luft doppelt so lange, um annähernd die Ausgangswerte wieder zu erreichen. Zu beachten ist auch, dass

KROHN-GRIMBERGHE et al. (1988) ihre Untersuchungen an arthrotisch veränderten Gelenken durchführen. Hier kann eine entzündungsbedingte erhöhte Stoffwechsellage vorliegen, die eine schnellere Wiedererwärmung erklären könnte.

Zu einem anderen Ergebnis kommen KNOLLMANN et al. (1990) in ihren Untersuchungen mit  $-30^{\circ}\text{C}$  kalter Luft an der Streckseite des menschlichen Handgelenks. Hier findet eine stärkere Absenkung der oberflächlichen Hauttemperatur statt, und zwar um  $14,9^{\circ}\text{C}$ . Eine Wiedererwärmung auf 90% der Ausgangstemperatur lässt sich bei KNOLLMANN et al. (1990) bereits nach 6 Minuten verzeichnen, in der vorgestellten Studie jedoch erst nach 30 Minuten. Diese unterschiedlichen Werte können verschiedene Ursachen haben: Zum einen ist die Lokalisation der Kaltluftbehandlung nicht direkt vergleichbar. Am Handgelenk des Menschen findet sich kaum Unterhautfettgewebe, welches isolierend wirkt (COLLINS et al. 1974, DREXEL 1978, JANSEN et al. 1986, NOELLE 1989, KNÜSEL 1991, OHKOSHI et al. 1999, BLEAKLEY 2004, KNOBLOCH et al. 2006). Verglichen mit dem Knie des Hundes hat das menschliche Handgelenk auch keinen größeren, mit relativ viel Synovia gefüllten Gelenkspalt, der wie die Unterhaut als eine Art Speicher für die Kälte dienen könnte. ENGEL (1978) beschreibt in diesem Zusammenhang den Unterschied zwischen großen und kleinen Gelenken. Er stellt fest, dass kleine, peripher gelegene Gelenke, wie das menschliche Handgelenk, nach Kälteanwendung einen stärkeren Temperaturabfall zeigen als große Gelenke, wie z.B. das menschliche Kniegelenk. Auch die Wiedererwärmung variiert. So orientieren sich die peripher gelegenen, kleinen Gelenke an der Umgebungstemperatur. Ist diese hoch, erwärmen sie sich schnell, ist sie niedrig, erfolgt die Wiedererwärmung langsamer. Die großen Gelenke sind nach Kühlung deutlich stärker von der Körpertemperatur beeinflusst, weniger von der Umgebungstemperatur. Somit ist erklärbar, dass sich die menschliche Haut am Handgelenk bei entsprechender Umgebungstemperatur auch deutlich schneller als die Haut am Rücken, der Hüfte oder des Knies des Hundes erwärmt. JANSEN et al. (1986) vermuten ein unterschiedlich stark ausgeprägtes Kapillarnetz unter der Haut für Unterschiede in der Abkühlung und Wiedererwärmung verschiedener Hautareale. KNOLLMANN et al. (1990) machen in ihrer Studie keine Angabe über den verwendeten Düsendurchmesser, den Abstand der Düse zur Haut und über die Applikationsart der Kälte (z. B. in rotierenden Bewegungen). Auch hier kann eine der Ursachen in der Differenz der Messergebnisse vermutet werden.

Werte, wie sie KNOLLMANN et al. (1990) ermitteln, erreichen auch JANSEN et al. (1986) mit einer Kaltluftbehandlung von  $-175^{\circ}\text{C}$  mit flüssigem Stickstoff am Kniegelenk des Menschen. Nach einer Behandlung von 2 Minuten sinkt die oberflächliche Hauttemperatur um  $14^{\circ}\text{C}$ . Eine Wiedererwärmung erfolgt jedoch im Mittel erst nach 6 Stunden, bei Patienten mit chronischer Polyarthritis nach 3 Stunden.

Untersuchungen von ENWEMEKA et al. (2001) mit einem Cold Pack von  $-15$  bis  $17^{\circ}\text{C}$  am distalen *Musculus quadriceps femoris*, 15 cm proximal der Patella gesunder Menschen nach Lokalanästhesie des Muskels mit Sensorcaine und Lidocaine, zeigen nach 20 Minuten Kühlung eine Absenkung der oberflächlichen Hauttemperatur von maximal  $3,78^{\circ}\text{C}$ . Eine Wiedererwärmung auf Ausgangsniveau setzt individuell nach 18 bis 48 Minuten wieder ein. Die Muskulatur wird anästhesiert, da auch Tiefenmessungen in dieser Studie vorgenommen werden. Sie diskutieren jedoch in ihrer Studie nicht, ob ein möglicher Einfluss der Lokalanästhetika auf die oberflächliche Hauttemperatur gegeben sein kann.

Untersuchungen von AMMER (1991) mit Cold Packs mit einer Temperatur von  $-12$  bis  $-9^{\circ}\text{C}$  am Lendenbereich des Menschen zeigen deutlich stärkere Temperaturabsenkungen der oberflächlichen Hauttemperatur als in der Studie von ENWEMEKA et al. (2001) am Oberschenkelmuskel. Die oberflächliche Hauttemperatur sinkt im Mittel nach 10 Minuten um  $24^{\circ}\text{C}$  und nach 20 Minuten um  $24,7^{\circ}\text{C}$ . Eine Wiedererwärmung zeigt sich in beiden Fällen nach 33 bis 60 Minuten. Die Ursache dieser starken Temperaturabsenkung diskutiert AMMER 1991 mit der Größe der Kontaktfläche des Cold Packs mit der Haut. Je größer die Kontaktfläche, desto stärker die Temperaturabsenkung. Er benutzt eine Packungsgröße von  $35 \times 30$  cm. Das Cold Pack in der Studie von ENWEMEKA et al. (2001) bedeckt dagegen eine Fläche von  $19 \times 29$  cm des *Musculus quadriceps femoris* und ist somit nur etwas kleiner. Es ist in seiner Ausgangstemperatur aber bis zu  $5^{\circ}\text{C}$  kälter. Die Begründung erscheint somit fragwürdig. Möglich ist, dass unterschiedliche Gele mit einer unterschiedlich stark ausgeprägten Speicherkapazität für Kälte verwendet werden. NOELLE (1989) hebt in seinen Untersuchungen hervor, dass der verwendete Inhaltsstoff einer Kältekompressen neben der Ausgangstemperatur der Hautoberfläche signifikant ausschlaggebend ist. Des Weiteren finden sich bei AMMER (1991) keine Angaben über die den Patienten umgebende Raumtemperatur. Bei ENWEMEKA et al. (2001) beträgt sie zwischen  $21$  und  $23^{\circ}\text{C}$  und ist vergleichbar mit der vorliegenden Arbeit, bei der eine durchschnittliche Raumtemperatur von  $22,5^{\circ}\text{C} \pm 1,5^{\circ}\text{C}$  herrscht. Auch die Lokalisation der Kryotherapie am Körper kann für die abweichenden

Werte verantwortlich sein. Dies kann aber wiederum in der vorgestellten Studie mit Kaltluft nicht verifiziert werden, da kein Unterschied in der Lokalisation der Kaltluftbehandlung in Bezug auf Knie, Hüfte, Brust- und Lendenwirbelsäule am Hund nachgewiesen werden kann. SCHMIDT et al. (1979) untersuchen die Anwendung eines Cryogel®-Beutels von -15 bis -18°C am menschlichen Knie. Nach 30-minütiger Anwendung können sie eine Absenkung der Hauttemperatur um ca. 13°C nachweisen. Eine Wiedererwärmung der Hauttemperatur auf Ausgangsniveau wird erst nach 270 Minuten erreicht. Zusätzlich können sie eine Mitreaktion des kontralateralen Knies nachweisen. Dessen Hauttemperatur sinkt ebenfalls ab. Das Maximum der Absenkung ist mit ca. 4°C 90 Minuten nach Kühlung des anderen Knies erreicht. Eine Wiedererwärmung auf Ausgangsniveau tritt ebenfalls nach 270 Minuten ein. Untersuchungen zur Mitreaktion des kontralateralen Gelenkes bei einer Kaltluftbehandlung mit -30°C kalter Luft finden sich derzeit nicht in der Literatur. Der Körper scheint in der Lage zu sein, die Kältebehandlung auf das kontralaterale Gelenk zu projizieren. Möglich ist, dass dies über die Stellglieder der Thermoregulation abläuft. Es könnte sein, dass das Kühlen des Kniegelenks als Kältebelastung der gesamten distalen Gliedmaße zentral verarbeitet wird, so dass der Körper Schutzmaßnahmen vor einem übermäßigen Wärmeverlust einleitet. Interessant wäre zu erforschen, ob wirklich nur im kontralateralen Gelenk die Temperatur absinkt oder ob distal des Gelenkes auch der Rest der Gliedmaße von einem Temperaturabfall betroffen ist.

Individuelle Unterschiede im Ausmaß der Temperaturabsenkung und im Verlauf der oberflächlichen Hauttemperatur nach Kaltluftapplikation können in der vorliegenden Studie gefunden werden: Gruppe 1 zeigt im Mittel eine Temperaturabsenkung von  $8,24\text{ °C} \pm 2,42\text{ °C}$  nach einer 5-minütigen Kaltluftbehandlung mit den tiefsten Werten der oberflächlichen Hauttemperatur von  $21,52\text{ °C} \pm 2,82\text{ °C}$  (MIN: 14,8°C, MAX: 27,6°C). Die mittlere Ausgangstemperatur beträgt  $29,77\text{ °C} \pm 2,3\text{ °C}$  (MIN: 26,5°C, MAX: 33,9°C) und die mittlere Endtemperatur  $29,77\text{ °C} \pm 2,89\text{ °C}$  (MIN: 23,8°C, MAX: 36,1°C). Gruppe 2 zeigt eine Temperaturabsenkung von  $9,26\text{ °C} \pm 2,64\text{ °C}$  nach einer 5-minütigen Kaltluftbehandlung mit den tiefsten Werten der oberflächlichen Hauttemperatur von  $21,61\text{ °C} \pm 2,40\text{ °C}$  (MIN: 17,2°C, MAX: 25,0°C). Die mittlere Ausgangstemperatur beträgt  $30,86\text{ °C} \pm 1,49\text{ °C}$  (MIN: 27,8°C, MAX: 32,7°C) und die mittlere Endtemperatur  $30,3\text{ °C} \pm 1,17\text{ °C}$  (MIN: 28,7°C, MAX: 32,2°C).

Ursächlich sind hier mehrere Faktoren anzusprechen. JANSEN und FRICKE (1986) führen das Durchblutungsverhalten der Haut und der darunter gelegenen Gewebeschichten an, das je nach Stoffwechsellage sehr unterschiedlich sein kann. So ist es z. B. bei Entzündung erhöht, was zu einer geringeren Temperaturabsenkung und schnelleren Wiedererwärmung führt (CORDES 1972, BRACHTEL und SCHRAMM 1978, ENGEL 1978).

Die Dauer der Kälteeinwirkung bestimmt maßgeblich das Ausmaß einer Abkühlung der Hautoberfläche und der darunter gelegenen Schichten. Aber auch die Ausgangstemperatur des Gewebes, die Temperatur des eingesetzten Mediums, seine Wärmeleitfähigkeit, die spezifische Wärme der Reaktionspartner, die behandelte Fläche und die Ausprägung des Unterhautfettgewebes sind beteiligt (COLLINS et al. 1974, DREXEL 1978, JANSEN et al. 1986, KERN 1991, KNÜSEL 1991, BLEAKLEY 2004, KNOBLOCH et al. 2006).

JANSEN et al. (1986) empfehlen, die Anwendungsdauer eines Kältemediums von der Hauttemperatur abhängig zu machen. Sie gehen davon aus, dass eine Temperaturerniedrigung in tieferen Gewebeschichten maßgeblich ist für eine analgetische und antiphlogistische Wirkung der Kälteanwendung. Somit ist ihrer Meinung nach bei einer hohen Ausgangstemperatur der Hautoberfläche die Applikationsdauer zu verlängern.

Hierfür sprechen auch Untersuchungen von AMMER (1991). Er kann in seinen Untersuchungen nachweisen, dass sich die oberflächliche Hauttemperatur erst nach einer mindestens 7-minütigen Kühlung des Lendenbereichs des Menschen mit einer auf eine Oberflächentemperatur von  $-9$  bis  $-12$  °C herab gekühlten Apla®-retard Kältepackung direkt auf der Haut ohne isolierende Zwischenschicht signifikant absenkt. Versuche mit unterschiedlich großen Packungen zeigen, dass das Ausmaß der Temperaturabsenkung und Wiedererwärmung von der Applikationsdauer und nicht von der Packungsmasse abhängig ist.

In der hier vorgestellten Arbeit zeigt sich in der operierten, aber nicht kältebehandelten Gruppe 3 ein geringfügiger Temperaturanstieg der oberflächlichen Hauttemperatur um  $0,19^{\circ}\text{C} \pm 0,32$  im Messzeitraum von 30 Minuten. Die mittlere Ausgangstemperatur der Hautoberfläche beträgt  $29,31^{\circ}\text{C} \pm 1,61^{\circ}\text{C}$  (MIN:  $26,9^{\circ}\text{C}$ , MAX:  $31,8^{\circ}\text{C}$ ), die mittlere Endtemperatur nach 30 Minuten beträgt  $29,53^{\circ}\text{C} \pm 1,63^{\circ}\text{C}$  (MIN:  $27,2^{\circ}\text{C}$ , MAX:  $31,7^{\circ}\text{C}$ ).

Die Ursache des geringfügigen Temperaturanstiegs kann u. a. in einer Reaktion der Hautkapillaren auf die mechanische Reizung durch die Messsonde liegen.

Des Weiteren herrscht im Rahmen der Temperaturregulation des Organismus ein stetiges Wechselspiel zwischen Kontraktion und Dilatation des oberflächlichen Kapillarbettes in der Haut, je nachdem, ob Wärme abgeleitet oder erhalten werden soll. Ziel ist letztendlich die Erhaltung einer konstanten Körperkerntemperatur (WERNER 1977, SCHEUNERT und TRAUTMANN 1987, ANDERSON 1991, SCHMIDT und THEWS 1997, THEWS et al. 1999, KLINKE und SILBERNAGL 2003, SCHMIDT et al. 2004). JANSEN et al. (1986) diskutieren in ihrer Studie, dass die jeweils gemessene Hauttemperatur sich aus der Summe einer lokalen Wärmeproduktion im Gewebe, der Wärmeleitung aus tieferen Gewebeschichten und der Wärmekonvektion der Gefäße bildet.

Des Weiteren haben zahlreiche endogene, aber auch exogene Faktoren Einfluss auf die oberflächliche Hauttemperatur. Zu den endogenen Faktoren zählen die Wärmebildung des Organismus abhängig von Körpergröße, Körpermasse, Muskelmasse, Organfunktion, Grundumsatz, der momentanen Stoffwechsellage, physischer und psychischer Aktivität und emotionaler Situation. Es gibt einen hormonellen Einfluss je nach Aktivität der Hypophyse, der Thyreoidea, der Ovarien und der Testes. Tages- und Jahreszeit sind zu berücksichtigen und die Hautschichtdicke. Zu den exogenen Faktoren zählen das umgebende Medium (Luft, Wasser), Außen- und Raumtemperatur, relative Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit, Wärmestrahlung von Wänden und Gegenständen, aber auch die Kalorienzufuhr und eingesetzte pharmakologisch wirksame Substanzen (JUNGMANN et al. 1967, CORDES 1972, JANSEN et al. 1986). SCHMIDT et al. (1979) können am menschlichen Knie einen rhythmischen Tagesgang der oberflächlichen Hauttemperatur feststellen. So erreichen die Temperaturen um 3, 6 und 15 Uhr ein Maximum. Somit unterliegt die oberflächliche Hauttemperatur individuellen, physiologischen Schwankungen.

In dieser Studie wird zur Bestimmung des momentanen Schmerzzustandes des Hundes, der Subjektive Schmerzfragebogen und die Erhebung des Schmerbeurteilungs-Index (SBI) nach TACKE (2003) verwendet. Untersuchungen von TACKE (2003) analysieren die einzelnen Bewertungsparameter, die in diesem Fragebogen zur Beurteilung des Schmerzzustandes des Hundes herangezogen werden. Sie zeigt auf, dass am Tag der Operation der subjektive Schmerzfragebogen nur eingeschränkt anwendbar ist, da Lautäußerungen, Mimik, Körperhaltung und Futteraufnahme maßgeblich durch Anästhetika und Analgetika der Operation beeinflusst werden. Für Tag 2 und 3 bietet der subjektive Schmerzfragebogen

jedoch eine gute Möglichkeit der Beurteilung des momentanen Schmerzzustandes. Der subjektive Schmerzfragebogen bemüht sich, die Bestimmung des momentanen Schmerzzustandes zu objektivieren. Die Gefahr einer rein subjektiven Beurteilung durch den Untersuchenden ist geringer, als es z. B. bei Anwendung der Visuellen Analog-Skala (visual analogue scale, VAS), der numerischen Schmerz-Bewertungsskala (numerical rating scale, NRS) oder einer einfachen beschreibenden Skala (single descriptive scale, SDS) der Fall ist (HOLTON 1998), ist aber nicht völlig auszuschließen (FIRTH and HALDANE 1999, TACKE 2003, BUFALARI 2007, TACKE et al. 2007). Die genannten Skalen eignen sich in Einzelfällen, stellen aber keine verlässliche Beurteilung des tatsächlichen Schmerzzustands des Tieres dar. In der Veterinärmedizin wird diskutiert, dass sie lediglich das subjektive Empfinden des Untersuchenden spiegeln. Besser geeignet erscheinen mehrdimensionale Schmerzskaalen (HOLTON et al. 1998, HARDIE 2000, BUFALARI 2007). Mit diesem Problem setzen sich auch FIRTH und HALDANE (1999) in ihrer Untersuchung auseinander. Zur Erstellung einer möglichst objektiven Möglichkeit der Schmerzbewertung beim Hund nach einer Operation orientieren sie sich an der CHEOPS = Children's Hospital of Eastern Ontario Pain Scale und entwickeln den University of Pain Scale zur Anwendung beim Hund. Zur Befunderhebung werden physiologische Daten, wie Körpertemperatur, Herz- und Atemfrequenz, Pupillengröße, die Reaktion auf Palpation, die Aktivität und Haltung des Patienten, sowie der mentale Status und Lautäußerungen heran gezogen. Die Parameter dieser Skala sind auch Bestandteil des subjektiven Schmerzfragebogens.

Kritisch zu werten ist, dass einzelne Parameter wie Gesichtsausdruck, Lautäußerung, Pupillengröße, motorische Unruhe und Futteraufnahme nicht alleinig schmerzassoziiert sind (FLECKNELL 1999, TACKE 2003, BUFALARI et al. 2007). Angst und Stress aufgrund der neuen Umgebung verändern ebenfalls diese Parameter. BUFALARI et al. (2007) weisen darauf hin, dass auch die Unterbringung des Patienten sich auf die Parameter auswirkt, die zur Schmerzbestimmung herangezogen werden. So sind diese Parameter geringer ausgeprägt, wenn das Tier warm, sauber, trocken und bequem untergebracht ist (MATHEWS 2000).

HOLTON et al. (1998) können in ihren Untersuchungen nachweisen, dass ein individueller Unterschied in der Bewertung einzelner Parameter besteht, wenn sie durch verschiedene Personen durchgeführt werden. Um diese Fehlerquelle möglichst gering zu halten, wird in der vorliegenden Arbeit die Bestimmung dieser Parameter deshalb nur durch ein und dieselbe Person durchgeführt.

In der vorgestellten Studie kann festgestellt werden, dass an Tag 1 ein schmerzlindernder Effekt durch die Kältebehandlung nachweisbar ist. Gruppe 4 zeigt nach einer Kaltluftbehandlung ein Absinken des Summenwertes aus dem subjektiven Schmerzfragebogen von M“null“  $3,47 \pm 2,95$  auf M60  $2,2 \pm 2,18$ . Somit ist 60 Minuten nach der Kühlung der niedrigste Summenwert erreicht. Daraufhin steigt der Summenwert wieder an und erreicht auch nach 180 Minuten (M180) mit  $2,8 \pm 2,14$  nicht wieder den Ausgangswert von M“null“  $3,47 \pm 2,95$ . Gruppe 5 dagegen zeigt im zeitlichen Verlauf ein Ansteigen des Summenwertes von M“null“  $2,6 \pm 1,92$  auf ein Maximum bei M90 von  $3,13 \pm 2,23$ , um dann bei M180 mit  $2,67 \pm 1,44$  nahezu den Ausgangswert wieder zu erreichen.

Jedoch ist dies am ersten Untersuchungstag immer kritisch zu werten. Dieser Tag ist auch der Tag des operativen Eingriffs. Die intra operationem angewandten Anästhetika können noch nachwirken und somit die Untersuchungsergebnisse verfälschen (RAEKALLIO et al. 1997).

L-Methadon wird mit einer analgetischen Wirkung von 2 bis 6 Stunden (ERHARDT et al. 2004) beschrieben. LÖSCHER et al. (2002) geben eine Halbwertszeit für Ketamin beim Hund von 1 Stunde an. Des Weiteren haben 6 Patienten der Gruppe 4 und 8 Patienten der Gruppe 5 vor dem operativen Eingriff eine Epiduralanästhesie mit Morphin erhalten, dessen analgetische Wirkung nach epiduraler Applikation mit 20 Stunden (FOSSUM 2007) bzw. 16-24 Stunden (ERHARDT et al. 2004) beschrieben wird. Allerdings sind mehr Patienten mit Epiduralanästhesie in Gruppe 5 als in Gruppe 4 vertreten.

Zu beachten ist auch, dass sich nicht alle Patienten im Sedationsgrad 0 befinden, d. h. nicht alle Patienten sind vollständig wach. 26 Hunde weisen bei Durchführung der Messreihe an Tag 1 einen Sedationsgrad 1 auf, 4 Hunde einen Sedationsgrad 0.

TACKE (2003) kommt in ihren Untersuchungen zu dem Schluss, dass am Tag der Operation der subjektive Schmerzfragebogen nur eingeschränkt anwendbar ist, da Lautäußerungen, Mimik, Körperhaltung und Futteraufnahme maßgeblich durch Anästhetika und Analgetika der Operation beeinflusst werden.

Diese Gründe haben maßgeblich dazu beigetragen, dass in der vorliegenden Arbeit Tag 1 getrennt von Tag 2 und Tag 3 betrachtet wird.

Aus der Schmerzbewertung von Tag 2 und Tag 3 ergibt sich, dass sich Gruppe 4 grundsätzlich von Gruppe 5 unterscheidet. Somit besteht ein Unterschied darin, ob eine Kaltluftapplikation stattfindet oder nicht. Des Weiteren ist durch die Kaltluftapplikation ein

schmerzlindernder Effekt nachweisbar. Dieser Effekt zeigt sich sowohl an Tag 2 als auch an Tag 3. An Tag 3 ist er allerdings weniger stark ausgeprägt als an Tag 2.

Gruppe 5 zeigt an Tag 2 und 3 zu Beginn der Untersuchung einen höheren Summenwert in der Schmerzbewertung als zu Ende der Untersuchung 180 Minuten später. Die Unterschiede sind gering und liegen vermutlich in einer Gewöhnung an den Untersuchenden, die im Tagesverlauf stattfindet. So zeigt sich der Patient bei der Erstuntersuchung am jeweiligen Tag aufgeregter als zu einem späteren Zeitpunkt.

Eine annähernd vergleichbare Studie zur schmerzlindernden Wirkung von Kaltluft und Eis am Ellenbogengelenk des Menschen präsentieren KRÖLING et al. (1990). Jedoch wird die Kaltluft (-30°C) mit 10 Minuten doppelt so lang appliziert wie in der vorgestellten Arbeit. Sie können nachweisen, dass Eis und Kaltluft gleichermaßen die Schmerzschwelle anheben und dass dieser Effekt für mindestens 30 Minuten anhält. Die Schmerzschwelle bestimmen sie durch die Applikation von Reizstrom.

Auch STEINBERG et al. (1994) führen Untersuchungen mit einem Kaltluftgerät (Cryo-Air C 300 E der Firma Cadena) durch. Bei einer Intensität von 650 l Kaltluft / min erreicht der Kaltluftstrom wie beim Cryo-5® der Firma Zimmer -30°C. Die Applikationsdauer beträgt 6 Minuten und der Abstand zur Haut 15 cm. Die Untersuchungen erfolgen an Patienten mit einem Schmerz verursachenden lokalen Gewebefund der Gelenkkapsel, des Periosts, des Sehnen- und Bandansatzes. In einer seriellen Kaltluftbehandlung von 10 Behandlungen zeigen 80% der Patienten bereits in der ersten Hälfte eine signifikante Schmerzabnahme. Bei den verbliebenen 20% wird der Kaltluftstrom in seiner Intensität variiert, so dass 7 von 9 Patienten ebenfalls eine Schmerzabnahme in der zweiten Hälfte der seriellen Kaltlufttherapie verzeichnen können. Im Vergleich zur vorgestellten Studie werden jedoch nur Aussagen über die schmerzlindernde Wirkung nach mehreren Anwendungen getroffen und nicht über die einzelnen Behandlungstage. Somit kann kein direkter Vergleich gezogen werden.

Als mögliche Ursachen für den analgetischen Effekt der Kaltluft kommen verschiedene Möglichkeiten in Betracht:

ARMAN (1983) führt in seinen Untersuchungen die analgetische Wirkung auf eine herabgesetzte Nervenleitgeschwindigkeit und eine Erhöhung der Schmerz- und Sensibilitätsschwelle nach Eisapplikation an gesunden, menschlichen Knien zurück. Er erzeugt Schmerz durch eine Elektrostimulation.

Untersuchungen von KNOBLOCH et al. (2006) zeigen nach Kältebehandlung des Fußgelenks des Menschen mit 15°C kaltem Wasser unter Verwendung eines Cryo/Cuffs eine Herabsetzung der Durchblutung des Behandlungsgebietes und vermuten eine Verringerung von Entzündungsmediatoren und einen herabgesetzten Zellmetabolismus.

VAN EPS und POLLITT (2004) erheben die Hypothese, dass der schmerzlindernde Effekt einer Kühlung von Pferdebeinen bei akuter Lahmheit mit Eiswasser auf die Vasokonstriktion und den reduzierten Zellmetabolismus im behandelten Gebiet zurückzuführen ist.

ERNST und FIALKA (1994) vermuten, dass sich der analgetische Effekt aus einer Kombination der oben beschriebenen Mechanismen ergibt.

Ein weiterer positiver Effekt der analgetischen Wirkung einer Kryotherapie, der sowohl von MIEHLKE (1991) als auch von BLEAKLEY et al. (2004) besonders hervorgehoben wird, ist die mögliche Einsparung von Analgetika und Antiphlogistika, wenn bei einem Weichteiltrauma begleitend eine Kryotherapie durchgeführt wird. Dies sind Überlegungen, die durchaus sinnvoll sind, sie im Detail am Patient Hund zu untersuchen. Hierbei sollte am Ende die Erstellung von Therapieplänen stehen, die auf das jeweils eingesetzte Kühlmedium abgestimmt sind.

Orientiert man sich an den Untersuchungen von ENWEMEKA et al. (2001) am Menschen, ist davon auszugehen, dass in 2 und 3 cm tiefen Gewebeschichten eine Temperaturabsenkung des Gewebes länger besteht als der Zeitraum zum Erreichen des Ausgangswertes der oberflächlichen Hauttemperatur. Sie können nachweisen, dass die tieferen Schichten im gleichen Maße abkühlen, wie sich die oberflächlichen Schichten erwärmen. In 2 und 3 cm tief gelegenen Schichten beginnt eine Wiedererwärmung des Gewebes erst nach 48 Minuten.

TRNAVSKY et al. (1980) untersuchen die Tiefenwirkung einer 30-minütigen Kryotherapie mit einer Eispackung auf die Muskulatur von jungen, gesunden Stieren in 2 und 3 cm Tiefe.

20 Minuten nach Therapiebeginn werden die tiefsten Temperaturen mit einer Absenkung zwischen 7 und 14°C gemessen. Die Ausgangstemperatur wird frühestens nach 60 Minuten wieder erreicht.

Auch intraartikuläre Messungen an Stieren nach 30-minütiger Anwendung einer Gelkompressen von -23°C zeigen eine intraartikuläre Temperaturabsenkung um 6,5°C, die erst nach 4 Stunden wieder ihr Ausgangsniveau erreicht hat (KERN 1984).

BOCOBO et al. (1991) weisen nach 15-minütiger Kühlung von Kniegelenken beim Hund mit Eiswasser eine intraartikuläre Temperaturabsenkung von 4,1°C nach. OOSTERVELD et al. (1992) können nach 30-minütiger Kühlung von gesunden Kniegelenken des Menschen mit Eis-Chips eine intraartikuläre Temperaturabsenkung von 9,4°C nachweisen.

KNOBLOCH et al. (2006) untersuchen die Auswirkungen einer Kältebehandlung unter Kompression auf die Mikrozirkulation des mittleren Achillessehnenbereichs des Menschen. Dabei werden der Cryo / Cuff ankle der Firma Aircast, Summit, N. J. angewendet. Dieser Schuh wird mit Eis befüllt und durch Luftentzug auf einen Druck von ca. 35 bis 40 mm Hg komprimiert. Sie können eine deutliche Abnahme der Mikrozirkulation im oberflächlichen und mittleren Achillessehnenbereich bereits nach 2 min feststellen, wobei aber die Sauerstoffsättigung im Sehnenewebe leicht ansteigt und der venöse Abfluss ansteigt. Die Mikrozirkulation des tiefen Sehnenanteils bleibt unverändert.

Überträgt man diese Ergebnisse auf die Kaltluftbehandlung beim Hund, kann man auch hier eine Tiefenwirkung erwarten. Untersuchungen hierzu finden sich derzeit nicht.

ARMAN weist in seinen Untersuchungen von 1983 einen deutlich stärkeren analgetischen Effekt einer Kältebehandlung mit einem 10 Minuten einwirkenden Eisbeutel als mit einem nur 5 Minuten einwirkenden Eisbeutel auf der Haut gesunder Knie von Menschen nach. Er kommt zu dem Schluss, dass die analgetische Wirkung einer Kryotherapie abhängig ist von der Applikationsdauer.

BLEAKLEY et al. (2004) heben hervor, dass nicht nur die Dauer der Anwendung sondern auch das eingesetzte Kühlmedium für eine Temperaturabsenkung des Weichteilgewebes ausschlaggebend ist. Jedes Kühlmedium besitzt seine ihm eigene spezifische Wärmekapazität und ist dadurch in der Lage, über einen bestimmten Zeitraum Kälte abzugeben. Auch die Ausgangstemperaturen können je nach Medium variieren.

KROHN-GRIMBERGHE (1988) erreichen nach 4-6 Minuten mit trockener Kaltluft (-10°) vergleichbare Werte wie in der vorgestellten Studie. Eine Kühlung von mindestens 4 Minuten mit Kaltluft erscheint sinnvoll.

CALLIES et al. (1992) untersuchen die Dosierung einer lokalen Kaltluftapplikation von -30°C kalter Luft. Sie empfehlen einen Auftreffwinkel der Luft zur Haut von 90°, wie es auch in der vorgestellten Arbeit der Fall ist mit einem Abstand zur Hautoberfläche, der mindestens 2 x den Düsendurchmesser betragen sollte, d.h. bei einem Düsendurchmesser von 2,1cm

sollte der Abstand zur Hautoberfläche mindestens 5 cm betragen. SENN (1985) und CALLIES et al. (1992) empfehlen ein Applikationsgebiet, das etwa dem Vierfachen des Düsendurchmessers entsprechen sollte, dies entspricht bei einem Düsendurchmesser von 2,1 cm einem Applikationsfeld von ca. 50cm<sup>2</sup> und entspricht in etwa dem Behandlungsgebiet in der hier vorliegenden Arbeit. Der Luftstrom soll in kreisförmig-spiraligen Bewegungen appliziert werden. Die Applikationszeit der Kaltluft macht SENN (1985) von der Gewebeschicht abhängig, die der Behandelnde erreichen möchte. So sinkt die Temperatur der Hautoberfläche innerhalb von Sekunden, die Temperatur der Subkutis nach wenigen Minuten und die Muskeltemperatur erst nach Anwendungszeiten von 10 Minuten. Diese Angaben beziehen sich auf den Menschen. Setzt man eine Anwendungszeit von 5 Minuten wie in der vorgestellten Studie voraus, so kann man annehmen, dass bei den mit Kaltluft behandelten Hunden die Temperaturabsenkung nicht nur die Hautoberfläche betrifft, sondern mindestens auch die Subkutis erreicht haben sollte.

Vorteil des Cryo 5 ist der gut zu dosierende und zu applizierende Kaltluftstrom. Wobei von herausragendem Vorteil die trockene Kaltluft zu nennen ist. Trockene Kälte wird als angenehmer und nicht so kalt empfunden wie z.B. eine Behandlung mit Eis (NOELLE 1989, RAULIN et al. 2000). Das Risiko, Erfrierungen zu setzen, ist um ein Vielfaches geringer als bei Kühlmitteln, die Schmelzwasser produzieren (wie z.B. Eis) und statisch aufgelegt werden oder bei einem -160°C kalten Luftstrom unter Verwendung von flüssigem Stickstoff (NOELLE 1989, RAULIN et al. 2000).

TACKE et al. (2007) führen bei der Schmerzerkennung beim Hund an, dass die momentan gemessene Atem- und Pulsfrequenz physiologische Parameter darstellen, die leicht durch Aufregung, Stress und Angst beeinflussbar sind. Sie allein eignen sich nicht zur Erkennung eines momentanen Schmerzzustandes. In der vorgestellten Studie kann kein signifikanter Effekt der durchgeführten Kältebehandlung auf Puls- und Atemfrequenz nachgewiesen werden.

Die eigenen Untersuchungen zeigen, dass die lokale Kaltluftapplikation keinen signifikanten Einfluss auf die allgemeine Körpertemperatur hat, was auch nicht zu erwarten ist, da nur ein kleiner Bereich der Peripherie herabgekühlt wird und die Temperatur des Körperkerns sich aus der Summe verschiedener Stoffwechselfvorgänge zusammensetzt (KLINKE und

SILBERNAGL 2003). Aber auch Stoffwechselfvorgänge in Gehirn, Leber und den Nieren tragen zur Wärmebildung bei (STEINHAUSEN und GULBINS 2003).

JANSEN et al. (1986) erwarten durch eine lokale Kältebehandlung keine Auswirkungen auf die Kerntemperatur. OHKOSHI et al. (1999) erwähnen zwar, dass die Körpertemperatur während der Kältebehandlung in den ersten 48 Stunden post operationem erfasst wird. Sie machen dann aber in ihren Ergebnissen keine Angaben.

Da lediglich 1 Patient der Gruppe 1 mit Hilfe eines Maulkorbes und einer Hilfsperson fixiert werden musste, ist die Akzeptanz der Hunde in der vorliegenden Arbeit insgesamt als gut zu beurteilen.

Die Akzeptanz des Tieres ist unmittelbar abhängig von der gewählten Strömungsgeschwindigkeit. Je höher die Strömungsgeschwindigkeit desto stärker der Luftstrom und lauter das Gerät. Im Vergleich hierzu mag es bei entsprechend ängstlichen oder empfindlichen Tieren von Vorteil sein, andere Kühlmittel zum Auflegen, wie z.B. ein Cold-Pack, zu verwenden.

Ein weiterer entscheidender Faktor ist die Nähe des Luftstromes zum Kopf des Tieres. Je näher in Richtung Kopf mit Kaltluft behandelt wird, als umso unangenehmer wird der Kaltluftstrom empfunden. Dies zeigen beispielsweise Untersuchungen von HAMMES et al. (1999) und RAULIN et al. (2000) mit Kaltluft am Menschen unter Verwendung des Cryo5®. Die Kaltluft hat ihre anatomischen Einsatzgrenzen. Der Kopfbereich und die Schleimhäute sind zu vermeiden, da Kaltluft in diesen Bereichen vom Menschen als sehr unangenehm empfunden wird. Präputium und Vulva sind durch Abdecken vor dem Luftstrom zu schützen. Die natürliche Schutzbarriere der Schleimhaut kann durch den Kaltluftstrom gestört werden und ein Eindringen von Krankheitserregern wäre möglich. Genaue Untersuchungen hierzu stehen aber aus.

RAULIN et al. (2000) untersuchen Kaltluft unter Verwendung des Cryo 5® der Firma Zimmer, Elektromedizin GmbH auf ihre Akzeptanz durch den behandelnden Arzt und den Patienten während Laserbehandlungen der Haut des Menschen im Vergleich zu einer Kontaktkühlmethode wie z. B. Eis, Kühlelemente, Kältesprays. 97% der Probanden empfinden die Kaltlufttherapie als angenehmer als eine Kontaktkühlung durch Auflegen eines Kältemediums. Bei Anwendung im Gesichtsbereich werden den Patienten eine Nasenklemme

und eine Schutzbrille für die Augen aufgesetzt, um diese vor dem kalten Luftstrom zu schützen (HAMMES et al. 1999).

Untersuchungen von KNOLLMANN et al. (1990) zur Akzeptanz verschiedener Kühlmedien durch den Menschen zeigen, dass ein Cryogelbeutel als am unangenehmsten und eine Kaltlufttherapie mit flüssigem Stickstoff als am angenehmsten empfunden werden. Die Kaltluftbehandlung mit  $-30^{\circ}\text{C}$  kalter Luft liegt in ihrer Akzeptanz durch den Patienten dazwischen.

Ein Großteil der Hunde in der vorliegenden Studie empfindet den Kaltluftstrom als sehr angenehm und schläft während der Kaltluftbehandlung ein. Dieser Effekt ist bereits am 2. Behandlungstag zu beobachten, zeigt sich aber am deutlichsten an Tag 3. Dies lässt sich auf ein mögliches Gefühl von Wohlbefinden und / oder Schmerzlinderung, eine Gewöhnung an das verwendete Kältemedium und eine zunehmende Vertrautheit mit dem behandelnden Tierarzt zurückführen.

Zu einem anderen Ergebnis kommt HOEFT (1988). Er behandelt entzündlich veränderte Knie des Menschen mit  $-160^{\circ}\text{C}$  kaltem Gas und  $-30^{\circ}\text{C}$  kalter Luft. Die kalte Luft wird durch die Patienten als angenehmer empfunden als die Kaltgasanwendung.

Betrachtet man unterschiedliche Studien, so scheint ein postoperativer Einsatz von Kälte positive Auswirkungen auf den chirurgischen Wundbereich zu haben:

OHKOSHI et al. (1999) untersuchen den Einsatz eines Kühlungssystems basierend auf einem zirkulierenden Wasserstrom mit  $5^{\circ}\text{C}$  und  $10^{\circ}\text{C}$  kaltem Wasser nach operativer Versorgung einer Kreuzbandruptur beim Menschen in den ersten 48 Stunden post operationem. Beide Gruppen zeigen eine verringerte Rehabilitationszeit und erreichen 4 Tage vor der ungekühlten Kontrollgruppe die  $120^{\circ}$ -Flexion.

ARNOLD et al. (2005) heben die positiven Eigenschaften eines postoperativen Einsatzes einer Kältebehandlung auf den Wundbereich hervor. Sie nennen vor allem die Reduzierung des Schmerzes und einer Schwellung, sowie die entzündungshemmende Wirkung von Kälte.

REXING et al. (2010) untersuchen an 4 Patientengruppen die Wundschwellung bis 72 Stunden nach einer operativen Versorgung einer Kreuzbandruptur mit einem extrakapsulären Halteband am Hund. Gruppe 1 wird alle 24 Stunden mit einem frischen modifizierten Robert-Jones-Verband versorgt. Gruppe 2 wird ebenfalls mit einem modifizierten Robert-Jones-Verband bandagiert, aber einmal täglich 20 Minuten mit einem auf  $30^{\circ}\text{F}$  ( $= -1,1^{\circ}\text{C}$ )

herabgekühltem Cold-Pack gekühlt. Gruppe 3 wird ohne Verband nur einmal täglich für 20 Minuten mit einem 30°F kalten Cold-Pack gekühlt. Gruppe 4 bekommt zum Verbandswechsel des modifizierten Robert-Jones-Verbandes einmal täglich eine Behandlung mit Mikrostrom (microcurrent electrical therapy (MET)). Sie kommen zu dem Schluss, dass ein alleiniger Verband am wenigsten in der Lage ist, eine Verringerung der postoperativen Wundschwellung zu bewirken. Gruppe 2, 3 und 4 zeigen im Vergleich zur Gruppe 1 nach 72 Stunden post operationem eine signifikant geringere Wundschwellung als Gruppe 1. Die alleinig gekühlte Gruppe 3 schneidet etwas schlechter ab als Gruppe 2 und 4.

BRENKE (1994) stellt in seinen Untersuchungen beim Lymphödem beim Menschen eine deutliche Volumenreduktion fest, wenn einer Kompression eine Kaltluftbehandlung folgt. Die nicht mit Kaltluft behandelte Gliedmaße reagiert qualitativ wie die mit Kaltluft behandelte Gliedmaße, jedoch ist das Ausmaß der Volumenreduktion geringer.

Auch in der vorgestellten Studie können innerhalb der ersten 48 Stunden post operationem keine negativen Auswirkungen auf Haut und Wundbereich festgestellt werden. Beachtet man hierzu aber zusätzlich die analgetische Wirkung der Kaltluftbehandlung, erscheint ein postoperativer Einsatz von Kaltluft als durchaus sinnvoll. Über eine verkürzte Rehabilitationszeit können aber keine Aussagen getroffen werden, da hierfür die Untersuchungsdauer von 3 Tagen, in denen die Patienten in der Klinik stationär sind, eindeutig zu kurz ist. Eine Untersuchung des Verlaufs der Wundheilung über 10 Tage hinweg bis zum Fäden ziehen ist leider aufgrund der langen Anfahrtswege der Patienten nicht möglich.

Interessant ist, dass in den Untersuchungen kein Unterschied nachgewiesen werden kann, ob der Behandlungsbereich geschoren ist und einen Wundbereich enthält oder ob der Behandlungsbereich von Fell bedeckt ist und keinen Wundbereich aufweist. Das Vorhandensein von Fell auf der Hautoberfläche scheint keinen Einfluss auf den Verlauf der oberflächlichen Hauttemperatur und mögliche in tieferen Gewebeschichten ablaufende Abkühlungs- und Wiedererwärmungsprozesse zu haben. Ein Kaltluftstrom einer Strömungsgeschwindigkeit der Stufe 2 erscheint ausreichend stark, um die Luft trotz des Vorhandenseins von Fell direkt auf die Hautoberfläche applizieren zu können. Literatur zur oberflächlichen Hauttemperatur nach Kälteanwendung, die Behandlungsbereiche mit und ohne Fell vergleicht, findet sich derzeit nicht.

BLEAKLEY et al. (2004) kommen nach dem Vergleich zahlreicher Literaturstellen über Kryotherapie beim Menschen zu dem Schluss, dass es sinnvoll ist, Kryotherapie sowohl bei akuter Weichteilverletzung, wie z. B. Prellung und Verstauchung, sofort als auch postoperativ in der Rehabilitation einzusetzen.

ARNOLD et al. (2005) heben die positiven Eigenschaften eines postoperativen Einsatzes einer Kältebehandlung auf den Wundbereich hervor und empfehlen eine Kälteanwendung über 3 bis 4 Tage. Sie nennen vor allem die Reduzierung des postoperativen Schmerzes und einer Schwellung, sowie die entzündungshemmende Wirkung von Kälte.

Eine vergleichbare Studie von OHKOSHI et al. (1999) am Knie des Menschen untersucht den Effekt einer Kryotherapie mit einer Kaltwassermanschette (Icing System 2000) am Menschen nach einer Kreuzbandoperation über 48 Stunden post operationem hinweg. Es werden 3 Gruppen gebildet, bei denen eine Gruppe mit 5°C kaltem Wasser, eine Gruppe mit 10°C kaltem Wasser und eine Kontrollgruppe nicht gekühlt wird. Die 5°C-Gruppe und die 10°C-Gruppe zeigen eine signifikant niedrigere intraartikuläre Temperatur. Des Weiteren sind der von den Patienten angegebene Schmerzindex und die notwendige Dosis von Schmerzmitteln deutlich niedriger als bei der Kontrollgruppe. Die Dosisintervalle der Schmerzmittelgabe können verlängert werden. Wobei eine Schmerzreduzierung am stärksten in der 10°C-Gruppe ist. Die Menge des postoperativen Blutverlustes ist bei der 10°C Gruppe und der Kontrollgruppe vergleichbar, aber bei der 5°C Gruppe signifikant geringer. Letztendlich verkürzt sich auch die Zeit bis zum Erreichen einer 120° Flexion des operierten Knies in der Rehabilitation der 5°C- und 10°C Gruppe signifikant um 4 Tage. Sie beträgt bei den beiden gekühlten Gruppen im Schnitt ca. 13 Tage und bei der Kontrollgruppe 17 Tage. Einer postoperativen Kühlung kann ein positiver Effekt nachgewiesen werden. Negative Auswirkungen werden nicht beobachtet.

## 6 Zusammenfassung

Der postoperative Einsatz von trockener Kaltluft ( $-30^{\circ}\text{C}$ , Cryo-5® der Firma Zimmer Elektromedizin GmbH, Deutschland) nach ausgewählten orthopädischen (Hüfte, Knie) und neurologischen (Lenden- und Brustwirbelsäule) Eingriffen innerhalb der ersten 48 Stunden post operationem wird am Hund untersucht. Die Untersuchungen erfolgen an 76 Patienten unterschiedlichen Geschlechts, Alters, Körpergewichts und unterschiedlicher Rasse.

Die Bestimmung der oberflächlichen Hauttemperatur erfolgt an 46 Patienten unter Bildung von drei Gruppen (Gruppe 1, 2 und 3). Die Schmerzbewertung erfolgt an 30 Patienten unter Bildung von zwei Gruppen (Gruppe 4 und Gruppe 5).

Die durchschnittliche Ausgangstemperatur der Hautoberfläche im Operationsbereich von Gruppe 1 ( $n = 22$ ), welcher ein geschorenes Hautareal und die Wunde beinhaltet, beträgt  $29,77^{\circ}\text{C} \pm 2,3^{\circ}\text{C}$  mit dem niedrigsten Wert (MIN) von  $26,5^{\circ}\text{C}$  und dem größten Wert (MAX) von  $33,9^{\circ}\text{C}$ . Nach 5-minütiger Kaltluftbehandlung wird eine durchschnittliche tiefste Hautoberflächentemperatur von  $21,52^{\circ}\text{C} \pm 2,82^{\circ}\text{C}$  erreicht (MIN:  $14,8^{\circ}\text{C}$ , MAX:  $27,6^{\circ}\text{C}$ ). Somit sinkt die oberflächliche Hauttemperatur im Durchschnitt um  $8,24^{\circ}\text{C} \pm 2,42^{\circ}\text{C}$  ab.

Nach 30 Minuten beträgt die oberflächliche Hauttemperatur im Durchschnitt  $29,77^{\circ}\text{C} \pm 2,89^{\circ}\text{C}$  (MIN:  $23,8^{\circ}\text{C}$ , MAX:  $36,1^{\circ}\text{C}$ ) und hat somit annähernd den Ausgangswert vor der Kältebehandlung wieder erreicht.

Die durchschnittliche Ausgangstemperatur der Hautoberfläche der nicht operierten und im Behandlungsbereich nicht geschorenen Kontrollgruppe 2 ( $n = 14$ ) beträgt  $30,86^{\circ}\text{C} \pm 1,49^{\circ}\text{C}$  (MIN:  $27,8^{\circ}\text{C}$ , MAX:  $32,7^{\circ}\text{C}$ ). Nach 5-minütiger Kaltluftbehandlung wird eine durchschnittliche Hautoberflächentemperatur von  $21,61^{\circ}\text{C} \pm 2,40^{\circ}\text{C}$  (MIN:  $17,2^{\circ}\text{C}$ , MAX:  $25,0^{\circ}\text{C}$ ) erreicht. Somit sinkt die oberflächliche Hauttemperatur im Durchschnitt um  $9,26^{\circ}\text{C} \pm 2,64^{\circ}\text{C}$  ab.

Nach 30 Minuten beträgt die oberflächliche Hauttemperatur im Durchschnitt  $30,3^{\circ}\text{C} \pm 1,17^{\circ}\text{C}$  (MIN:  $28,7^{\circ}\text{C}$ , MAX:  $32,2^{\circ}\text{C}$ ) und hat somit annähernd wieder den Ausgangswert erreicht.

In Gruppe 3 ( $n = 10$ ) wird der Verlauf der oberflächlichen Hauttemperatur im Operationsbereich ohne Kaltluftbehandlung über 30 Minuten hinweg dokumentiert. Die durchschnittliche Ausgangstemperatur der Hautoberfläche beträgt  $29,31^{\circ}\text{C} \pm 1,61^{\circ}\text{C}$  (MIN:  $26,9^{\circ}\text{C}$ , MAX:  $31,8^{\circ}\text{C}$ ). Die durchschnittliche Endtemperatur der Hautoberfläche beträgt nach

30 min  $29,53^{\circ}\text{C} \pm 1,63^{\circ}\text{C}$  (MIN:  $27,2^{\circ}\text{C}$ , MAX:  $31,7^{\circ}\text{C}$ ). Somit findet ein geringfügiger Temperaturanstieg während der Untersuchung von  $0,19^{\circ}\text{C} \pm 0,32^{\circ}\text{C}$  statt.

Fell und Operationsbereich haben keine Auswirkungen auf den Verlauf der oberflächlichen Hauttemperatur nach 5-minütiger Kaltluftapplikation.

Die Schmerzbewertung nach Kaltluftapplikation erfolgt unter Anwendung des subjektiven Schmerzfragebogens (TACKE 2003).

Die Patienten der mit Kaltluft behandelten Gruppe 4 (n = 15) zeigen im Gegensatz zur ungekühlten Kontrollgruppe 5 (n = 15) ein signifikantes Absinken im Summenwert des subjektiven Schmerzfragebogens an Tag 1 von M“null“  $3,47 \pm 2,95$  auf M180  $2,8 \pm 2,14$  (p = 0,011). Der niedrigste Wert ist bei M60 mit  $2,2 \pm 2,18$  erreicht. An Tag 2 sinkt der Summenwert von M“null“  $2,27 \pm 1,83$  auf M180  $0,87 \pm 0,92$ . Der niedrigste Wert ist bei M90 mit  $0,60 \pm 0,74$  erreicht. An Tag 3 sinkt der Summenwert von M“null“  $1,47 \pm 1,85$  auf M180 mit  $0,33 \pm 0,82$ . Der niedrigste Wert ist bei M120 mit  $0,13 \pm 0,35$  erreicht.

Die Patienten der nicht gekühlten Kontrollgruppe zeigen am Tag der Operation ein Ansteigen des Summenwertes von M“null“  $2,6 \pm 1,92$  auf ein Maximum bei M90 von  $3,13 \pm 2,23$ , um dann bei M180 mit  $2,67 \pm 1,44$  nahezu den Ausgangswert wieder zu erreichen.

An Tag 2 steigt der Summenwert von M“null“  $2,67 \pm 1,84$  auf ein Maximum bei M30 von  $2,93 \pm 2,15$ , um dann bei M180 mit  $2,13 \pm 1,96$  unterhalb des Ausgangswertes zu liegen.

An Tag 3 liegt M“null“ bei  $0,53 \pm 0,83$ . Es folgt dann ein konstantes, dezentes Absinken im Summenwert auf M180  $0,40 \pm 0,74$ .

Es kann ein signifikant schmerzlindernder Effekt der Kaltluftbehandlung nachgewiesen werden (p = 0,011 am Operationstag, p = 0,04 an Tag 2 und 3).

Eine Kaltluftapplikation zeigt keinen signifikanten Einfluss auf die Körpertemperatur (p = 0,58), die Atemfrequenz (p = 0,64) und die Pulsfrequenz (p = 0,12).

Bei ordnungsgemäß durchgeführter Kaltluftbehandlung ist kein negativer Einfluss auf den Wundbereich nachweisbar.

Die Akzeptanz der Patienten für eine Kaltluftbehandlung in den Bereichen Brust- und Lendenwirbelsäule, Hüfte und Knie ist als gut zu bewerten.

## 7 Summary

The post operative use of dry cold air therapy ( $-30^{\circ}\text{C}$ , Cryo 5®, Zimmer Elektromedizin GmbH, Germany) during the first 48 hours after selected orthopaedic (hip-joint, knee-joint) and neurologic (thoracic and lumbar region of the spine) surgery is examined in dogs.

76 patients differing in gender, age, weight and breed are examined. Measuring of surface skin temperature is carried out on 46 patients divided into three groups (group 1, 2, 3).

Pain evaluation is carried out on 30 patients divided into two groups (group 4, 5).

At the beginning of the examination, the mean surface skin temperature of group 1 ( $n = 22$ ) is  $29.77^{\circ}\text{C} \pm 2.3^{\circ}\text{C}$ , with a minimum (MIN) at  $26.5^{\circ}\text{C}$  and a maximum (MAX) at  $33.9^{\circ}\text{C}$ . The area of skin around the surgical wound is shaved. After five minutes of cold air therapy, the lowest mean surface skin temperature is  $21.52^{\circ}\text{C} \pm 2.82^{\circ}\text{C}$  (MIN:  $14.8^{\circ}\text{C}$ , MAX:  $27.6^{\circ}\text{C}$ ). This means that the surface skin temperature of the examined patients has decreased by  $8.24^{\circ}\text{C} \pm 2.42^{\circ}\text{C}$  on average. After thirty minutes of cold air therapy the mean surface skin temperature is  $29.77^{\circ}\text{C} \pm 2.89^{\circ}\text{C}$  (MIN:  $23.8^{\circ}\text{C}$ , MAX:  $36.1^{\circ}\text{C}$ ), so it has almost returned to the initial value which had been measured before cold air treatment.

The initial mean surface skin temperature of group 2 ( $n = 14$ ) is  $30.86^{\circ}\text{C} \pm 1.49^{\circ}\text{C}$  (MIN:  $27.8^{\circ}\text{C}$ , MAX:  $32.7^{\circ}\text{C}$ ). Group 2 consists of patients which have not undergone surgery, therefore the area of skin where the measurements are taken is not shaved. After five minutes of cold air therapy, the mean surface skin temperature drops to  $21.61^{\circ}\text{C} \pm 2.40^{\circ}\text{C}$  (MIN:  $17.2^{\circ}\text{C}$ , MAX:  $25.0^{\circ}\text{C}$ ), so the surface skin temperature of the examined patients has decreased by  $9.26^{\circ}\text{C} \pm 2.64^{\circ}\text{C}$  on average. After thirty minutes the mean surface skin temperature of these patients is  $30.3^{\circ}\text{C} \pm 1.17^{\circ}\text{C}$  (MIN:  $28.7^{\circ}\text{C}$ , MAX:  $32.2^{\circ}\text{C}$ ) and has therefore almost returned to the initial value which has been measured before the cold air treatment.

Group 3 ( $n = 10$ ) has undergone surgery, but the patients do not receive cold air treatment. They are surveyed in the same way as group 1 and group 2 in order to account for any change in surface skin temperature after thirty minutes without cold air treatment.

At the beginning of the examination, the initial mean surface skin temperature of group 3 is  $29.31^{\circ}\text{C} \pm 1.61^{\circ}\text{C}$  (MIN:  $26.9^{\circ}\text{C}$ , MAX:  $31.8^{\circ}\text{C}$ ). After thirty minutes, the mean surface skin temperature of group 3 is  $29.53^{\circ}\text{C} \pm 1.63^{\circ}\text{C}$  (MIN:  $27.2^{\circ}\text{C}$ , MAX:  $31.7^{\circ}\text{C}$ ), so there is a slight increase of skin temperature by  $0.19^{\circ}\text{C} \pm 0.32^{\circ}\text{C}$  during examination.

Both, the presence or absence of fur and the location of the surgical wound, have no effect on the development of surface skin temperature after five minutes of cold air treatment.

Pain assessment after cold air treatment is carried out by using the subjective pain questionnaire (TACKE 2003). Group 4 (n = 15) receives cold air treatment. In contrast to group 5 (n = 15), which is the control group (no cold air treatment), the patients of group 4 show a significant decrease of the cumulative total of the pain questionnaire (TACKE 2003) on day 1 (p = 0,011). The total decreases from M"zero"  $3.47 \pm 2.95$  to M180  $2.8 \pm 2.14$  (p = 0,011). The lowest total is found at M60 ( $2.2 \pm 2.18$ ). On day 2, the cumulative value goes down from M"zero"  $2.27 \pm 1.83$  to M180  $0.87 \pm 0.92$ . The lowest total is found at M90 ( $0.60 \pm 0.74$ ). On day 3, the cumulative value goes down from M"zero"  $1.47 \pm 1.85$  to M180  $0.33 \pm 0.82$ . The lowest value is found at M120 ( $0.13 \pm 0.35$ ).

Patients of the non-cooled control group (group 5) show an increase of the cumulative value on the day of the operation, from M"zero"  $2.6 \pm 1.92$  to a maximum at M90  $3.13 \pm 2.23$ . At the end of the examination M180 is at  $2.67 \pm 1.44$  which is close to the initial value M"zero". On day 2, the cumulative value increases from M"zero"  $2.67 \pm 1.84$  to a maximum at  $2.93 \pm 2.15$  at M30. It then decreases below the initial value with  $2.13 \pm 1.96$  at M180. Day 3 starts with M"zero" at  $0.53 \pm 0.83$ , then follows a constant, discreet decrease of the cumulative value to M180  $0.40 \pm 0.74$ .

Cold air therapy has a significant, pain-alleviating effect (p = 0.011 on day of surgery, p = 0.04 on day 2 and day 3).

Cold air therapy has no significant effect on body temperature (p = 0.58), breathing rate (p = 0.64) or pulse rate (p = 0.12).

If applied correctly, cold air treatment has no negative effect on the condition of the surgery wound area.

The acceptance of cold air therapy by patients that have had surgery in the region of thoracic and lumbar spine, hip-joint and knee-joint can be evaluated as "good".

## 8 Literaturverzeichnis

ALEXANDER, C.-S. (2004)

Physikalische Therapie für Kleintiere

2., neubearbeitete Auflage

Parey Verlag Stuttgart, 111-117; 135; 191-199

AMMER, K. (1991)

Einfluß von Kältepackungen unterschiedlicher Größe und Applikationsdauer auf die Hauttemperatur des Lendenbereichs. Ein Beitrag zur Dosierung der Kryotherapie.

Kältetherapie aus interdisziplinärer Sicht, 3-Länder-Symposium Schweiz-Österreich-Deutschland; Wien, 26. Januar, 55-63

ANDERSON, M. (1991)

Die Behandlung mit Kälte – eine Therapie mit ungeahnten Fähigkeiten

HP – Naturheilkunde – Neue Therapie 9: 1-8

ARMAN, M., FRICKE, R. und LIMAN, W. (1980)

Vergleichende venenschlußplethysmographische Untersuchungen nach Kryo- und Thermo-therapie bei chronischer Polyarthrit

Zeitung für Physikalische Medizin 9: 70-72

ARMAN, M. I. (1983)

Vergleichende Untersuchungen zur analgetischen Wirkung der Kryotherapie unter verschiedener Applikationsdauer

Zeitschrift für physikalische Medizin, Balneologie, medizinische Klimatologie 12: 327-330

ARNOLD, G. und MILLIS, D. L. (2005)

Physical rehabilitation: Improving the outcome in dogs with orthopaedic problems

Veterinary Medicine June 2005: 438-445

ARRAS, M., BECKER, K., EBERSPÄCHER, E., HABERSTROH, J., HENKE, J. und SAGER, M. (2010)

Empfehlung Schmerztherapie bei Versuchstieren

Gesellschaft für Versuchstierkunde (Society of Laboratory Animal Science)

Ausschuss für Anästhesie, Analgesie und Schmerzprophylaxe der GV-SOLAS

Internet: <http://www.gv-solas.de/auss/ana/schmerzen.pdf>

BENSON, T. B. und COPP, E. P. (1974)

The effects of therapeutic forms of heat and ice on the pain threshold of the normal shoulder

Rheumatology and Rehabilitation 13: 101-104

BERLINER, M. N. (1999)

Thermotherapie bei rheumatischen Erkrankungen

Zeitschrift für ärztliche Fortbildung und Qualität im Gesundheitswesen 93: 331-334

BETTMAN, B. (1897)

Frenkel's treatment of ataxia by means of exercise

Journal of the American Medical Association 28: 5-8

BIRWE, G., FRICKE, R. und HARTMANN, R. (1989)

Ganzkörperkältetherapie (GKKT). Beeinflussung der subjektiven Beschwerdelinderung und der Gelenkfunktion

Zeitschrift für physikalische Medizin, Balneologie, medizinische Klimatologie 18: 11-15

BLEAKLEY, C., MCDONOUGH, S. und MACAULEY, D. (2004)

The Use of Ice in the Treatment of Acute Soft-Tissue Injury

The American Journal of Sports Medicine 32/1: 251-261

BOAS, I. (1926)

Über provokatorische Erzeugung okkultur Blutungen

Deutsche Medizinische Wochenschrift 52: 349-351

BOBATH, B. und BOBATH, K. (2005)

Die motorische Entwicklung der Zerebralparese

6., unveränderte Auflage

Verlag Thieme Stuttgart, 11-15

BOCKSTAHLER, B., LEVINE, D. und MILLIS, D. (2004)

Physiotherapie auf den Punkt gebracht

BE Vetverlag, 110-114

BOCOBO, C., FAST, A., KINGERY, W. und KAPLAN, M. (1991)

The effect of ice on intra-articular temperature in the knee of the dog

American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation 70: 181-185

BRACHTEL, R. und SCHRAMM, P. (1978)

Telethermographie und Infrarot-Thermometrie in der Diagnostik raynaudartiger  
Zustandsbilder

Medizinische Welt 14: 588

BRENKE, R. (1994)

Kaltlufttherapie und Lymphödem

Therapie und Praxis 4: 9-10

BRUNTON und TUNNICLIFFE (1895)

Massage der Muskeln

Medizinisches Centralblatt Nr. 7

In: Anacker, H. (Hrsg.): Der Thierarzt – Eine Monatsschrift 34: 90-91

BUFALARI, A., ADAMI, C., ANGELI, G. und SHORT, C.E. (2007)

Pain Assessment in Animals

Veterinary Research Communications 31: 55-58

CALLIES, R., BOCKER, B., SCHREIBER, U., SMOLENSKI, U. und STEINBERG, R. (1992)

Dosisparameter einer lokalen Kaltluftapplikation

Physikalische Medizin, Rehabilitationsmedizin, Kurortmedizin 2: 190-193

CHESS, C. (2001)

Cold Air in Laser Therapy

Lasers in Surgery and Medicine 29: 107

CHESS, C. und CHESS, Q. (1993)

Cool laser optics treatment of large teleangiectasia of the lower extremities

Journal of Dermatologic Surgery and Oncology 19: 74-80

CLEFFMANN, G. (1987)

Stoffwechselfysiologie der Tiere

2., überarbeitete Auflage

Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, 220-229

COBBOLD, A. F. und LEWIS, O. J. (1956)

Blood flow to the knee joint of the dog. Effect of heating, cooling and adrenaline

Journal of Physiology 132: 379-383

COLLINS, A. und RING, E. F. J. (1974)

Eine einfache Methode zur Entzündungsobjektivierung bei Mensch und Tier mittels Radiometrie

Zeitschrift für Rheumatologie 33: 417

COOPER, I. S. (1963)

Cryogenic surgery: A New Method of Destruction or Extirpation of Benign or Malignant Tissues

The New England Journal of Medicine 268/14: 743-749

COOPER, I. S. und LEE, A. (1961)

Cryostatic congelation: a system for producing a limited, controlled region of cooling or freezing of biologic tissue

The Journal of Nervous and Mental disease 133: 259-263

CORDES, J. C. (1972)

Die thermische Hautreaktion in der Hydrotherapie

Zeitschrift für Physiotherapie 4: 241

CRAIG, A. D. (2003)

Pain mechanisms: Labeled Lines Versus Convergence in Central Processing

Annual Review of Neuroscience 26: 1-30

DAHME, E. und WEISS, E. (1999)

Grundriß der speziellen pathologischen Anatomie der Haustiere

5., neu bearbeitete und erweiterte Auflage

Enke Verlag Stuttgart, 512

DANA, A. S., REX, I. H. und SAMITZ, M. H. (1969)

The Hunting Reaction

Archives of Dermatology 99: 441-450

DAVIS, P. (1993)

Opening up the gate control theory

Nursing Standard 7/45: 25-27

DEETJEN, P. und SPECKMANN, E.-J. (1999)

Physiologie

3. Auflage

Urban und Fischer Verlag, 339-341, 473-490

DEL BLUE, M. und MAZZOCHI, G. (1982)

The cryosurgery as therapie of hoof deseases of cattle

In: Proceedings of the 4th International Symposium on Disorders of the Ruminant digit  
Societe Francaise de Buiatrie, Paris, 233-241

DICKENSON, A. H. (2002)

Gate Control Theory of pain stands the test of time

British Journal of anaesthesia 88/6: 755-757

DRAEMPAEHL, D. und ZOHMANN, A. (1995)

Akupunktur bei Hund und Katze

Gustav Fischer Verlag, Jena, 8

DREXEL, H. (1978)

Kryo- und Thermotheapie in der orthopädischen Behandlung

Orthopäde 7: 266

DREZ, D., FAUST, D. C. und EVANS, J. P. (1981)

Cryotherapy and nerve palsy

American Journal of Sports Medicine 9: 256-257

ELDAR, R. und JELIC, M. (2003)

The association of rehabilitation and war

Disability and Rehabilitation 25/3: 1019-1023

ELLENBERGER, W. und SCHÜTZ (1882)

Jahresbericht über die Leistungen auf dem Gebiete der Veterinär-Medicin

Verlag August Hirschwald, Berlin, Band 1: 131

ENGEL, J. M. (1978)

Quantitative Thermographie des Kniegelenkes

Zeitschrift für Rheumatologie 37: 242

ENWEMEKA, C. S., ALLEN, C., AVILA, P., BINA, J., KONRADE, J. und MUNNS, S. (2001)

Soft tissue thermodynamics before, during, and after cold pack therapy  
Medicine and Science in sports and exercise 34/1: 45-50

ERHARDT, W., HENKE, J. und HABERSTROH, J. (2004)

Anästhesie & Analgesie beim Klein- und Heimtier  
Verlag Schattauer, Stuttgart, 360-391

ERNST, E. und FIALKA, V. (1994)

Ice freezes pain? A review of the clinical effectiveness of analgesic cold therapy  
Journal of Pain and Symptom Management 9/1: 56-59

FELIX, D., HECKMANN, R., MÜLLER, A. und VON SALIS, B. (1993)

Nozizeption und Schmerzwahrnehmung  
Veterinär Spiegel 3: 4-11

FERCHER, A. F. (1999)

Medizinische Physik  
2., korrigierte Auflage  
Springer-Verlag Wien, New York, 258-285

FIRTH, A. M. und HALDANE, S. L. (1999)

Development of a scale to evaluate postoperative pain in dogs  
Journal of the American Veterinary Medical Association 214: 651-659

FLECKNELL, P. (1999)

Pain-assessment, alleviation and avoidance in laboratory animals  
ANZCCART News 12/4: 1-6

FOSSUM, T. W. (2007)

Chirurgie der Kleintiere

1. Auflage

Verlag Elsevier GmbH, München, 675-677

FRENKEL, H. S. (1890)

Die Therapie atactischer Bewegungsstörungen

Münchener Medizinische Wochenschrift 37: 917-920

FRICKE, R. (1989)

Ganzkörperkältetherapie in einer Kältekammer mit Temperaturen um -110°C

Zeitschrift für physikalische Medizin, Balneologie, medizinische Klimatologie 18: 1-10

GESENIUS, H. (1936)

Über Tiefenhyperämie, zugleich ein Beitrag zur Wirkungsweise der Ultrakurzwellen

Deutsche Medizinische Wochenschrift 62: 1533-1537

GIESE, C. (1994)

Mensch und Tier im Mittelalter

Tierärztliche Praxis 22: 103-110

GRANGER, F. B. (1976)

The Development of Physiotherapy

Physical Therapy 56/1: 13-14

GROSS, D. M. (2002)

Canine Physical Therapy – Orthopedic Physical Therapy

Wizard of Paws Verlag, Connecticut, 1-27

HAMMES, S., FUCHS, M. und RAULIN, C. (1999)

Kaltluft in der Lasertherapie: Erste Erfahrungen mit einem neuen Kühlsystem

Dermatology 5: 338-342

HANDWERKER, H. O. (1999)

Einführung in die Pathophysiologie des Schmerzes

Springer Verlag, Berlin, 173

HARDIE, E. M. (2000)

Recognition of pain behaviour in Animals

In: Hellebrekers, L. J. (Hrsg.): Animal Pain

Van der Wees Verlag, Utrecht, 51-70

HEIPERTZ, W. (2001)

100 Jahre Physikalische Therapie und Rehabilitation

Der Orthopäde 30/1: 750-755

HELLEBREKERS, C. J. (2001)

Schmerz und Schmerztherapie beim Tier

Verlag Schlütersche Hannover, 53-60

HELLENTHAL, W. (1988)

Physik und ihre Anwendung in der Praxis für Pharmazeuten, Mediziner und Biologen

4., neubearbeitete Auflage

Verlag Thieme Stuttgart, 87-89, 103-106

HENSEL, H. (1981)

Thermoreception and Temperature Regulation

Monographs of the physiological society

Academic Press London, New York, 18-32, 33-63, 169-184, 280-231

HEISEL, J. (2005)

Physikalische Medizin

In: Grifka, J. (Hrsg.) Praxiswissen Halte- und Bewegungsorgane

Verlag Thieme Stuttgart, 84

HOCUTT, J. E., JAFFE, R., RYLANDER, C. R. und BEEBE, J. K. (1982)

Cryotherapy in ankle sprains

American Journal of Sports Medicine 10: 316-319

HOEFT, G. (1988)

Schmerzmessung nach lokaler Kaltgastherapie am Knie

Zeitschrift für physikalische Medizin, Balneologie, medizinische Klimatologie 17: 226-230

HOHMANN, M. (2008)

Physiotherapie in der Kleintierpraxis

Sonntag Verlag Stuttgart, 304-309

HOLTON, L. L., SCOTT, E. M., NOLAN, A., REID, J., WELSH, E. und FAHERTY, D.  
(1998)

Comparison of three methods used for assessment of pain in dogs

Journal of the American Veterinary Medical Association 212: 61-66

JAGGER, D. H. und ROBINSON, N. G. (2003)

Die Geschichte der Akupunktur in der Tiermedizin

In: Schoen, A. M. (Hrsg.): Akupunktur in der Tiermedizin

Urban und Fischer Verlag, München / Jena, 6

JAMAUCHI, T. (1986)

Whole Body Cryo-Therapy is Method of extreme cold -175°C Treatment initially used for  
Rheumatoid Arthritis

Zeitschrift für physikalische Medizin, Balneologie, medizinische Klimatologie 15: 311

JANSEN, U. und FRICKE, R. (1986)

Hauttemperatur nach lokaler Kaltlufttherapie

Zeitschrift für physikalische Medizin, Balneologie, medizinische Klimatologie 17: 217-225

JOCHHEIM, K. A. (1995)

Neurorehabilitation: gestern, heute und morgen

Wiener Medizinische Wochenschrift 145: 535-536

JOHNSON, D. J., MOORE, S., MOORE, J. und OLIVE, R. A. (1979)

Effect of cold submersion on intramuscular temperature of the gastrocnemius muscle

Physical Therapy 59: 1238-1242

JOHNSTON, S. A., McLAUGHLIN, R. M. und BUDSBERG, S. C. (2008)

Nonsurgical management of osteoarthritis in dogs

The Veterinary clinics of North America. Small animal practice 38/6: 1149-1170

JUNG, C., STUMPF, G., LITZKE, L.-F. und BOSTEDT, H. (2008)

Zur konservativen Therapie der Urachusfistel beim Fohlen: Kryochirurgie versus Metakresolverödung

Pferdeheilkunde 24/4: 554-564

JUNGMANN, H., WOLF, J. (1967)

Hautreaktion bei Kranken mit entzündlichen und nicht entzündlichen rheumatischen Gelenkveränderungen

Zeitschrift für Rheumaforschung 26: 383

KEATINGE, W. R. (1961)

The return of blood flow to fingers in icewater after suppression by adrenaline or noradrenaline

The Journal of Physiology 159: 101-110

KERN, H. (1984)

Kryotherapie – Das Verhalten der Gelenktemperatur unter Eisapplikation – Grundlagen für die praktische Anwendung

Wiener klinische Wochenschrift 96/22: 832

KERN, H. (1991)

Grundlagen der Kältetherapie

In: Kältetherapie aus interdisziplinärer Sicht, 3-Länder-Symposium Schweiz-Österreich-Deutschland, Wien, 26. Januar, 9–20

KILLIAN, H. (1973)

Geschichte der Lokalanästhesie

In: Killian, H. (Hrsg): Lokalanästhesie und Lokalanästhetika  
Verlag Thieme, Stuttgart, 11-15

KLINKE, R. und SILBERNAGL, S. (2003)

Lehrbuch der Physiologie

Verlag Thieme Stuttgart, 381-392; 559-560

KNOBLOCH, K., GRASEMANN, R., JAGODZINSKI, M., RICHTER, M., ZEICHEN, J.  
und KRETTEK, C. (2006)

Changes of Achilles Midportion Tendon Microcirculation after repetitive simultaneous  
Cryotherapie and Compression using a Cryo / Cuff

The American Journal of Sports Medicine 34/12: 1953-1959

KNOLLMANN, B. C. und BERLINER, M. (1990)

Vergleichende Untersuchungen zur Wirkung von drei verschiedenen Formen der  
Cryotherapie (Cryogelbeutel, Kaltluft und kalter Stickstoff) auf Hauttemperatur und  
Hautdurchblutung gesunder Probanden

Zeitschrift für physikalische Medizin, Balneologie, medizinische Klimatologie 19: 225

KNÜSEL, O. (1991)

Die lokale Kryotherapie bei rheumatischen Erkrankungen

Kältetherapie aus interdisziplinärer Sicht, 3-Länder-Symposium Schweiz-Österreich-  
Deutschland, Wien, 26. Januar, 29-32

KOCH, A. (1889)

Encyklopädie der gesammten Thierheilkunde und Thierzucht

Band 6

Verlag Moritz Perles, Wien, 303-307

KOTHBAUER, O. und MENG, A. (1990)

Grundlagen der Veterinärakupunktur

2. Auflage

Verlag Welsermühle, Wels, 20

KROHN-GRIMBERGHE, B. und DECHERT, M. (1988)

Lokale Kältetherapie: Trockenluft und Stickstoff-Behandlung im Vergleich

Zeitschrift für physikalische Medizin, Balneologie, medizinische Klimatologie 17: 369

KRÖLING, P., SCHÖPS, P., MÜHLBAUER, M. und SENN, E. (1990)

Einfluß von Eis und Kaltluft auf die Schmerzschwelle im Bereich der articulatio humeroradialis

Zeitschrift für physikalische Medizin, Balneologie, medizinische Klimatologie 19: 227

KUNTZ, A. und HASELWOOD, L. A. (1940)

Circulatory reactions in the gastrointestinal tract elicited by localized cutaneous stimulation

American Heart Journal 20: 743-749

LEE, H., IIDA, T., MIZUNO, A., SUZUKI, M. und CATERINA, M. J. (2005)

Altered Thermal Selection Behaviour in Mice Lacking Transient Receptor Potential Vanilloid 4

The Journal of Neuroscience 25/5: 1304-1310

LEE, J. M., WARREN, M. P., MASON, S. M. (1978)

The effects of ice on nerve conduction velocity

Physiotherapy 64: 2-7

LEWIS, T., HAYNAL, J., KERR, W., STERN, E. und LANDIS, E. M. (1930)

Observation upon the reaction of the vessels of the human skin to cold

Heart 15: 177-208

LITZKE, L.-F. und SIEBERT, J. (1990)

Die Urachusfistel (Urachus petens) beim Fohlen – Eine weitere Indikation für den Einsatz der Kryochirurgie

Pferdeheilkunde 6/2: 79-83

LOEFFLER, K. (1994)

Anatomie und Physiologie der Haustiere

9. Auflage

Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, 347

LÖSCHER, W., UNGEMACH, F. R. und KROKER, R. (2002)

Pharmakotherapie bei Haus- und Nutztieren

5. neubearbeitete Auflage

Parey Buchverlag, Berlin, 67-69, 79-81, 106-108

LORENTZ, E. und WITTMERS Jr., M.D. (2001)

Pathophysiology of Cold Exposure

Minnesota Medicine 84/11: 30-36

LOWDEN, B. J. und MOORE, R. J. (1975)

Determinants and nature of intramuscular temperature changes during cold therapy

American Journal of Sports Medicine 54: 223-232

MARGGRAFF, P. (1882)

Ueber Massage und ihre Anwendung in der Thierheilkunde

In: Adam, Th. (Hrsg.): Wochenschrift für Thierheilkunde und Viehzucht 26/27: 233-237

MARTENS, A. (2004)

Spezielle chirurgische Techniken (Laser- und Kryochirurgie)

In: Kramer, A. (Hrsg.): Kompendium der Allgemeinen Veterinärchirurgie

Schlütersche Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG, Hannover, 320-327

MATHEWS, K. A. (2000)

Pain assesment and general approach to management

Small Animal Practice 30: 729-756

MELZACK, R. und WALL, P. D. (1965)

Pain mechanisms: a new theory

Science 150: 971-979

MERSKEY, H. und BOGDUK, N. (1994)

Classification of Chronic Pain / IASP Task Force for Taxonomy

Second Edition

IASP Press Seattle, 209-214

MIEHLKE, H. (1991)

Einsparung von Analgetika und Antiphlogistika bei älteren Patienten

In: Kältetherapie aus interdisziplinärer Sicht, 3-Länder-Symposium Schweiz-Österreich-Deutschland, Wien, 26.Januar, 21-27

MILLIS, D. L., LEVINE, D. und TAYLOR, R. A. (2004)

Canine Rehabilitation and Physical Therapy

Verlag Saunders Elsevier St. Louis, Missouri (USA), 1-2, 277-288

NADLER, S. F., WEINGAND, K. und KRUSE, R. J. (2004)

The Physiologic Basis and Clinical Applications of Cryotherapy and Thermotherapy for the Pain Practitioner

Pain Physician 7: 395-399

NOBIS, G. (1979)

Der älteste Haushund lebte vor 14.000 Jahren

Umschau 19: 610

NOELLE, B.-M. (1989)

Der Einfluß verschiedener Kältemedien und –ausgangstemperaturen auf das Gewebe

Physiotherapie 80: 285-290

OHKOSHI, Y., OHKOSHI, M., NAGASAKI, S., HASHIMOTO, T. und YAMANE, S. (1999)

The Effect of Cryotherapy on Intraarticular Temperature and Postoperative Care after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction

The American Journal of Sports Medicine 27/3: 357-362

OOSTERVELD, F. G. J., RASKER, J. J. und JACOBS, J. W. (1992)

The effect of local heat and cold therapy on the intraarticular and skin surface temperature of the knee

Arthritis and Rheumatism 35: 146-151

OTT, K.-D. (1991)

Kaltlufttherapie

Physiotherapie 81: 231-232

RAEKALLIO, M., TAYLOR, P. M. und BLOMMFIELD, M. (1997)

A comparison of methods for evaluation of pain and distress after orthopaedic surgery in horses

Veterinary Anaesthesia and Analgesia 24: 17- 20

RAULIN, C., GREVE, B. und HAMMES, S. (2000)

Cold Air in Laser Therapy: First Experiences with a New Cooling System

Lasers in Surgery and Medicine 27: 404-410

- 
- REXING, J., DUNNING, D., SIEGEL, A. M., KNAP, K. und WERBE, B. (2010)  
Effects of Cold Compression, Bandaging, and Microcurrent Electrical Therapy after Cranial  
Cruciate Ligament Repair in Dogs  
Veterinary Surgery 39: 54-58
- SCHERER, R. (1997)  
Intraoperative Wärmekonservierung  
Der Anästhesist 46: 81-90
- SCHEUNERT, A. und TRAUTMANN, A. (1987)  
Lehrbuch der Veterinärphysiologie  
Verlag Paul Parey Berlin, Hamburg, 146-159
- SCHMIDT, K. L., MÄURER, R. und RUSCH, D. (1979)  
Zur Wirkung örtlicher Wärme- und Kälteanwendungen auf die Hauttemperatur am  
Kniegelenk  
Zeitschrift für Rheumatologie 38: 213-219
- SCHMIDT, R. F. und THEWS, G. (1997)  
Physiologie des Menschen  
Springer Medizin Verlag Heidelberg, 649-671
- SCHMIDT, R. F., LANG, F. und THEWS, G. (2004)  
Physiologie des Menschen mit Pathophysiologie  
Springer Medizin Verlag Heidelberg, 277-278, 303-305, 321-322, 332-333, 894-908
- SEIBT, W. (2001)  
Physik für Mediziner  
Verlag Thieme Stuttgart, 159-179

SENN, E. (1985)

Kältetherapie

Therapiewoche 35: 3609-3616

SIEBERT, J. (1999)

Kryochirurgie

In: Kessler, M. (Hrsg.): Kleintieronkologie

Blackwell Wissenschafts-Verlag Berlin, Wien, 193-200

SMOLANDER, J. (2002)

Effect of cold exposure on older humans

International Journal of Sports Medicine 23: 86-92

STEINBERG, R., CALLIES, R. und BOCKER, B. (1994)

Schmerzänderung in der ersten und zweiten Hälfte einer seriellen Kaltlufttherapie

Physikalische Medizin, Rehabilitationsmedizin, Kurortmedizin 4: 120-121

STEINHAUSEN, M. und GULBINS, E. (2003)

Medizinische Physiologie

Ecomed Verlagsgesellschaft Landsberg, 209-217

STRATZ, T., WEIS, H. und STREUBEL, J. (1989)

Erfahrungsbericht zur Ganzkörperkältetherapie mit der neu entwickelten Kältekabine

Medivent GKKT

Zeitschrift für physikalische Medizin, Balneologie, medizinische Klimatologie 18: 383-389

STRIEBEL, W. (2002)

Therapie chronischer Schmerzen. Ein praktischer Leitfaden

Verlag Schattauer Stuttgart, New York, 118-119

TACKE, S. P. (2003)

Möglichkeiten und Grenzen der klinischen Algesimetrie unter besonderer Berücksichtigung der präemptiven und postoperativen Schmerztherapie beim Hund

Habilitationsschrift

VVB Laufersweiler Verlag, 1-3, 12-27, 30-33, 52-77, 135-145, 241-254

TACKE, S., REINERT, J. und HENKE, J. (2007)

Schmerzerkennung und Schmerzmanagement bei Hund, Katze und Heimtier

Fachpraxis 51: 4-15

THEWS, G., MUTSCHLER, E. und VAUPEL, P. (1999)

Anatomie, Physiologie, Pathophysiologie des Menschen

Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH Stuttgart, 462-471, 660

TRAUTWEIN, A., et al. (1999)

Physik für Mediziner, Biologen, Pharmazeuten

Verlag de Gruyter Berlin, New York, 138-140, 252-254

TRAVELL, J. G., SIMONS, D. G. (1983)

Myofascial pain and dysfunction – The Triggerpoint Manual, Vol. 1

Verlag Williams und Wilkins, 27, 67-102

TRNAVSKY, G. (1979)

Quantitative Durchblutungsmessung vor, während und nach Eisapplikation

European Journal for Vascular Medicine 8: 20-22

TRNAVSKY, G., KERN, H. und FESSL, L. (1980)

Verhalten der Muskeltemperatur unter Kryotherapie

Zeitschrift für physikalische Medizin, Balneologie, medizinische Klimatologie4: 215-219

VANEPS, A. W. und POLLIT, C. C. (2004)

Equine laminitis: Cryotherapy reduces the severity of the acute lesion

Equine Veterinary Journal 36/3: 255-260

VIEFHUES, G. (2007)

Sinn und Unsinn der Physiotherapie nach Operationen an Hüfte und Knie

In: Referatezusammenfassung, 17.11.2007,

53. Jahreskongress der Deutschen Gesellschaft für Kleintiermedizin, Berlin, 60-67

VOGEL, E. (1884)

Die Massage – ihre Theorie und practische Verwerthung in der Veterinärmedizin

Verlag Paul Neff, Stuttgart, 4-7, 14-48

WALDVOGEL, H. H. (2001)

Analgetika, Antinozizeptiva, Adjuvanzien. Handbuch für die Schmerzpraxis

Springer Verlag, Berlin, 3-7, 21-37, 98-99, 154-155

WALL, P. D. (1992)

Defining Pain in animals

In: Animal Pain

Appleton and Lance, New York, 63-79

WERNER, J. (1977)

Influences of Local and Global Temperature Stimuli on the Lewis-Reaction

Pflügers Archiv 367: 291-294

WÜNNENBERG, W. und HARDY, J. D. (1972)

Response of single units of the posterior hypothalamus to thermal stimulation

Journal of Applied Physiology 33: 547-552

ZENZ, M. und JURNA, I. (2001)

Lehrbuch der Schmerztherapie

Wissenschaftliche Verlags GmbH Stuttgart, 309-322

ZIMMERMANN, M. (1983)

Physiologische Mechanismen von Schmerz und Schmerztherapie

Der Praktische Tierarzt 64: 10-25

ZIMMERMANN, M. (1986a)

Mechanismen der Schmerzentstehung und der Schmerzbehandlung

Der Internist 27: 405-411

ZIMMERMANN, M. (1986b)

Behavioural investigations of pain in animals

In: Duncan, I. J. H. und Malow, V. (Hrsg.): Proceedings of the workshop:

Assessing pain in farm animals

Roslin, Scotland, 30-35

ZOHMANN, A. (2004)

Zur Geschichte der Physiotherapie beim Tier unter Berücksichtigung der Grundlagenforschung

In: Alexander, C.-S.(Hrsg): Physikalische Therapie für Kleintiere

Parey Verlag Stuttgart, 111-118

ZWECKER, M., ZEILIG, G. und OHRY, A. (2004)

Professor Heinrich Sebastian Frenkel: a forgotten founder of Rehabilitation Medicine

Spinal Cord 42: 55-56

## 9 Anhang

**Tabelle 24: Bestimmung der oberflächlichen Hauttemperatur und der Akzeptanz unter Berücksichtigung der Lokalisation des Messbereichs**

Einteilung in 3 Gruppen: **Gruppe 1** ist operiert und kältebehandelt ( $n = 22$ ), **Gruppe 2** ist nicht operiert und kältebehandelt ( $n = 14$ ), **Gruppe 3** ist operiert und nicht kältebehandelt ( $n = 10$ ),  $n$ -gesamt = 46

$T$ : oberflächliche Hauttemperatur zum jeweiligen Messzeitpunkt, Messpunkte alle 5 Minuten,  $T_{vor}$ : oberflächliche Hauttemperatur vor Kaltluftbehandlung,  $T_{null}$ : oberflächliche Hauttemperatur nach 5-minütiger Kaltluftbehandlung

Gruppe	Patient	$T_{vor}$	$T_{null}$	$T_5$	$T_{10}$	$T_{15}$	$T_{20}$	$T_{25}$	$T_{30}$	Akzeptanz	Messbereich
1	1	31,4	24,2	27,5	28,9	29,1	31,4	30,2	31,3	2	1
1	2	28,9	18,9	23,2	25,8	27,3	29	28,5	28,7	1	2
1	3	26,9	17,9	21	21,8	22,8	23,6	23,4	23,8	0	3
1	4	29,4	19,8	26	27,3	27,6	27,4	27,7	28,4	1	2
1	5	30,1	23,7	27	29,5	29,7	30,4	30,1	31,2	1	1
1	6	30,7	18,5	21,7	24	26,1	27,8	27,6	28,4	1	1
1	7	27,5	14,8	21,3	24,1	25,5	26,7	27	27,5	1	3
1	8	29,4	23,2	26,9	27,9	28,8	30,4	29,5	30,6	2	1
1	9	30,4	21	25,5	28	29,8	30,5	30,9	30,8	1	2
1	10	27,2	19,3	22,3	23,7	25,2	25,5	25,9	25,8	0	2
1	11	28	20,6	23	25,4	26,4	27,4	27,7	28	0	3
1	12	33,8	27,6	32,1	32,4	35,3	35,2	36,1	36,1	2	2
1	13	31,9	22,2	24,3	29,3	29,8	31,5	32	32,4	1	1
1	14	33,9	23,6	29,1	30,9	32,8	35,2	34,5	35,3	1	2
1	15	32,4	20,9	25,2	28	28,2	30	30,4	30,4	1	1
1	16	32,3	22,8	28,8	31,3	32,5	32,7	32,6	32,9	1	3
1	17	27,6	20,4	23,3	24,5	26,3	27,8	28,3	28,1	2	3
1	18	26,5	19,4	21,9	23,1	23,9	25,1	25,8	26,1	1	3
1	19	29,8	23	24,1	26,5	29,1	29	28,1	29	3	3
1	20	28,5	24,3	27,9	29,1	29,5	30,5	30	30,1	2	2
1	21	31,8	23,9	30,7	29,6	29,7	29,7	30,4	30,3	1	2
1	22	26,5	23,5	26,1	28,3	29	29,3	29,5	29,7	1	3
2	1	32,7	25	29,7	30	30,1	31,2	30,6	32,2	2	2
2	2	31,1	21,7	27,7	30,5	32	32,8	32,6	32,1	1	1
2	3	31,4	22,4	26,8	27,7	28,9	29,9	29,5	30,8	1	3
2	4	32,5	22,9	28,3	29,9	31,1	29,4	30,8	31,3	1	2
2	5	31,9	23,1	27,9	29,4	29,8	30,3	30,5	31	2	2
2	6	31,2	17,2	23,2	26,3	27,2	27,9	28,6	29,2	1	3
2	7	32,2	21,9	26,1	27,4	29,7	30,6	30,4	30,3	1	3
2	8	30,9	23,5	26,2	28,5	29,4	29,8	29,4	29,4	1	3
2	9	27,8	21,8	28,5	30,1	31,3	31,9	32,1	31,2	1	1
2	10	30,5	17,7	21,9	25,4	27,7	28,4	28,1	29,1	2	1
2	11	30,2	22,3	26,6	29	29,7	29,3	29,8	29,8	1	2
2	12	31,7	21,5	27,5	30,7	32,6	31,7	30,5	30,3	1	1
2	13	28	23,8	26,8	27,3	28,5	29	28,7	28,7	0	1
2	14	30	17,7	23,3	25,8	28,2	29,4	28,7	28,8	1	3
3	1	30,5	30,5	30,8	31,1	31,7	30,9	31,4	31,3	*	3

<b>Gruppe</b>	<b>Patient</b>	<b>Tvor</b>	<b>Tnull</b>	<b>T5</b>	<b>T10</b>	<b>T15</b>	<b>T20</b>	<b>T25</b>	<b>T30</b>	<b>Akzeptanz</b>	<b>Messbereich</b>
3	2	29,8	29,8	30	29,9	30,2	30,2	30,2	30,2	*	3
3	3	31,8	31,8	31,5	31,7	31,6	31,5	31,6	31,7	*	3
3	4	29,2	29,2	29,4	29,6	29,6	29,5	29,6	29,7	*	3
3	5	27,2	27,2	27,2	27,3	27,4	27,4	27,6	27,6	*	3
3	6	26,9	26,9	26,9	27,1	27	27	27,1	27,2	*	3
3	7	29	29	29,1	29,1	29	28,8	28,8	28,9	*	2
3	8	27,8	27,8	27,4	27,5	27,6	27,3	27,5	27,6	*	1
3	9	30,8	30,8	31,2	31,4	31,6	31,2	31,1	30,9	*	2
3	10	30,1	30,1	30	30,1	30,1	30,2	30,1	30,2	*	1

**Tabelle 25: Schmerzbewertung mit Hilfe des subjektiven Schmerzfragebogens (TACKE 2003)**  
*Bestimmung des Schmerzbewertungsindex (SBI), Einteilung in 2 Gruppen: Gruppe 4 ist kältebehandelt, Gruppe 5 ist nicht kältebehandelt, Messzeitpunkte alle 30 Minuten, 7 Messungen pro Tag, Untersuchung an 3 Tagen*

Gruppe	Patient	Zeitpunkt	Lautäußerung	Verhalten	Haltung	Palpation	Lahmheit	Mimik	Salivation	Pupille	Futteraufn.	Mutilation	Summe	SBI
4	1	1	0	0	0	0	*	0	0	1	*	0	1	0
4	1	2	0	0	0	0	*	0	0	1	*	0	1	0
4	1	3	0	0	0	0	*	0	0	1	*	0	1	0
4	1	4	0	0	0	0	3	0	0	1	*	0	1	0
4	1	5	0	0	0	0	3	0	0	1	*	0	1	0
4	1	6	0	0	0	0	3	0	0	1	*	0	1	0
4	1	7	0	0	0	0	3	0	0	1	*	0	1	0
4	1	8	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	1	9	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	1	10	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	1	11	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	1	12	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	1	13	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	1	14	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	1	15	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	1	16	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	1	17	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	1	18	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	1	19	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	1	20	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	1	21	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	2	1	0	0	0	0	*	0	0	1	*	0	1	0
4	2	2	0	0	0	0	*	0	0	1	*	0	1	0
4	2	3	0	0	0	0	*	0	0	1	*	0	1	0
4	2	4	0	0	0	0	*	0	0	1	*	0	1	0
4	2	5	0	0	0	0	3	1	0	1	*	0	2	0
4	2	6	0	0	0	0	3	1	0	1	*	0	2	0
4	2	7	0	0	0	0	3	1	0	1	*	0	2	0
4	2	8	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	2	9	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	2	10	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0

Gruppe	Patient	Zeitpunkt	Lautäußerung	Verhalten	Haltung	Palpation	Lahmheit	Mimik	Salivation	Pupille	Futteraufn.	Mutilation	Summe	SBI
4	2	11	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	2	12	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	2	13	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	2	14	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	2	15	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	4	0
4	2	16	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	3	0
4	2	17	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	3	0
4	2	18	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	2	19	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	2	20	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	4	0
4	2	21	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	4	0
4	3	1	0	0	0	0	*	0	0	1	*	0	1	0
4	3	2	2	0	0	0	*	0	0	1	*	0	3	0
4	3	3	2	0	0	0	*	0	0	1	*	0	3	0
4	3	4	2	0	0	0	*	0	0	1	*	0	3	0
4	3	5	2	0	0	0	*	0	0	1	*	0	3	0
4	3	6	2	0	0	0	*	0	0	1	*	0	3	0
4	3	7	2	0	0	0	*	0	0	1	*	0	3	0
4	3	8	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	4	0
4	3	9	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	3	0
4	3	10	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
4	3	11	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	3	12	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	3	13	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	3	14	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	3	15	0	2	0	1	3	1	0	1	0	0	8	1
4	3	16	0	2	0	0	3	1	0	1	0	0	7	1
4	3	17	0	2	0	0	3	0	0	0	0	0	5	1
4	3	18	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	4	0
4	3	19	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	4	0
4	3	20	0	1	0	0	3	1	0	1	0	0	6	1
4	3	21	0	1	0	0	3	1	0	1	0	0	6	1
4	4	1	1	3	0	3	3	1	0	1	0	0	9	1
4	4	2	0	3	1	1	3	1	0	1	0	0	6	1
4	4	3	0	3	1	1	3	1	0	1	0	0	6	1
4	4	3	0	3	1	1	3	1	0	1	0	0	6	1

Gruppe	Patient	Zeitpunkt	Lautäußerung	Verhalten	Haltung	Palpation	Lahmheit	Mimik	Salivation	Pupille	Futteraufn.	Mutilation	Summe	SBI
4	4	4	1	3	0	1	3	1	0	1	0	0	7	1
4	4	5	1	3	0	1	3	1	0	1	0	0	7	1
4	4	6	1	3	0	1	3	1	0	1	0	0	7	1
4	4	7	0	3	0	1	3	1	0	1	0	0	6	1
4	4	8	0	1	0	1	3	0	0	1	0	0	6	1
4	4	9	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	4	0
4	4	10	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	4	0
4	4	11	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	4	0
4	4	12	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	4	0
4	4	13	0	0	0	1	3	0	0	1	0	0	5	1
4	4	14	0	0	0	1	3	0	0	1	0	0	5	1
4	4	15	0	0	0	1	3	0	0	1	0	0	5	1
4	4	16	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	4	17	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	4	18	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	4	19	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	4	20	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	4	21	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	5	1	2	3	0	0	3	1	0	1	*	0	7	1
4	5	2	2	2	0	0	2	1	0	1	*	0	6	1
4	5	3	2	3	0	0	2	1	0	1	*	0	7	1
4	5	4	2	3	0	0	2	1	0	1	*	0	7	1
4	5	5	2	3	0	0	2	1	0	1	*	0	7	1
4	5	6	2	3	0	0	2	1	0	1	*	0	7	1
4	5	7	2	3	0	0	2	1	0	1	*	0	7	1
4	5	8	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	4	0
4	5	9	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
4	5	10	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
4	5	11	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
4	5	12	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	3	0
4	5	13	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	3	0
4	5	14	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	3	0
4	5	15	1	3	0	0	3	1	0	1	0	0	9	1
4	5	16	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	3	0
4	5	17	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	3	0

Gruppe	Patient	Zeitpunkt	Lautäußerung	Verhalten	Haltung	Palpation	Lahmheit	Mimik	Salivation	Pupille	Futteraufn.	Mutilation	Summe	SBI
4	5	18	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	3	0
4	5	19	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
4	5	20	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
4	5	21	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
4	6	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
4	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	6	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	6	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	6	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	6	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	6	9	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
4	6	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	6	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	6	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	6	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	6	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	6	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	6	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	6	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	6	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	6	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	6	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	6	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	7	1	0	0	0	0	*	0	0	0	*	0	0	0
4	7	2	0	0	0	0	*	0	0	0	*	0	0	0
4	7	3	0	0	0	0	*	0	0	0	*	0	0	0
4	7	4	0	0	0	0	*	0	0	0	*	0	0	0
4	7	5	0	0	0	0	*	0	0	0	*	0	0	0
4	7	6	0	0	0	0	3	0	0	1	*	0	1	0
4	7	7	0	0	0	0	3	0	0	1	*	0	1	0
4	7	8	0	0	1	3	3	1	0	1	0	0	6	1
4	7	9	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	3	0
4	7	10	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	3	0

Gruppe	Patient	Zeitpunkt	Lautäußerung	Verhalten	Haltung	Palpation	Lahmheit	Mimik	Salivation	Pupille	Futteraufn.	Mutilation	Summe	SBI
4	7	11	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	7	12	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	7	13	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	7	14	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	7	15	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	7	16	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
4	7	17	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	7	18	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	7	19	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	7	20	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	7	21	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	8	1	0	0	0	0	3	0	0	1	*	0	1	0
4	8	2	0	0	0	0	3	0	0	1	*	0	1	0
4	8	3	0	0	0	0	3	0	0	1	*	0	1	0
4	8	4	0	0	0	0	3	0	0	1	*	0	1	0
4	8	5	0	0	0	0	3	0	0	1	*	0	1	0
4	8	6	0	0	0	0	3	0	0	1	*	0	1	0
4	8	7	0	0	0	0	3	0	0	1	*	0	1	0
4	8	8	0	0	0	0	3	1	0	1	0	0	5	1
4	8	9	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	4	0
4	8	10	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	4	0
4	8	11	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	4	0
4	8	12	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	4	0
4	8	13	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	4	0
4	8	14	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	4	0
4	8	15	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	8	16	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	8	17	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	8	18	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	8	19	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	8	20	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	8	21	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	9	1	2	3	0	0	3	0	0	1	*	0	6	1
4	9	2	2	1	0	0	3	0	0	1	*	0	4	0
4	9	3	2	1	0	0	3	0	0	1	*	0	4	0

Gruppe	Patient	Zeitpunkt	Lautäußerung	Verhalten	Haltung	Palpation	Lahmheit	Mimik	Salivation	Pupille	Futteraufn.	Mutilation	Summe	SBI
4	9	4	2	1	0	0	3	0	0	1	*	0	4	0
4	9	5	2	1	0	0	3	0	0	1	*	0	4	0
4	9	6	1	1	0	0	3	0	0	1	*	0	3	0
4	9	7	1	1	0	0	3	0	0	1	*	0	3	0
4	9	8	1	3	0	0	3	0	0	1	1	0	9	1
4	9	9	0	1	0	0	2	0	0	0	1	0	4	0
4	9	10	0	1	0	0	2	0	0	0	1	0	4	0
4	9	11	0	1	0	0	2	0	0	0	1	0	4	0
4	9	12	0	1	0	0	2	0	0	0	1	0	4	0
4	9	13	0	1	0	0	2	0	0	0	1	0	4	0
4	9	14	0	1	0	0	2	0	0	0	1	0	4	0
4	9	15	1	0	0	0	2	1	0	1	0	0	5	1
4	9	16	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
4	9	17	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
4	9	18	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
4	9	19	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
4	9	20	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
4	9	21	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
4	10	1	0	0	0	0	*	0	0	1	*	0	1	0
4	10	2	0	0	0	0	*	0	0	1	*	0	1	0
4	10	3	0	0	0	0	*	0	0	1	*	0	1	0
4	10	4	0	0	0	0	*	0	0	1	*	0	1	0
4	10	5	0	0	0	0	3	0	0	1	*	0	1	0
4	10	6	0	0	0	0	3	0	0	1	*	0	1	0
4	10	7	0	0	0	0	3	0	0	1	*	0	1	0
4	10	8	0	0	0	0	3	0	0	1	1	0	5	1
4	10	9	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	3	0
4	10	10	0	0	0	0	3	0	0	0	1	0	4	0
4	10	11	0	0	0	0	3	0	0	0	1	0	4	0
4	10	12	0	0	0	0	3	0	0	0	1	0	4	0
4	10	13	0	0	0	0	3	0	0	1	1	0	5	1
4	10	14	0	0	0	0	3	0	0	1	1	0	5	1
4	10	15	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	3	0
4	10	16	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
4	10	17	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0

Gruppe	Patient	Zeitpunkt	Lautäußerung	Verhalten	Haltung	Palpation	Lahmheit	Mimik	Salivation	Pupille	Futteraufn.	Mutilation	Summe	SBI
4	10	18	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
4	10	19	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
4	10	20	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
4	10	21	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
4	11	1	1	0	0	0	3	0	0	1	*	0	2	0
4	11	2	0	0	0	0	3	0	0	1	*	0	1	0
4	11	3	0	0	0	0	3	0	0	1	*	0	1	0
4	11	4	0	0	0	0	3	0	0	1	*	0	1	0
4	11	5	0	0	0	0	3	0	0	1	*	0	1	0
4	11	6	0	0	0	0	3	0	0	1	*	0	1	0
4	11	7	0	0	0	0	3	0	0	1	*	0	1	0
4	11	8	0	0	0	1	3	0	0	1	0	0	5	1
4	11	9	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	4	0
4	11	10	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	11	11	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	11	12	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	11	13	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	11	14	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	11	15	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	4	0
4	11	16	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
4	11	17	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
4	11	18	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
4	11	19	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	11	20	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	11	21	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	12	1	2	3	1	0	3	0	0	0	*	0	6	1
4	12	2	1	1	0	0	3	0	0	0	*	0	2	0
4	12	3	0	0	0	0	3	0	0	0	*	0	0	0
4	12	4	1	1	0	0	3	0	0	0	*	0	2	0
4	12	5	1	1	0	0	3	0	0	0	*	0	2	0
4	12	6	2	1	0	0	3	0	0	0	*	0	3	0
4	12	7	2	1	0	0	3	0	0	0	*	0	3	0
4	12	8	0	3	0	0	3	1	0	1	0	0	8	1
4	12	9	0	3	0	0	3	1	0	1	0	0	8	1
4	12	10	0	1	0	0	3	0	0	1	0	0	5	1

Gruppe	Patient	Zeitpunkt	Lautäußerung	Verhalten	Haltung	Palpation	Lahmheit	Mimik	Salivation	Pupille	Futteraufn.	Mutilation	Summe	SBI
4	12	11	0	1	0	0	3	0	0	1	0	0	5	1
4	12	12	0	1	0	0	3	0	0	1	0	0	5	1
4	12	13	0	1	0	0	3	0	0	1	0	0	5	1
4	12	14	0	1	0	0	3	0	0	1	0	0	5	1
4	12	15	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	4	0
4	12	16	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	12	17	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	12	18	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	12	19	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	12	20	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	12	21	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	13	1	2	3	1	0	3	1	0	1	*	0	8	1
4	13	2	0	0	0	0	2	1	0	1	*	0	2	0
4	13	3	0	0	0	0	2	1	0	1	*	0	2	0
4	13	4	1	1	0	0	3	1	0	1	*	0	4	0
4	13	5	1	3	0	0	3	1	0	1	*	0	6	1
4	13	6	1	3	0	0	3	1	0	1	*	0	6	1
4	13	7	1	3	0	0	3	1	0	1	*	0	6	1
4	13	8	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	4	0
4	13	9	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	3	0
4	13	10	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	3	0
4	13	11	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	3	0
4	13	12	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	3	0
4	13	13	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	3	0
4	13	14	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	3	0
4	13	15	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
4	13	16	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
4	13	17	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
4	13	18	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
4	13	19	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
4	13	20	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
4	13	21	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
4	14	1	1	0	0	0	*	1	0	1	*	0	3	0
4	14	2	1	0	0	0	*	1	0	1	*	0	3	0
4	14	3	1	1	0	0	*	1	0	1	*	0	4	0

Gruppe	Patient	Zeitpunkt	Lautäußerung	Verhalten	Haltung	Palpation	Lahmheit	Mimik	Salivation	Pupille	Futteraufn.	Mutilation	Summe	SBI
4	14	4	1	1	0	0	*	1	0	1	*	0	4	0
4	14	5	1	1	0	0	*	1	0	1	*	0	4	0
4	14	6	1	1	0	0	*	1	0	1	*	0	4	0
4	14	7	1	1	0	0	*	1	0	1	*	0	4	0
4	14	8	0	0	1	1	3	0	0	1	0	0	5	1
4	14	9	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	14	10	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	14	11	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	14	12	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	14	13	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	14	14	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	14	15	0	0	1	1	3	0	0	0	0	0	4	0
4	14	16	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
4	14	17	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	14	18	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	14	19	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	14	20	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	14	21	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
4	15	1	1	0	0	0	3	1	0	1	*	0	3	0
4	15	2	1	0	0	0	3	1	0	1	*	0	3	0
4	15	3	0	0	0	0	3	1	0	1	*	0	2	0
4	15	4	1	1	0	0	3	1	0	1	*	0	4	0
4	15	5	1	1	0	0	3	1	0	1	*	0	4	0
4	15	6	0	0	0	0	3	1	0	1	*	0	2	0
4	15	7	1	0	0	0	3	1	0	1	*	0	3	0
4	15	8	1	0	1	1	3	1	0	1	1	0	8	1
4	15	9	0	0	0	0	3	0	0	1	1	0	5	1
4	15	10	1	0	0	0	3	0	0	0	1	0	5	1
4	15	11	0	0	0	0	3	0	0	0	1	0	4	0
4	15	12	0	0	0	0	3	0	0	0	1	0	4	0
4	15	13	0	0	0	0	3	1	0	0	1	0	5	1
4	15	14	0	0	0	0	3	1	0	0	1	0	5	1
4	15	15	0	0	0	0	3	0	0	0	1	0	4	0
4	15	16	0	0	0	0	3	0	0	0	1	0	4	0
4	15	17	0	0	0	0	3	0	0	0	1	0	4	0

Gruppe	Patient	Zeitpunkt	Lautäußerung	Verhalten	Haltung	Palpation	Lahmheit	Mimik	Salivation	Pupille	Futteraufn.	Mutilation	Summe	SBI
4	15	18	0	0	0	0	3	0	0	0	1	0	4	0
4	15	19	0	0	0	0	3	0	0	0	1	0	4	0
4	15	20	0	0	0	0	3	0	0	0	1	0	4	0
4	15	21	0	0	0	0	3	0	0	0	1	0	4	0
5	1	1	2	0	0	0	3	0	0	1	*	0	3	0
5	1	2	2	0	0	0	3	0	0	1	*	0	3	0
5	1	3	2	0	0	0	3	0	0	1	*	0	3	0
5	1	4	2	0	0	0	3	0	0	1	*	0	3	0
5	1	5	0	0	0	0	3	0	0	1	*	0	1	0
5	1	6	0	0	0	0	3	0	0	1	*	0	1	0
5	1	7	0	0	0	0	3	0	0	1	*	0	1	0
5	1	8	0	0	0	0	3	1	0	1	1	0	6	1
5	1	9	0	3	0	1	3	1	0	1	1	0	10	1
5	1	10	0	0	0	0	3	1	0	1	1	0	6	1
5	1	11	0	0	0	0	3	0	0	0	1	0	4	0
5	1	12	0	0	0	0	3	0	0	0	1	0	4	0
5	1	13	0	0	0	0	3	0	0	0	1	0	4	0
5	1	14	0	0	0	0	3	0	0	0	1	0	4	0
5	1	15	0	1	0	0	2	0	0	1	0	0	4	0
5	1	16	0	1	0	0	2	0	0	1	0	0	4	0
5	1	17	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	3	0
5	1	18	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	3	0
5	1	19	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	3	0
5	1	20	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	3	0
5	1	21	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	3	0
5	2	1	0	0	0	0	*	0	0	1	*	0	1	0
5	2	2	0	0	0	0	*	0	0	1	*	0	1	0
5	2	3	0	0	0	0	*	0	0	1	*	0	1	0
5	2	4	0	0	0	0	*	0	0	1	*	0	1	0
5	2	5	0	0	0	0	*	0	0	1	*	0	1	0
5	2	6	0	0	0	0	3	0	0	1	*	0	1	0
5	2	7	0	0	0	0	3	0	0	1	*	0	1	0
5	2	8	0	0	0	0	3	1	0	1	0	0	5	1
5	2	9	0	0	0	0	3	1	0	1	0	0	5	1
5	2	10	0	0	0	0	3	1	0	1	0	0	5	1

Gruppe	Patient	Zeitpunkt	Lautäußerung	Verhalten	Haltung	Palpation	Lahmheit	Mimik	Salivation	Pupille	Futteraufn.	Mutilation	Summe	SBI
5	2	11	0	0	1	0	3	1	0	1	0	0	6	1
5	2	12	0	0	0	0	3	1	0	1	0	0	5	1
5	2	13	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
5	2	14	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
5	2	15	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
5	2	16	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
5	2	17	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
5	2	18	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
5	2	19	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
5	2	20	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
5	2	21	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
5	3	1	0	1	0	1	3	1	0	0	0	0	3	0
5	3	2	0	1	0	1	3	1	0	0	0	0	3	0
5	3	3	0	1	0	1	3	1	0	0	0	0	3	0
5	3	4	0	1	0	1	3	1	0	0	0	0	3	0
5	3	5	0	1	0	1	3	1	0	0	0	0	3	0
5	3	6	0	1	0	1	3	1	0	0	0	0	3	0
5	3	7	0	1	0	1	3	1	0	0	0	0	3	0
5	3	8	0	2	0	1	3	1	0	1	0	0	8	1
5	3	9	0	2	0	1	3	1	0	1	0	0	8	1
5	3	10	0	2	0	1	3	1	0	1	0	0	8	1
5	3	11	0	2	0	1	3	1	0	1	0	0	8	1
5	3	12	0	2	0	1	3	1	0	1	0	0	8	1
5	3	13	0	2	0	1	3	1	0	1	0	0	8	1
5	3	14	0	2	0	1	3	1	0	1	0	0	8	1
5	3	15	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	3	0
5	3	16	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	3	0
5	3	17	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	3	0
5	3	18	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	3	0
5	3	19	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	3	0
5	3	20	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	3	0
5	3	21	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	3	0
5	4	1	0	0	0	0	1	0	0	1	*	0	1	0
5	4	2	0	0	0	0	1	0	0	1	*	0	1	0
5	4	3	0	0	0	0	1	0	0	1	*	0	1	0

Gruppe	Patient	Zeitpunkt	Lautäußerung	Verhalten	Haltung	Palpation	Lahmheit	Mimik	Salivation	Pupille	Futteraufn.	Mutilation	Summe	SBI
5	4	4	0	0	0	0	1	0	0	1	*	0	1	0
5	4	5	0	0	0	0	1	0	0	1	*	0	1	0
5	4	6	0	0	0	0	1	0	0	1	*	0	1	0
5	4	7	0	0	0	0	1	0	0	1	*	0	1	0
5	4	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	4	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	4	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	4	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	4	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	4	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	4	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	4	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	4	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	4	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	4	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	4	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	4	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	4	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	5	1	0	1	0	0	3	0	0	1	*	0	2	0
5	5	2	0	1	0	0	3	0	0	1	*	0	2	0
5	5	3	0	1	0	0	3	0	0	1	*	0	2	0
5	5	4	0	1	0	0	3	0	0	1	*	0	2	0
5	5	5	0	1	0	0	3	0	0	1	*	0	2	0
5	5	6	0	1	0	0	3	0	0	1	*	0	2	0
5	5	7	0	1	0	0	3	0	0	1	*	0	2	0
5	5	8	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
5	5	9	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
5	5	10	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
5	5	11	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
5	5	12	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
5	5	13	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
5	5	14	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
5	5	15	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
5	5	16	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
5	5	17	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0

Gruppe	Patient	Zeitpunkt	Lautäußerung	Verhalten	Haltung	Palpation	Lahmheit	Mimik	Salivation	Pupille	Futteraufn.	Mutilation	Summe	SBI
5	5	18	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
5	5	19	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
5	5	20	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
5	5	21	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
5	6	1	2	2	0	1	3	1	0	1	1	0	7	1
5	6	2	2	2	0	1	3	1	0	1	1	0	7	1
5	6	3	1	2	0	1	3	1	0	1	1	0	6	1
5	6	4	1	2	0	1	3	1	0	1	1	0	6	1
5	6	5	1	2	0	1	3	1	0	1	1	0	6	1
5	6	6	0	2	0	1	3	1	0	1	1	0	5	1
5	6	7	0	2	0	1	3	1	0	1	1	0	5	1
5	6	8	0	3	0	1	3	1	0	1	0	0	9	1
5	6	9	0	3	0	1	3	1	0	1	0	0	9	1
5	6	10	0	3	0	1	3	1	0	1	0	0	9	1
5	6	11	0	3	0	1	3	1	0	1	0	0	9	1
5	6	12	0	3	0	1	3	1	0	1	0	0	9	1
5	6	13	0	3	0	1	3	1	0	1	0	0	9	1
5	6	14	0	3	0	1	3	1	0	1	0	0	9	1
5	6	15	0	1	0	0	3	0	0	1	0	0	5	1
5	6	16	0	1	0	0	3	0	0	1	0	0	5	1
5	6	17	0	1	0	0	3	0	0	1	0	0	5	1
5	6	18	0	1	0	0	3	0	0	1	0	0	5	1
5	6	19	0	1	0	0	3	0	0	1	0	0	5	1
5	6	20	0	1	0	0	3	0	0	1	0	0	5	1
5	6	21	0	1	0	0	3	0	0	1	0	0	5	1
5	7	1	0	0	0	0	3	0	0	1	*	0	1	0
5	7	2	0	0	0	0	3	0	0	1	*	0	1	0
5	7	3	0	0	0	0	3	0	0	1	*	0	1	0
5	7	4	0	0	0	0	3	0	0	1	*	0	1	0
5	7	5	0	0	0	0	3	0	0	1	*	0	1	0
5	7	6	0	0	0	0	3	0	0	1	*	0	1	0
5	7	7	0	0	0	0	3	0	0	1	*	0	1	0
5	7	8	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	3	0
5	7	9	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	3	0
5	7	10	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	3	0

Gruppe	Patient	Zeitpunkt	Lautäußerung	Verhalten	Haltung	Palpation	Lahmheit	Mimik	Salivation	Pupille	Futteraufn.	Mutilation	Summe	SBI
5	7	11	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	3	0
5	7	12	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	3	0
5	7	13	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	3	0
5	7	14	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	3	0
5	7	15	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
5	7	16	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
5	7	17	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
5	7	18	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
5	7	19	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
5	7	20	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
5	7	21	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
5	8	1	1	0	0	0	3	0	0	1	*	0	2	0
5	8	2	1	0	0	0	3	0	0	1	*	0	2	0
5	8	3	1	0	0	0	3	0	0	1	*	0	2	0
5	8	4	1	0	0	0	3	0	0	1	*	0	2	0
5	8	5	0	0	0	0	3	0	0	1	*	0	1	0
5	8	6	0	0	0	0	3	0	0	1	*	0	1	0
5	8	7	0	0	0	0	3	0	0	1	*	0	1	0
5	8	8	0	1	0	0	3	0	0	1	0	0	5	1
5	8	9	0	1	0	0	3	0	0	1	0	0	5	1
5	8	10	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
5	8	11	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
5	8	12	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
5	8	13	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
5	8	14	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
5	8	15	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
5	8	16	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
5	8	17	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
5	8	18	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
5	8	19	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
5	8	20	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
5	8	21	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
5	9	1	0	1	1	1	3	1	0	1	*	0	4	0
5	9	2	0	1	1	1	3	1	0	1	*	0	4	0
5	9	3	0	1	1	1	3	1	0	1	*	0	4	0

Gruppe	Patient	Zeitpunkt	Lautäußerung	Verhalten	Haltung	Palpation	Lahmheit	Mimik	Salivation	Pupille	Futteraufn.	Mutilation	Summe	SBI
5	9	4	0	1	0	1	3	1	0	1	*	0	4	0
5	9	5	0	1	0	1	3	1	0	1	*	0	4	0
5	9	6	0	1	0	1	3	1	0	1	*	0	4	0
5	9	7	0	1	0	1	3	1	0	1	*	0	4	0
5	9	8	0	0	0	1	3	1	0	1	0	0	6	1
5	9	9	0	0	0	1	3	1	0	1	0	0	6	1
5	9	10	0	0	0	1	3	1	0	1	0	0	6	1
5	9	11	0	0	0	1	3	1	0	1	0	0	6	1
5	9	12	0	0	0	1	3	1	0	1	0	0	6	1
5	9	13	0	0	0	1	3	1	0	1	0	0	6	1
5	9	14	0	0	0	1	3	1	0	1	0	0	6	1
5	9	15	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
5	9	16	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
5	9	17	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
5	9	18	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
5	9	19	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
5	9	20	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
5	9	21	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
5	10	1	0	0	0	0	*	0	0	1	*	0	1	0
5	10	2	0	0	0	0	*	0	0	1	*	0	1	0
5	10	3	0	0	0	0	*	0	0	1	*	0	1	0
5	10	4	0	0	0	0	*	0	0	1	*	0	1	0
5	10	5	0	0	0	0	*	0	0	1	*	0	1	0
5	10	6	0	0	0	0	3	0	0	1	*	0	1	0
5	10	7	0	0	0	0	3	0	0	1	*	0	1	0
5	10	8	1	1	0	1	3	1	0	1	0	0	8	1
5	10	9	1	1	0	1	3	1	0	1	0	0	8	1
5	10	10	1	1	0	1	3	1	0	1	0	0	8	1
5	10	11	0	1	0	1	3	1	0	1	0	0	7	1
5	10	12	0	1	0	1	3	1	0	1	0	0	7	1
5	10	13	1	1	0	1	3	1	0	1	0	0	8	1
5	10	14	1	1	0	1	3	1	0	1	0	0	8	1
5	10	15	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
5	10	16	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
5	10	17	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0

Gruppe	Patient	Zeitpunkt	Lautäußerung	Verhalten	Haltung	Palpation	Lahmheit	Mimik	Salivation	Pupille	Futteraufn.	Mutilation	Summe	SBI
5	10	18	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
5	10	19	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
5	10	20	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
5	10	21	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
5	11	1	2	3	0	0	3	0	0	1	*	0	6	1
5	11	2	2	3	0	0	3	0	0	1	*	0	6	1
5	11	3	2	3	0	0	3	0	0	1	*	0	6	1
5	11	4	2	3	0	0	3	0	0	1	*	0	6	1
5	11	5	1	1	0	0	3	0	0	1	*	0	3	0
5	11	6	1	1	0	0	3	0	0	1	*	0	3	0
5	11	7	1	1	0	0	3	0	0	1	*	0	3	0
5	11	8	0	0	0	1	2	0	0	1	0	0	4	0
5	11	9	0	0	0	1	2	0	0	1	0	0	4	0
5	11	10	0	0	0	1	2	0	0	1	0	0	4	0
5	11	11	0	0	0	1	2	0	0	1	0	0	4	0
5	11	12	0	0	0	1	2	0	0	1	0	0	4	0
5	11	13	0	0	0	1	2	0	0	1	0	0	4	0
5	11	14	0	0	0	1	2	0	0	1	0	0	4	0
5	11	15	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
5	11	16	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
5	11	17	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
5	11	18	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
5	11	19	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
5	11	20	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
5	11	21	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
5	12	1	0	0	0	0	*	0	0	1	*	0	1	0
5	12	2	0	0	0	0	*	0	0	1	*	0	1	0
5	12	3	0	0	0	0	*	0	0	1	*	0	1	0
5	12	4	0	0	0	0	*	0	0	1	*	0	1	0
5	12	5	0	1	0	1	3	1	0	1	*	0	4	0
5	12	6	0	1	0	1	3	1	0	1	*	0	4	0
5	12	7	0	1	0	1	3	1	0	1	*	0	4	0
5	12	8	0	1	0	0	3	0	0	1	0	0	5	1
5	12	9	0	1	0	0	3	0	0	1	0	0	5	1
5	12	10	0	1	0	0	3	0	0	1	0	0	5	1

Gruppe	Patient	Zeitpunkt	Lautäußerung	Verhalten	Haltung	Palpation	Lahmheit	Mimik	Salivation	Pupille	Futteraufn.	Mutilation	Summe	SBI
5	12	11	0	1	0	0	3	0	0	1	0	0	5	1
5	12	12	0	1	0	0	3	0	0	1	0	0	5	1
5	12	13	0	1	0	0	3	0	0	1	0	0	5	1
5	12	14	0	1	0	0	3	0	0	1	0	0	5	1
5	12	15	0	1	0	0	3	0	0	1	0	0	5	1
5	12	16	0	1	0	0	3	0	0	1	0	0	5	1
5	12	17	0	1	0	0	3	0	0	1	0	0	5	1
5	12	18	0	1	0	0	3	0	0	1	0	0	5	1
5	12	19	0	1	0	0	3	0	0	1	0	0	5	1
5	12	20	0	1	0	0	3	0	0	1	0	0	5	1
5	12	21	0	1	0	0	3	0	0	1	0	0	5	1
5	13	1	0	0	0	0	*	0	0	1	*	0	1	0
5	13	2	0	0	0	0	*	0	0	1	*	0	1	0
5	13	3	1	1	0	1	*	1	0	1	*	0	5	1
5	13	4	1	1	0	1	3	1	0	1	*	0	5	1
5	13	5	1	1	0	0	3	1	0	1	*	0	4	0
5	13	6	0	0	0	0	3	0	0	1	*	0	1	0
5	13	7	0	0	0	0	3	0	0	1	*	0	1	0
5	13	8	0	1	0	0	3	0	0	1	0	0	5	1
5	13	9	0	1	0	0	3	0	0	1	0	0	5	1
5	13	10	0	1	0	0	3	0	0	1	0	0	5	1
5	13	11	0	1	0	0	3	0	0	1	0	0	5	1
5	13	12	0	1	0	0	3	0	0	1	0	0	5	1
5	13	13	0	1	0	0	3	0	0	1	0	0	5	1
5	13	14	0	1	0	0	3	0	0	1	0	0	5	1
5	13	15	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
5	13	16	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
5	13	17	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
5	13	18	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
5	13	19	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
5	13	20	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
5	13	21	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
5	14	1	0	0	0	0	3	1	0	1	*	0	2	0
5	14	2	0	0	0	0	3	1	0	1	*	0	2	0
5	14	3	1	0	0	0	3	1	0	1	*	0	3	0

Gruppe	Patient	Zeitpunkt	Lautäußerung	Verhalten	Haltung	Palpation	Lahmheit	Mimik	Salivation	Pupille	Futteraufn.	Mutilation	Summe	SBI
5	14	4	1	0	0	0	3	1	0	1	*	0	3	0
5	14	5	0	0	0	0	3	1	0	1	*	0	2	0
5	14	6	0	0	0	0	3	1	0	1	*	0	2	0
5	14	7	0	0	0	0	3	1	0	1	*	0	2	0
5	14	8	0	0	0	0	3	0	0	1	1	0	5	1
5	14	9	0	0	0	0	3	0	0	1	1	0	5	1
5	14	10	0	0	0	0	3	0	0	1	1	0	5	1
5	14	11	0	0	0	0	3	0	0	1	1	0	5	1
5	14	12	0	0	0	0	3	0	0	1	1	0	5	1
5	14	13	0	0	0	0	3	0	0	1	1	0	5	1
5	14	14	0	0	0	0	3	0	0	1	1	0	5	1
5	14	15	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
5	14	16	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
5	14	17	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
5	14	18	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
5	14	19	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
5	14	20	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
5	14	21	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
5	15	1	1	1	0	1	3	0	0	1	*	0	4	0
5	15	2	1	1	0	1	3	0	0	1	*	0	4	0
5	15	3	1	1	0	1	3	0	0	1	*	0	4	0
5	15	4	2	3	0	1	3	1	0	1	*	0	8	1
5	15	5	2	3	0	1	3	1	0	1	*	0	8	1
5	15	6	1	1	0	1	3	0	0	1	*	0	4	0
5	15	7	1	1	0	1	3	0	0	1	*	0	4	0
5	15	8	1	1	0	1	3	1	0	1	0	0	8	1
5	15	9	1	1	0	1	3	1	0	1	0	0	8	1
5	15	10	0	3	0	1	3	0	0	1	0	0	8	1
5	15	11	0	1	0	1	3	0	0	1	0	0	6	1
5	15	12	1	1	0	1	3	0	0	1	0	0	7	1
5	15	13	0	1	0	1	3	0	0	1	0	0	6	1
5	15	14	0	1	0	1	3	0	0	1	0	0	6	1
5	15	15	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	4	0
5	15	16	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
5	15	17	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	4	0

Gruppe	Patient	Zeitpunkt	Lautäußerung	Verhalten	Haltung	Palpation	Lahmheit	Mimik	Salivation	Pupille	Futteraufn.	Mutilation	Summe	SBI
5	15	18	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	4	0
5	15	19	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
5	15	20	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	4	0
5	15	21	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0

**Tabelle 26: Bestimmung der Atem- und Pulsfrequenz, der Körpertemperatur und Beurteilung des Wundbereichs während der Schmerzbewertung von Gruppe 4 und Gruppe 5 unter Berücksichtigung der Lokalisation des Messbereichs**  
**Gruppe 4 ist kältebehandelt, Gruppe 5 ist nicht kältebehandelt, Messzeitpunkte im Abstand von 30 Minuten, 7 Messungen pro Tag, Messung an 3 Tagen**

Gruppe	Patient	Zeitpunkt	OP-Bereich	Atemfrequenz	Pulsfrequenz	Temperatur	Wunde
4	1	1	3	24	64	35,8	1
4	1	2	3	24	60	35,9	1
4	1	3	3	24	72	35,9	1
4	1	4	3	24	76	36	1
4	1	5	3	36	76	36,2	1
4	1	6	3	32	76	36,2	1
4	1	7	3	36	80	36,3	1
4	1	8	3	36	100	38,1	3
4	1	9	3	24	80	38,2	2
4	1	10	3	24	80	37,5	2
4	1	11	3	24	80	37,7	3
4	1	12	3	28	92	37,4	3
4	1	13	3	36	96	37,7	3
4	1	14	3	32	96	37,8	3
4	1	15	3	32	98	38,5	1
4	1	16	3	40	80	38,4	1
4	1	17	3	36	80	38,5	1
4	1	18	3	36	80	38,5	1
4	1	19	3	38	80	38,5	1
4	1	20	3	40	80	38,5	1
4	1	21	3	36	80	38,6	1
4	2	1	2	44	88	35,7	1
4	2	2	2	24	88	35,9	1
4	2	3	2	24	88	36	1
4	2	4	2	36	92	36,3	1
4	2	5	2	40	96	36,4	1
4	2	6	2	*	100	36,5	1
4	2	7	2	*	92	36,7	1
4	2	8	2	*	75	38,4	3
4	2	9	2	24	92	38,5	2
4	2	10	2	36	92	38,1	1
4	2	11	2	32	96	38,2	1
4	2	12	2	28	96	38,4	1
4	2	13	2	*	96	38,4	1
4	2	14	2	*	100	38,4	1
4	2	15	2	*	76	38,7	3
4	2	16	2	40	74	38,6	2
4	2	17	2	36	76	38,4	2
4	2	18	2	40	76	38,5	2
4	2	19	2	44	80	38,5	2
4	2	20	2	*	80	38,5	2
4	2	21	2	36	76	38,5	2
4	3	1	1	16	72	35,7	1

Gruppe	Patient	Zeitpunkt	OP-Bereich	Atemfrequenz	Pulsfrequenz	Temperatur	Wunde
4	3	2	1	20	76	35,7	2
4	3	3	1	20	80	35,7	1
4	3	4	1	24	80	36	1
4	3	5	1	20	80	36,2	1
4	3	6	1	20	80	36,5	1
4	3	7	1	20	80	36,6	1
4	3	8	1	*	88	39,2	2
4	3	9	1	*	96	39	2
4	3	10	1	40	84	39	2
4	3	11	1	32	80	38,7	2
4	3	12	1	24	80	38,4	2
4	3	13	1	32	88	38,5	2
4	3	14	1	28	92	38,4	2
4	3	15	1	*	110	40,1	2
4	3	16	1	24	96	39,4	2
4	3	17	1	30	80	38,8	1
4	3	18	1	*	92	39,1	1
4	3	19	1	24	80	38,8	1
4	3	20	1	20	80	38,8	1
4	3	21	1	24	88	38,9	1
4	4	1	2	36	100	37,9	1
4	4	2	2	32	96	38	1
4	4	3	2	32	100	38	1
4	4	4	2	36	100	38	1
4	4	5	2	32	96	38,1	1
4	4	6	2	32	96	38,1	1
4	4	7	2	32	100	38,3	1
4	4	8	2	24	80	38,6	1
4	4	9	2	24	76	38,4	1
4	4	10	2	24	80	38,5	1
4	4	11	2	28	80	38,7	1
4	4	12	2	24	80	38,6	1
4	4	13	2	28	92	38,6	1
4	4	14	2	32	88	38,6	1
4	4	15	2	36	100	38,5	1
4	4	16	2	24	80	38,4	1
4	4	17	2	24	80	38,3	1
4	4	18	2	24	84	38,3	1
4	4	19	2	32	84	38,5	1
4	4	20	2	36	80	38,7	1
4	4	21	2	36	80	38,6	1
4	5	1	1	*	80	38,2	1
4	5	2	1	*	80	38,2	1
4	5	3	1	*	80	38,3	1
4	5	4	1	28	88	38,4	1
4	5	5	1	*	92	38,4	1
4	5	6	1	*	80	38,3	1
4	5	7	1	24	92	38,3	1
4	5	8	1	*	100	38,7	3
4	5	9	1	40	80	38,7	2
4	5	10	1	*	80	38,7	2

Gruppe	Patient	Zeitpunkt	OP-Bereich	Atemfrequenz	Pulsfrequenz	Temperatur	Wunde
4	5	11	1	40	80	38,7	2
4	5	12	1	*	84	38,6	2
4	5	13	1	*	80	38,7	2
4	5	14	1	*	80	38,7	2
4	5	15	1	*	104	38,5	2
4	5	16	1	24	80	38,6	1
4	5	17	1	40	80	38,5	1
4	5	18	1	24	80	38,8	2
4	5	19	1	*	92	38,7	2
4	5	20	1	*	88	38,7	2
4	5	21	1	32	92	38,7	2
4	6	1	3	24	96	38,4	1
4	6	2	3	15	76	38,4	1
4	6	3	3	20	80	38,3	1
4	6	4	3	20	80	38,3	1
4	6	5	3	24	84	38,3	1
4	6	6	3	24	84	38,4	1
4	6	7	3	24	88	38,4	1
4	6	8	3	24	100	37,4	1
4	6	9	3	16	85	37,3	1
4	6	10	3	20	80	37,4	1
4	6	11	3	24	84	37,5	1
4	6	12	3	20	80	37,4	1
4	6	13	3	28	88	37,5	1
4	6	14	3	36	88	37,6	1
4	6	15	3	24	80	38,7	1
4	6	16	3	20	80	38,7	1
4	6	17	3	24	76	38,6	1
4	6	18	3	24	80	38,7	1
4	6	19	3	32	92	38,7	1
4	6	20	3	24	100	38,7	1
4	6	21	3	24	80	38,7	1
4	7	1	2	48	60	35,5	1
4	7	2	2	30	60	35,4	2
4	7	3	2	36	64	35,6	1
4	7	4	2	40	64	35,8	1
4	7	5	2	40	64	36	1
4	7	6	2	40	72	36,2	1
4	7	7	2	40	72	36,4	1
4	7	8	2	40	120	37,5	2
4	7	9	2	40	100	37,5	1
4	7	10	2	40	120	37,5	1
4	7	11	2	*	120	37,6	1
4	7	12	2	40	116	37,8	1
4	7	13	2	*	110	37,9	1
4	7	14	2	*	110	38	1
4	7	15	2	40	120	37,8	1
4	7	16	2	36	100	37,7	1
4	7	17	2	40	104	37,7	1
4	7	18	2	36	112	37,9	1
4	7	19	2	*	120	38	1

Gruppe	Patient	Zeitpunkt	OP-Bereich	Atemfrequenz	Pulsfrequenz	Temperatur	Wunde
4	7	20	2	36	116	38	1
4	7	21	2	*	112	38,1	1
4	8	1	2	28	98	36,9	1
4	8	2	2	24	80	37,1	2
4	8	3	2	24	80	37,2	1
4	8	4	2	24	76	37,3	1
4	8	5	2	28	80	37,5	1
4	8	6	2	36	88	37,5	1
4	8	7	2	*	100	37,6	1
4	8	8	2	36	100	37,8	1
4	8	9	2	24	92	37,9	1
4	8	10	2	24	88	37,9	1
4	8	11	2	24	88	37,9	1
4	8	12	2	24	92	38,1	1
4	8	13	2	24	88	38,1	1
4	8	14	2	28	96	38	1
4	8	15	2	24	100	39,2	1
4	8	16	2	24	100	39,2	1
4	8	17	2	24	96	39,1	1
4	8	18	2	24	96	39	1
4	8	19	2	*	92	39	1
4	8	20	2	28	84	38,9	1
4	8	21	2	24	88	38,7	1
4	9	1	2	60	100	35,8	1
4	9	2	2	48	88	35,8	1
4	9	3	2	40	84	35,9	1
4	9	4	2	40	96	36	1
4	9	5	2	36	100	36	1
4	9	6	2	32	100	36,2	1
4	9	7	2	32	96	36,3	1
4	9	8	2	40	100	37,8	1
4	9	9	2	24	80	37,9	1
4	9	10	2	28	88	37,9	1
4	9	11	2	32	88	37,9	1
4	9	12	2	32	80	38	1
4	9	13	2	36	92	37,9	1
4	9	14	2	28	80	38	1
4	9	15	2	32	96	38,2	1
4	9	16	2	24	84	38,1	1
4	9	17	2	24	80	38,3	1
4	9	18	2	28	88	38,3	1
4	9	19	2	32	96	38,2	1
4	9	20	2	24	88	38,3	1
4	9	21	2	24	84	38,3	1
4	10	1	2	20	72	35,5	1
4	10	2	2	20	72	35,6	2
4	10	3	2	24	76	35,7	2
4	10	4	2	24	76	35,7	1
4	10	5	2	28	76	35,9	1
4	10	6	2	36	88	36	1
4	10	7	2	40	88	36,1	1

Gruppe	Patient	Zeitpunkt	OP-Bereich	Atemfrequenz	Pulsfrequenz	Temperatur	Wunde
4	10	8	2	40	116	39,1	1
4	10	9	2	24	96	38,9	1
4	10	10	2	24	96	39	1
4	10	11	2	32	100	39	1
4	10	12	2	32	100	38,8	1
4	10	13	2	36	100	38,9	1
4	10	14	2	32	96	38,9	1
4	10	15	2	28	92	38,6	1
4	10	16	2	32	96	38,7	1
4	10	17	2	*	100	38,7	1
4	10	18	2	24	92	38,7	1
4	10	19	2	24	100	38,6	1
4	10	20	2	24	88	38,7	1
4	10	21	2	32	92	38,7	1
4	11	1	1	36	100	35,3	1
4	11	2	1	24	80	35,4	2
4	11	3	1	24	80	35,5	2
4	11	4	1	24	92	35,5	1
4	11	5	1	32	96	35,8	1
4	11	6	1	40	96	35,8	1
4	11	7	1	40	92	35,9	1
4	11	8	1	28	88	38,7	1
4	11	9	1	24	80	38,7	1
4	11	10	1	24	80	38,7	1
4	11	11	1	28	84	38,8	1
4	11	12	1	24	80	38,7	1
4	11	13	1	24	80	38,7	1
4	11	14	1	24	84	38,7	1
4	11	15	1	24	88	38,5	2
4	11	16	1	24	80	38,6	1
4	11	17	1	24	80	38,6	1
4	11	18	1	24	88	38,6	1
4	11	19	1	24	80	38,6	1
4	11	20	1	32	96	38,6	1
4	11	21	1	28	88	38,6	1
4	12	1	2	60	110	35,2	1
4	12	2	2	54	110	35,3	2
4	12	3	2	48	100	35,4	1
4	12	4	2	40	100	35,6	1
4	12	5	2	40	104	35,7	1
4	12	6	2	40	198	35,7	1
4	12	7	2	40	100	35,8	1
4	12	8	2	*	100	39,7	1
4	12	9	2	24	84	39,1	1
4	12	10	2	24	80	39,1	1
4	12	11	2	*	80	39	1
4	12	12	2	28	96	39	1
4	12	13	2	*	88	38,9	1
4	12	14	2	28	96	38,9	1
4	12	15	2	20	80	38,8	1
4	12	16	2	24	80	38,7	1

Gruppe	Patient	Zeitpunkt	OP-Bereich	Atemfrequenz	Pulsfrequenz	Temperatur	Wunde
4	12	17	2	24	84	38,9	1
4	12	18	2	24	84	39	1
4	12	19	2	24	96	38,9	1
4	12	20	2	*	104	38,9	1
4	12	21	2	*	100	38,8	1
4	13	1	2	20	100	36,1	1
4	13	2	2	20	88	36,1	2
4	13	3	2	24	88	36,2	2
4	13	4	2	24	88	36,3	1
4	13	5	2	24	96	36,3	1
4	13	6	2	28	92	36,4	1
4	13	7	2	24	88	36,5	1
4	13	8	2	*	100	38,6	3
4	13	9	2	24	80	38,7	2
4	13	10	2	32	84	38,8	3
4	13	11	2	*	88	38,8	3
4	13	12	2	*	88	38,7	3
4	13	13	2	24	100	38,7	3
4	13	14	2	*	96	38,7	3
4	13	15	2	*	104	38,7	2
4	13	16	2	24	88	38,8	2
4	13	17	2	24	84	38,7	2
4	13	18	2	24	88	38,7	2
4	13	19	2	24	88	38,7	2
4	13	20	2	*	96	38,7	2
4	13	21	2	*	92	38,7	2
4	14	1	2	16	60	34,7	1
4	14	2	2	16	60	34,7	2
4	14	3	2	20	68	34,8	1
4	14	4	2	20	68	34,9	1
4	14	5	2	20	72	34,9	1
4	14	6	2	20	76	35	1
4	14	7	2	20	76	35,3	1
4	14	8	2	*	110	38,4	1
4	14	9	2	32	92	38,6	1
4	14	10	2	36	108	38,7	1
4	14	11	2	40	104	38,7	1
4	14	12	2	*	110	38,7	1
4	14	13	2	*	110	38,6	1
4	14	14	2	*	110	38,6	1
4	14	15	2	*	112	39,1	1
4	14	16	2	28	96	38,8	1
4	14	17	2	28	100	38,7	1
4	14	18	2	32	100	38,8	1
4	14	19	2	28	108	38,9	1
4	14	20	2	*	110	38,9	1
4	14	21	2	*	110	38,8	1
4	15	1	3	*	116	38,2	1
4	15	2	3	40	114	38,3	1
4	15	3	3	*	116	38,3	1
4	15	4	3	*	120	38,4	1

Gruppe	Patient	Zeitpunkt	OP-Bereich	Atemfrequenz	Pulsfrequenz	Temperatur	Wunde
4	15	5	3	*	120	38,4	1
4	15	6	3	*	116	38,4	1
4	15	7	3	*	114	38,4	1
4	15	8	3	80	148	39,1	1
4	15	9	3	54	112	39	1
4	15	10	3	*	114	38,9	1
4	15	11	3	*	120	38,8	1
4	15	12	3	*	128	38,7	1
4	15	13	3	*	136	38,7	1
4	15	14	3	*	122	38,7	1
4	15	15	3	80	88	39	1
4	15	16	3	*	84	39	1
4	15	17	3	*	88	39	1
4	15	18	3	60	96	38,9	1
4	15	19	3	*	96	38,9	1
4	15	20	3	*	104	38,9	1
4	15	21	3	*	100	38,9	1
5	1	1	1	24	60	36	1
5	1	2	1	24	56	36,5	1
5	1	3	1	28	68	36,5	1
5	1	4	1	20	64	36,6	1
5	1	5	1	25	80	36,8	1
5	1	6	1	20	80	38	1
5	1	7	1	20	80	38,1	1
5	1	8	1	60	140	39,7	1
5	1	9	1	*	100	39,5	1
5	1	10	1	64	100	39,4	1
5	1	11	1	40	100	39,1	1
5	1	12	1	36	96	38,5	1
5	1	13	1	24	80	38,5	1
5	1	14	1	28	84	38,5	1
5	1	15	1	60	125	39,6	1
5	1	16	1	60	96	39,2	1
5	1	17	1	60	80	39,2	1
5	1	18	1	60	80	39,1	1
5	1	19	1	48	80	39,1	1
5	1	20	1	48	88	39,1	1
5	1	21	1	48	80	39,1	1
5	2	1	1	20	75	34,9	1
5	2	2	1	20	80	35	2
5	2	3	1	24	80	35,2	2
5	2	4	1	32	80	35,4	1
5	2	5	1	40	80	35,4	1
5	2	6	1	36	80	36,2	1
5	2	7	1	36	80	36,5	1
5	2	8	1	28	80	39	1
5	2	9	1	24	76	39,1	1
5	2	10	1	24	80	38,8	1
5	2	11	1	24	80	37,8	1
5	2	12	1	28	80	37,9	1
5	2	13	1	24	80	37,8	1

Gruppe	Patient	Zeitpunkt	OP-Bereich	Atemfrequenz	Pulsfrequenz	Temperatur	Wunde
5	2	14	1	20	76	37,7	1
5	2	15	1	20	80	38,5	1
5	2	16	1	24	84	38,6	1
5	2	17	1	24	80	38,5	1
5	2	18	1	20	76	38,4	1
5	2	19	1	20	76	38,5	1
5	2	20	1	20	80	38,6	1
5	2	21	1	24	80	38,6	1
5	3	1	2	36	96	37,2	1
5	3	2	2	36	100	37,2	1
5	3	3	2	40	100	37,4	1
5	3	4	2	40	100	37,4	1
5	3	5	2	28	100	37,5	1
5	3	6	2	32	96	37,6	1
5	3	7	2	28	100	37,7	1
5	3	8	2	40	100	38,4	1
5	3	9	2	28	104	38,5	1
5	3	10	2	32	100	38,5	1
5	3	11	2	32	96	38,6	1
5	3	12	2	32	100	38,6	1
5	3	13	2	40	96	38,6	1
5	3	14	2	40	96	38,6	1
5	3	15	2	28	96	38,4	1
5	3	16	2	28	100	38,6	1
5	3	17	2	28	100	38,6	1
5	3	18	2	32	96	38,6	1
5	3	19	2	40	92	38,5	1
5	3	20	2	32	96	38,6	1
5	3	21	2	28	100	38,5	1
5	4	1	1	28	110	35,3	1
5	4	2	1	28	106	35,4	1
5	4	3	1	32	104	35,4	1
5	4	4	1	40	100	35,6	1
5	4	5	1	32	100	35,7	1
5	4	6	1	40	96	35,9	1
5	4	7	1	32	96	36	1
5	4	8	1	24	80	38	1
5	4	9	1	24	88	38,2	1
5	4	10	1	28	80	38,2	1
5	4	11	1	24	88	38	1
5	4	12	1	28	92	38	1
5	4	13	1	24	88	38,1	1
5	4	14	1	24	96	38	1
5	4	15	1	28	92	38	1
5	4	16	1	24	80	38	1
5	4	17	1	24	80	38,1	1
5	4	18	1	24	92	38	1
5	4	19	1	28	88	38,1	1
5	4	20	1	28	92	38,2	1
5	4	21	1	24	96	38,2	1
5	5	1	1	24	76	35,6	1

Gruppe	Patient	Zeitpunkt	OP-Bereich	Atemfrequenz	Pulsfrequenz	Temperatur	Wunde
5	5	2	1	24	76	35,7	1
5	5	3	1	24	80	35,7	1
5	5	4	1	24	80	35,8	1
5	5	5	1	28	80	36	1
5	5	6	1	28	80	36,1	1
5	5	7	1	28	88	36,1	1
5	5	8	1	28	88	38,7	1
5	5	9	1	32	100	38,6	1
5	5	10	1	28	92	38,7	1
5	5	11	1	32	88	38,7	1
5	5	12	1	32	88	38,6	1
5	5	13	1	36	96	38,6	1
5	5	14	1	32	88	38,6	1
5	5	15	1	32	100	38,6	1
5	5	16	1	28	100	38,6	1
5	5	17	1	24	92	38,5	1
5	5	18	1	24	96	38,4	1
5	5	19	1	28	80	38,5	1
5	5	20	1	28	80	38,4	1
5	5	21	1	24	88	38,5	1
5	6	1	2	*	120	38,3	3
5	6	2	2	40	116	38,4	3
5	6	3	2	40	110	38,4	3
5	6	4	2	40	116	38,4	3
5	6	5	2	40	110	38,5	3
5	6	6	2	36	106	38,5	3
5	6	7	2	36	110	38,5	3
5	6	8	2	*	112	39,3	1
5	6	9	2	*	116	39,4	1
5	6	10	2	40	110	39,4	1
5	6	11	2	40	110	39,3	1
5	6	12	2	*	112	39,2	1
5	6	13	2	40	110	39,1	1
5	6	14	2	36	110	39,1	1
5	6	15	2	40	110	39,2	1
5	6	16	2	40	114	39,3	1
5	6	17	2	*	112	39,3	1
5	6	18	2	*	110	39,4	1
5	6	19	2	40	108	39,3	1
5	6	20	2	*	114	39,2	1
5	6	21	2	40	110	39,1	1
5	7	1	2	44	96	36,9	1
5	7	2	2	40	100	37	1
5	7	3	2	44	96	37,1	1
5	7	4	2	44	100	37,2	1
5	7	5	2	44	100	37,2	1
5	7	6	2	40	96	37,3	1
5	7	7	2	40	92	37,3	1
5	7	8	2	40	110	37,9	1
5	7	9	2	44	104	37,9	1
5	7	10	2	36	100	37,9	1

Gruppe	Patient	Zeitpunkt	OP-Bereich	Atemfrequenz	Pulsfrequenz	Temperatur	Wunde
5	7	11	2	40	104	37,9	1
5	7	12	2	40	100	37,9	1
5	7	13	2	36	96	37,9	1
5	7	14	2	40	100	37,9	1
5	7	15	2	*	96	38,2	1
5	7	16	2	44	110	38,3	1
5	7	17	2	*	96	38,3	1
5	7	18	2	*	92	38,2	1
5	7	19	2	40	100	38,3	1
5	7	20	2	36	104	38,2	1
5	7	21	2	40	100	38,2	1
5	8	1	2	40	96	35,4	1
5	8	2	2	36	100	35,5	1
5	8	3	2	40	100	35,5	1
5	8	4	2	32	96	35,6	1
5	8	5	2	28	104	35,7	1
5	8	6	2	32	100	35,8	1
5	8	7	2	28	100	36	1
5	8	8	2	*	96	38,9	1
5	8	9	2	24	100	39	1
5	8	10	2	*	92	38,9	1
5	8	11	2	28	80	38,9	1
5	8	12	2	24	80	38,8	1
5	8	13	2	24	88	38,9	1
5	8	14	2	*	80	38,8	1
5	8	15	2	24	80	38,9	1
5	8	16	2	24	80	38,9	1
5	8	17	2	24	80	38,8	1
5	8	18	2	*	80	38,7	1
5	8	19	2	28	84	38,8	1
5	8	20	2	*	80	38,8	1
5	8	21	2	24	84	38,8	1
5	9	1	2	*	100	36,8	1
5	9	2	2	*	96	36,9	1
5	9	3	2	36	100	36,9	1
5	9	4	2	40	110	37,2	1
5	9	5	2	*	100	37,2	1
5	9	6	2	40	96	37,3	1
5	9	7	2	*	100	37,2	1
5	9	8	2	*	144	38,1	1
5	9	9	2	*	120	38,2	1
5	9	10	2	40	116	38,4	1
5	9	11	2	40	116	38,4	1
5	9	12	2	36	96	38,5	1
5	9	13	2	*	100	38,5	1
5	9	14	2	*	110	38,5	1
5	9	15	2	24	80	38,7	1
5	9	16	2	24	88	38,6	1
5	9	17	2	24	80	38,7	1
5	9	18	2	*	76	38,7	1
5	9	19	2	*	80	38,6	1

Gruppe	Patient	Zeitpunkt	OP-Bereich	Atemfrequenz	Pulsfrequenz	Temperatur	Wunde
5	9	20	2	24	76	38,7	1
5	9	21	2	*	80	38,6	1
5	10	1	2	24	66	35,7	1
5	10	2	2	24	72	35,9	1
5	10	3	2	24	76	36	1
5	10	4	2	32	80	36,2	1
5	10	5	2	40	92	36,3	1
5	10	6	2	40	100	36,5	1
5	10	7	2	40	100	36,8	1
5	10	8	2	*	100	38,5	1
5	10	9	2	40	84	38,5	1
5	10	10	2	*	88	38,5	1
5	10	11	2	36	100	38,6	1
5	10	12	2	28	92	38,7	1
5	10	13	2	40	92	38,6	1
5	10	14	2	*	88	38,6	1
5	10	15	2	36	88	38,6	1
5	10	16	2	36	88	38,5	1
5	10	17	2	24	96	38,4	1
5	10	18	2	28	88	38,6	1
5	10	19	2	24	96	38,6	1
5	10	20	2	28	96	38,5	1
5	10	21	2	36	100	38,5	1
5	11	1	2	20	64	35,3	2
5	11	2	2	24	76	35,4	2
5	11	3	2	24	80	35,4	1
5	11	4	2	24	88	35,6	1
5	11	5	2	32	96	35,6	1
5	11	6	2	40	100	35,8	1
5	11	7	2	40	110	36	1
5	11	8	2	*	100	38,9	1
5	11	9	2	*	110	39,1	1
5	11	10	2	40	100	39	1
5	11	11	2	*	100	38,9	1
5	11	12	2	36	96	38,7	1
5	11	13	2	28	104	38,6	1
5	11	14	2	*	100	38,6	1
5	11	15	2	40	100	38,6	1
5	11	16	2	*	100	38,6	1
5	11	17	2	*	92	38,8	1
5	11	18	2	*	100	38,6	1
5	11	19	2	*	104	38,7	1
5	11	20	2	36	92	38,7	1
5	11	21	2	*	96	38,7	1
5	12	1	2	*	88	38,9	1
5	12	2	2	36	80	38,8	1
5	12	3	2	*	88	38,7	1
5	12	4	2	36	92	38,7	1
5	12	5	2	*	100	38,7	1
5	12	6	2	*	100	38,6	1
5	12	7	2	40	100	38,7	1

Gruppe	Patient	Zeitpunkt	OP-Bereich	Atemfrequenz	Pulsfrequenz	Temperatur	Wunde
5	12	8	2	*	96	38,5	1
5	12	9	2	36	106	38,5	1
5	12	10	2	*	100	38,5	1
5	12	11	2	*	100	38,5	1
5	12	12	2	32	96	38,6	1
5	12	13	2	32	96	38,6	1
5	12	14	2	*	100	38,6	1
5	12	15	2	*	100	38,4	1
5	12	16	2	28	96	38,5	1
5	12	17	2	*	96	38,6	1
5	12	18	2	*	96	38,6	1
5	12	19	2	28	92	38,6	1
5	12	20	2	24	96	38,5	1
5	12	21	2	24	96	38,6	1
5	13	1	2	20	80	34,9	1
5	13	2	2	20	84	35,1	1
5	13	3	2	24	84	35,1	1
5	13	4	2	40	84	35,2	1
5	13	5	2	36	92	35,3	1
5	13	6	2	32	100	35,6	1
5	13	7	2	40	100	35,7	1
5	13	8	2	40	120	38,9	1
5	13	9	2	40	120	39	1
5	13	10	2	*	116	39	1
5	13	11	2	*	116	38,9	1
5	13	12	2	36	120	38,8	1
5	13	13	2	36	120	38,8	1
5	13	14	2	*	116	38,9	1
5	13	15	2	40	112	38,8	1
5	13	16	2	*	110	38,8	1
5	13	17	2	36	116	38,7	1
5	13	18	2	36	108	38,9	1
5	13	19	2	32	110	38,9	1
5	13	20	2	36	114	39	1
5	13	21	2	*	116	38,8	1
5	14	1	2	24	80	36,8	1
5	14	2	2	24	80	36,9	1
5	14	3	2	24	80	37	1
5	14	4	2	24	80	37	1
5	14	5	2	24	88	37,3	1
5	14	6	2	32	88	37,5	1
5	14	7	2	36	80	37,7	1
5	14	8	2	24	100	39,2	1
5	14	9	2	24	96	38,6	1
5	14	10	2	24	100	38,7	1
5	14	11	2	28	100	38,7	1
5	14	12	2	28	96	38,6	1
5	14	13	2	28	100	38,6	1
5	14	14	2	24	100	38,6	1
5	14	15	2	30	96	38,9	1
5	14	16	2	*	104	39,2	1

Gruppe	Patient	Zeitpunkt	OP-Bereich	Atemfrequenz	Pulsfrequenz	Temperatur	Wunde
5	14	17	2	32	100	39	1
5	14	18	2	*	100	39	1
5	14	19	2	40	96	38,8	1
5	14	20	2	36	100	38,8	1
5	14	21	2	*	106	38,9	1
5	15	1	2	52	116	35,9	2
5	15	2	2	48	120	36	2
5	15	3	2	48	112	36,1	1
5	15	4	2	44	116	36,3	1
5	15	5	2	44	120	36,5	1
5	15	6	2	52	124	36,7	1
5	15	7	2	48	116	36,8	1
5	15	8	2	40	110	39,3	1
5	15	9	2	*	110	39,2	1
5	15	10	2	*	106	39,2	1
5	15	11	2	36	100	38,9	1
5	15	12	2	*	118	38,9	1
5	15	13	2	*	100	38,8	1
5	15	14	2	36	100	38,8	1
5	15	15	2	*	100	38,7	1
5	15	16	2	28	104	38,6	1
5	15	17	2	32	100	38,7	1
5	15	18	2	*	100	38,8	1
5	15	19	2	*	92	38,7	1
5	15	20	2	36	96	38,7	1
5	15	21	2	*	96	38,7	1

# Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die an der Entstehung dieser Arbeit beteiligt waren.

Besonderer Dank gebührt:

Prof. Dr. Martin Kramer für die außerordentlich gute Betreuung und seine unerschöpfliche Geduld, mir stets mit seinem Fachwissen und seiner menschlichen Unterstützung motivierend zur Seite zu stehen.

Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Hartwig Bostedt für die Erstellung des Gutachtens und für eine diskussionsreiche und angenehme Prüfung.

Prof. Dr. Klaus Doll für eine kollegiale und praxisorientierte Prüfung.

Dr. Andreas Zohmann, der mir dieses spannende Thema ermöglicht und die Kontakte zur Firma Zimmer vermittelt hat. Ohne ihn wäre diese Arbeit nicht zustande gekommen.

Der Firma Zimmer, Elektromedizin GmbH, Neu-Ulm, Deutschland, für die Bereitstellung der Sachmittel.

Dr. Klaus Failing und Frau Marion Sparenberg der Arbeitsgruppe Biomathematik und Datenverarbeitung für die Hilfe und endlose Geduld bei der Erstellung der statistischen Auswertung.

Dr. Gerhard Schultheiß und Dr. Sabine Tacke für die kompetente Hilfestellung bei Klärung fachlicher Probleme.

Meinem Mann, André Kzionska, mein Ruhepol und meine Insel, der mit Liebe und Geduld stets für mich da ist. In manchen Phasen dieser Arbeit war das bestimmt nicht immer leicht. Danke!

Meiner lieben Familie, insbesondere meinen Eltern, Jutta und Helmut Hilbert, die mich stets in allen meinen Vorhaben unterstützen sowie meinen Schwiegereltern Doris und Alfred Kzionska.

Meinem Schwager Marc Becker, für seine kompetente Unterstützung und seine fantastischen Computerkenntnisse und meiner Schwester Britta Becker, die immer ein offenes Ohr für mich hat.

Meiner Tante Andrea Kiewel-Labinsky, die mir bei Wort und Ausdruck korrigierend zur Seite steht.

Annette Klepp für ihr Engagement, mich mit ihren Fachkenntnissen der englischen Sprache und viel Humor zu unterstützen .

Dr. Sabine Löbcke, die mir freundschaftlich und zu jeder Tages- und Nachtzeit mit Rat und Tat zur Seite steht und mich in allen meinen Vorhaben motiviert.

Und natürlich den Patienten, ohne die diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre!



*édition scientifique*  
**VVB LAUFERSWEILER VERLAG**

VVB LAUFERSWEILER VERLAG  
STAUFBENBERGRING 15  
D-35396 GIESSEN

Tel: 0641-5599888 Fax: -5599890  
redaktion@doktorverlag.de  
www.doktorverlag.de

ISBN: 978-3-8359-5765-7



9 783835 957657