

**Vergleichende Untersuchungen zur Belastung  
von Lawinen- und Rettungshunden bei der Lauf- und der  
Sucharbeit**

**Frauke Köhler**

Aus dem Institut für Tierschutz, Verhaltenskunde und Tierhygiene  
der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München

Vorstand: Prof. Dr. M. Erhard

Angefertigt unter der Leitung von

Prof. Dr. M. Erhard

**Vergleichende Untersuchungen zur Belastung von Lawinen- und  
Rettungshunden bei der Lauf- und der Sucharbeit**

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde  
der Tierärztlichen Fakultät  
der Ludwig-Maximilians-Universität München

von

**Frauke Köhler**

aus

Hanau

München 2004

Gedruckt mit der Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät der  
Ludwig-Maximilians-Universität München

**Dekan:** Univ.-Prof. Dr. A. Stolle

**Referent:** Univ.-Prof. Dr. M. Erhard

**Koreferent:** Univ.-Prof. Dr. R. Köstlin

Tag der Promotion: 13. Februar 2004

**MEINEN ELTERN**  
**in**  
**Liebe und Dankbarkeit**

# Inhaltsverzeichnis

	<b>Seite</b>
<b>1. EINLEITUNG</b>	1
<b>2. LITERATUR</b>	2
<b>2.1 Allgemeines zu Rettungshunden</b>	2
<b>2.2 Riechleistung der Hunde</b>	2
2.2.1 Olfaktion	2
2.2.2 Schnüffeln	3
2.2.3 Einfluss physischer Belastung auf die Riechleistung	4
<b>2.3 Belastungen und Belastungsreaktionen</b>	5
<b>2.4 Kardiovaskuläres System</b>	8
2.4.1 Herzfrequenz	8
2.4.2 Belastungsphysiologie und Verhalten in der Erholungszeit	8
<b>2.5 Thermoregulation</b>	12
2.5.1 Rektale Körpertemperatur	12
2.5.2 Belastungsphysiologie und Verhalten in der Erholungszeit	12
<b>2.6 Muskelstoffwechsel</b>	16
2.6.1 Energiegewinnung	16
<b>2.6.2 Laktat</b>	17
2.6.2.1 Laktatmetabolismus	17
2.6.2.2 Belastungsphysiologie und Verhalten in der Erholungszeit	18
<b>2.6.3 Kreatinkinase</b>	20
2.6.3.1 Funktion der Kreatinkinase	20
2.6.3.2 Belastungsphysiologie und Verhalten in der Erholungszeit	21
<b>2.7 Hämatologische Parameter und Proteine</b>	23
2.7.1 Hämatokrit, Hämoglobin, Gesamtprotein, Albumin und Globulin	23
2.7.2 Belastungsphysiologie und Verhalten in der Erholungszeit	23

<b>2.8</b>	<b>Nierenstoffwechsel</b>	28
2.8.1	Kreatinin und Harnstoff	28
2.8.2	Belastungsphysiologie und Verhalten in der Erholungszeit	29
<b>2.9</b>	<b>Leberstoffwechsel</b>	31
2.9.1	Alkalische Phosphatase, Alanin-Amino-Transaminase, Cholesterin und Bilirubin	31
2.9.2	Belastungsphysiologie und Verhalten in der Erholungszeit	32
<b>2.10</b>	<b>Kohlenhydratstoffwechsel</b>	35
2.10.1	Glukose	35
2.10.2.1	Belastungsphysiologie und Verhalten in der Erholungszeit	36
<b>2.11</b>	<b>Blutgase und Säure-Basenhaushalt</b>	38
2.11.1	pH-Wert, Sauerstoff-, Kohlendioxidpartialdruck, Bikarbonat und Basenexzess	38
2.11.2	Belastungsphysiologie und Verhalten in der Erholungszeit	40
<b>2.12</b>	<b>Endokrine Parameter</b>	43
2.12.1	Kortisol	43
2.12.2	Kortisol im Speichel	44
2.12.3	Belastungsphysiologie und Verhalten in der Erholungszeit	46
<b>2.13</b>	<b>Ethologische Parameter</b>	48
2.13.1	Stress und Verhalten	48
2.13.2	Verhalten nach Belastung und in der Erholungszeit	48
<b>3.</b>	<b>MATERIAL UND METHODEN</b>	51
<b>3.1</b>	<b>Hunde</b>	51
<b>3.2</b>	<b>Versuchsaufbau und Versuchsablauf</b>	52
3.2.1	Allgemein	52
3.2.2	Sommerdurchgang	52
3.2.3	Winterdurchgang	53

<b>3.3</b>	<b>Erfassung von Klimafaktoren</b>	54
<b>3.4</b>	<b>Erfassung der Parameter und Probenanalyse</b>	54
3.4.1	Herzfrequenz	54
3.4.2	Rektale Körpertemperatur	56
3.4.3	Blutparameter	56
3.4.4	Endokrine Parameter	57
3.4.5	Ethologische Parameter	60
<b>3.5</b>	<b>Statistische Methode</b>	61
<b>4.</b>	<b>ERGEBNISSE</b>	63
<b>4.1</b>	<b>Herzfrequenz</b>	63
4.1.1	Einfluss der Belastungsform auf die Herzfrequenz	63
4.1.2	Herzfrequenz während der Anzeige der Figuranten	66
4.1.3	Einfluss der Pausen- und Erholungszeit auf die Herzfrequenz	68
4.1.4	Probennahmen	72
4.1.5	Einfluss des Alters auf die Herzfrequenz	73
<b>4.2</b>	<b>Rektale Körpertemperatur</b>	74
4.2.1	Einfluss der Belastungsform auf die Körpertemperatur	74
4.2.2	Einfluss der Pausen- und Erholungszeit auf die Körpertemperatur	77
4.2.3	Korrelation zwischen der Körper- und der Umgebungstemperatur	78
4.2.4	Einfluss des Alters auf die Körpertemperatur	81
<b>4.3</b>	<b>Blutparameter</b>	82
4.3.1	Einfluss der Belastungsform auf die Blutparameter	82
4.3.2	Einfluss der Erholungszeit auf die Blutparameter	89
4.3.3	Einfluss des Alters auf ausgewählte Blutparameter	91

<b>4.4</b>	<b>Endokrine Parameter</b>	94
4.4.1	Qualitätskontrollen des Lumineszenz Immunoassay (LIA)	94
4.4.2	Einfluss der Belastungsform auf die Speichelkortisol-Konzentration	95
4.4.3	Einfluss der Pausen- und Erholungszeit auf die Speichelkortisol-Konzentration	98
4.4.4	Einfluss von Alter und Temperament auf die Speichelkortisol-Konzentration	100
<b>4.5</b>	<b>Ethologische Parameter</b>	102
4.5.1	Aktivitätsindex der Suchbelastungen	102
4.5.2	Anzeige der Figuranten	105
4.5.3	Einfluss des Alters auf den Aktivitätsindex	107
<b>5.</b>	<b>DISKUSSION</b>	108
<b>5.1</b>	<b>Diskussion der Methoden</b>	108
5.1.1	Versuchsaufbau	108
5.1.2	Methoden	108
<b>5.2</b>	<b>Diskussion der Ergebnisse</b>	112
<b>5.2.1.</b>	<b>Herzfrequenz</b>	112
5.2.1.1	Einfluss der Belastungsform auf die Herzfrequenz	112
5.2.1.2	Einfluss der Pausen- und Erholungszeit auf die Herzfrequenz	118
5.2.1.3	Vergleich der Lauf- und der Suchbelastung	118
5.2.1.4	Vergleich der Sommer- und der Winterarbeit	119
<b>5.2.2</b>	<b>Rektale Körpertemperatur</b>	121
5.2.2.1	Einfluss der Belastungsform auf die Körpertemperatur	121
5.2.2.2	Einfluss der Pausen- und Erholungszeit auf die Körpertemperatur	122
5.2.2.3	Vergleich der Lauf- und der Suchbelastung	123
5.2.2.4	Vergleich der Sommer- und der Winterarbeit	124
<b>5.2.3</b>	<b>Blutparameter</b>	126
5.2.3.1	Einfluss der Belastungsform auf die Blutparameter	126
5.2.3.2	Einfluss der Erholungszeit auf die Blutparameter	132
5.2.3.3	Vergleich der Lauf- und der Suchbelastung	135
5.2.3.4	Vergleich der Sommer- und der Winterarbeit	137

<b>5.2.4</b>	<b>Endokrine Parameter</b>	140
5.2.4.1	Einfluss der Belastungsform auf die Speichelkortisol-Konzentration	140
5.2.4.2	Einfluss der Pausen- und Erholungszeit auf die Speichelkortisol-Konzentration	142
5.2.4.3	Vergleich der Lauf- und der Suchbelastung	143
5.2.4.4	Vergleich der Sommer- und der Winterarbeit	144
<b>5.2.5</b>	<b>Ethologische Parameter</b>	145
5.2.5.1	Aktivitätsindex der Suchbelastungen	145
5.2.5.2	Anzeige der Figuranten	147
<b>5.3</b>	<b>Schlussfolgerung</b>	151
<b>6.</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b>	153
<b>7.</b>	<b>SUMMARY</b>	155
<b>8.</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS</b>	157
<b>9.</b>	<b>TABELLARISCHER ANHANG</b>	172

## ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

ACTH	Adrenokortikotropes Hormon
ADP	Adenosin-Diphosphat
Alb	Albumin
ALT	Alanin-Amino-Transferase
AP	Alkalische Phosphatase
ATP	Adenosin-Triphosphat
BE	Basenexzess
Bil	Bilirubin
bpm	beats per minute = Schläge pro Minute
BUN	bounded urea nitrogen = Harnstoff
Bzw.	beziehungsweise
Ca.	zirka
CBG	Kortikosteroidbindendes Globulin
Chol	Cholesterin
CK	Kreatinkinase
CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid
CRH	Corticotropin-Releasing Hormone
dB	Dezibel
Fa.	Firma
GFR	glomeruläre Filtrationsrate
Glob	Globulin
h	Stunde
H <sup>+</sup>	Wasserstoffion
H <sub>2</sub> O	Wasser
Hb	Hämoglobin
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Bikarbonat
H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Kohlensäure
Hkt	Hämatokrit
i.m.	intramuskulär
IU/L	Internationale Einheiten pro Liter
J	Jahre
Krea	Kreatinin

LIA	Lumineszenz-Immunoassay
LSM-Test	Least Square Means-Test
Max	Maximum
min	Minute
Min	Minimum
Mischl.	Mischling
M	Mittelwert
N	Anzahl der Hunde
Nr.	Nummer
O <sub>2</sub>	Sauerstoff
p	Irrtumswahrscheinlichkeit
pCO <sub>2</sub>	Partialdruck von Kohlendioxid
pH	negativer dekadischer Logarithmus der H <sup>+</sup> -Ionenkonzentration
pO <sub>2</sub>	Partialdruck von Sauerstoff
r	Korrelationskoeffizient
RGT-Regel	Reaktionsgeschwindigkeit-Temperatur-Regel
RIA	Radioimmunoassay
SD	Standardabweichung
SEM	Standardfehler des Mittelwertes
sec	Sekunde
TP	Totalprotein

# 1. EINLEITUNG

Der ausgezeichnete Geruchssinn des Hundes wird schon lange vom Menschen in den verschiedensten Bereichen praktisch genutzt. Ein Einsatzbereich des Hundes ist die Suche nach vermissten oder unter Schnee verschütteten Personen. Dabei ist auch in heutiger Zeit ein gut ausgebildeter und trainierter Rettungshund ein unersetzbarer Helfer.

Bisher existieren jedoch kaum wissenschaftliche Untersuchungen über die Belastungen, die durch die Sucharbeit für die Hunde entstehen. Aus der Praxis und einigen wenigen Veröffentlichungen über Drogenspürhunde ist jedoch bekannt, dass die Nasenarbeit eine starke physische und psychische Belastung darstellt, da die Hunde bei der Suche außergewöhnlich rasch ermüden.

Ausgehend von diesem Hintergrund, sollten in der vorliegenden Studie die Auswirkungen einer Lawinensuche und einer kombinierten Trümmer- und Flächensuche im alpinen, teils hochalpinen Gelände auf den Gesamtorganismus eines Hundes ermittelt werden. Es wurden die Rettungshunde der Lawinenhundestaffel der Bergwacht Bayern ausgewählt, da diese Hunde im Sommer zur Flächensuche und im Winter zur Lawinensuche eingesetzt werden.

In der erstmals in diesem Umfang durchgeführten Studie sollten grundlegende physiologische Daten und dominierende Belastungsfaktoren, wie z. B. klimatische Bedingungen, Höhenlage und Geländestruktur, während der Rettungshundearbeit erhoben werden. Damit sollten Vergleichswerte und Ansatzpunkte für weitere Forschungsarbeiten im Bereich der Rettungshundearbeit geschaffen werden. Die erzielten Daten können eine Hilfestellung zur Optimierung des Trainings und des Einsatzes von Rettungshunden geben.

## **2. LITERATUR**

### **2.1 Allgemeines zu Rettungshunden**

Der Ursprung der Rettungshunde ist im Kloster des Großen St. Bernhard zu suchen. Die Mönche des Klosters züchteten Mitte des 17. Jahrhunderts den Bernhardiner. Die Bernhardiner waren damals noch leichter und funktioneller gebaut und hatten die Aufgabe, den verschneiten Weg von der italienischen und schweizerischen Seite zum Hospiz ausfindig zu machen. Auf dem Weg dorthin fanden die Hunde oft verirrte und vom Schnee verschüttete Personen, die so vor dem Erfrierungstod gerettet werden konnten (HEYER, 1966; WEGMANN UND HEINES, 1997).

Die 1. Nutzung der Rettungshunde erfolgte für militärische Zwecke als Meldeläufer oder Sanitätshelfer. So wurden im 1. Weltkrieg schätzungsweise 30.000 nicht speziell ausgebildete Privathunde für diese Zwecke eingezogen und im 2. Weltkrieg waren sogar 200.000 Hunde im Einsatz an der Front (HEYER, 1966; WEGMANN UND HEINES, 1997).

Im Jahre 1946 wurden von der deutschen Bergwacht erstmals Lawinenhunde ausgebildet und eingesetzt. Heutzutage werden von der Bergwacht Bayern Hunde zu Lawinen-, Flächen- und Trümmersuchhunden ausgebildet. Bei der Suche nach vermissten oder im Schnee verschütteten Personen zeigt der Einsatz von Hunden überzeugende Vorteile. Der Hund arbeitet schneller und ersetzt etwa 5 Personen in einer menschlichen Suchkette. Lawinenhunde können Menschen, die unter mehreren Metern Schnee begraben sind, aufspüren und anzeigen. Zudem kann ein Hund trotz unübersichtlichem Gelände rasch eine große Fläche absuchen und hat weniger Schwierigkeiten sich im unwegsamen Gelände fortzubewegen und zu arbeiten als ein Mensch (WITTKE, 1987; WEGMANN UND HEINES, 1997).

### **2.2 Riechleistung der Hunde**

#### **2.2.1 Olfaktion**

Hunde sind Makrosmatiker und ihre Erlebniswelt baut sich vorwiegend aus Geruchsbildern auf (WITTKE, 1987; WEGMANN AND HEINES, 1997). Der Geruch spielt eine wichtige Rolle im Sozial- und Sexualverhalten, bei der Erkundung, Orientierung und Reviermarkierung, aber auch bei der Nahrungssuche und -auswahl (WITTKE, 1987; PIERAU, 2000).

Geruchswahrnehmungen können Stimmungen und Emotionen hervorrufen bzw. beeinflussen (WITTKÉ, 1987; PIERAU, 2000). Es wird angenommen, dass das Riechvermögen des Hundes dem menschlichen etwa 1000-fach überlegen ist (HABERHAUFFE UND ALBRECHT, 1986; WEGMANN UND HEINES, 1997). Die Empfindlichkeit des Geruchssinnes korreliert mit der Gesamtgröße der Riechschleimhaut und der Anzahl der Sinneszellen (PIERAU, 2000). Die Gesamtgröße der *Regio olfactoria* liegt beim Menschen im Bereich von 5-10 cm<sup>2</sup>. Der Hund besitzt mit durchschnittlich 85 cm<sup>2</sup> (Airdale Terrier: 83,5 cm<sup>2</sup>, Dackel: 75 cm<sup>2</sup>, Deutscher Schäferhund: 150-170 cm<sup>2</sup>) ein wesentlich größeres Riechfeld (HABERHAUFFE UND ALBRECHT, 1986; WITTKÉ ET AL., 1987; PIERAU, 2000). Die Gesamtzahl der Riechzellen variiert mit der Größe des Hundes, ist aber bei allen Rassen größer als beim Mensch (TASLITZ, 1990). So verfügt der Dackel über 125 Millionen Riechzellen und der Deutsche Schäferhund über 220-250 Millionen im Vergleich zu 10-30 Millionen Sinneszellen des Menschen (WITTKÉ, 1987; TASLITZ, 1990; PIERAU, 2000). Fast ein Achtel des kaninen Gehirns ist der Olfaktion gewidmet (TASLITZ, 1990).

Damit eine Wahrnehmung der in der Luft gelösten Duftstoffe durch die Riechrezeptoren erfolgen kann, müssen sich die Duftstoffe im Nasenschleim lösen (WEGMANN UND HEINES, 1997; PIERAU, 2000). Daher verringert sich die Riechfähigkeit stark, wenn die Nasenschleimhaut ausgetrocknet ist (WEGMANN UND HEINES, 1997). Aus dem Nasenschleim gelangen die Duftstoffe durch Diffusion an die Zilien der Riechzellen und werden dort an Rezeptorproteine in der Zilienmembran gebunden (PIERAU, 2000).

Für die Auslösung einer Erregung ist eine Mindestkonzentration des Duftstoffes erforderlich. Als Schwellenwert wird die Duftstoff-Konzentration bezeichnet, die eine Erregung der Sinneszellen auslöst. Die Riechschwellenwerte variieren speziesabhängig und sind abhängig von der Luftfeuchte, der Lufttemperatur und vom Duftstoff (NICKEL ET AL., 1992). Die Riechleistung von Hunden ist weiterhin abhängig von der Bodenfeuchtigkeit, der Bodenbeschaffenheit, der Windgeschwindigkeit und der Windrichtung (ZUSCHNEID ET AL., 1976; SHIVIK, 2002).

### **2.2.2 Schnüffeln**

Beim Einatmen wird die Luft durch die Nasenöffnungen in 3 übereinanderliegende mit Schleimhaut ausgekleidete wulstartige Conchen geleitet. Nur die obere *Concha nasalis* enthält Riechepithel. Bei ruhiger Atmung erreichen nur etwa 2% der in der Luft enthaltenen Duftstoffe die Sinneszellen, da der Luftstrom vorwiegend die unteren Abschnitte der Conchen

passiert. Erst beim Schnüffeln gelangen durch Verwirbelungen in den oberen Conchenabschnitten größere Mengen Duftstoffe an die Chemorezeptoren im Riechepithel (HABERHAUFFE UND ALBRECHT, 1986; PIERAU, 2000). Außerdem wird durch die turbulente Luftströmung in der Nase die Diffusionsstrecke der Duftstoffe zu den Rezeptoren in der Nasenschleimhaut verkürzt (NEUHAUS, 1981; STEEN ET AL., 1996). Schnüffeln erhöht die Sensitivität für Gerüche (LAING, 1983). Dazu werden während der Inspiration zusätzliche Schnüffeltzüge durch kurze Ein- und Ausatmungsbewegungen ausgeführt, deren Häufigkeit etwa der Hechelfrequenz entspricht (ZUSCHNEID ET AL., 1976; WITKE, 1987). Die Luft wird dazu in kurzen Zügen durch die Nasenlöcher inhaliert, während das Maul geschlossen bleibt (NEUHAUS, 1981). Die eingeatmete Luft wird in der Nase etwa fünfmal pro Sekunde hin und her bewegt und anschließend stoßweise ausgeatmet. Bei sehr niedriger Duftstoffkonzentration atmen die Hunde durch das Maul aus. Dadurch erfolgt eine Anreicherung der Duftstoffe an der Nasenschleimhaut. Bei hoher Konzentration erfolgt ein nasaler Ausatemstoß, der außer seiner respiratorischen Bedeutung auch noch eine Spülfunktion an der Riechschleimhaut hat (ZUSCHNEID ET AL., 1976; WITKE, 1987). Schnüffeln erfolgt durch verstärkte Nasenbelüftung bei geschlossenem Maul. Im Gegensatz dazu strömt die Luft beim Hecheln verstärkt durch das Maul (SCHMIDT-NIELSEN ET AL., 1970). Laut GAZIT AND TERKEL (2003) können Hunde daher niemals simultan Schnüffeln und Hecheln.

### **2.2.3 Einfluss physischer Belastung auf die Riechleistung**

Physische Aktivität beeinträchtigt über die damit verbundene Erhöhung der Körpertemperatur die Riechleistung von Hunden. In den Untersuchungen von GAZIT AND TERKEL (2003) stieg nach einer 20-minütigen Laufbandbelastung die Körpertemperatur und die Hechelfrequenz signifikant an, wohingegen die Schnüffelfrequenz bei der anschließenden Sprengstoffsuche signifikant abnahm. Bei gleichzeitig starker Aktivität thermoregulatorischer Mechanismen zeigten die Sprengstoffsuchhunde deutliche Leistungseinbußen in Form einer signifikant erhöhten Suchdauer bis zum Finden des Sprengstoffs. GAZIT AND TERKEL (2003) stellten aber auch fest, dass Hunde sich durch ein Training an solche Arbeitsbedingungen anpassen konnten. In den Untersuchungen von STEEN AND WILSSON (1990) und THESEN ET AL. (1993) waren Fährtenhunde unter normalen Bedingungen in der Lage, die Richtung von Fußspuren mit einer Genauigkeit von 90-100% zu bestimmen, wohingegen bei CARR ET AL. (1993) die Hunde nach einer kurzen körperlichen Belastung nur mit einer Genauigkeit von 68% arbeiteten.

GOLDBERG ET AL. (1981) wiesen in ihren Untersuchungen nach, dass Hunde abhängig von der Körpertemperatur und der Belastungsintensität verschiedene Atmungsmuster benutzen, bei denen zur Inspiration und Expiration Nase und Maul zu unterschiedlichen Anteilen genutzt wurden. Abhängig von dem vorwiegend benutzten Luftweg gelangen daher bei der Atmung mehr oder weniger Duftmoleküle an die Chemorezeptoren der Nase.

ZUSCHNEID ET AL. (1976) beschrieben, dass eine verstärkte Nasenventilation beim Schnüffeln in Konkurrenz zum eigentlichen Funktionsziel der Atmung, dem Gasaustausch im funktionellen Lungengewebe und der Sauerstoffbeladung des Blutes, steht. Bei geringen Duftstoffmengen, die schwer wahrnehmbar sind und eine verstärkte Schnüffelfrequenz zwecks Informationsgewinnung erfordern, gewinnt dieser Sachverhalt an Bedeutung. Bei zunehmender Fahrtenschwere wird die Nasenausatmung unterdrückt und die Schnüffelzeit erhöht. Bei der Beobachtung eines schnüffelnden Hundes ist erkennbar, dass dieser kurze ruckartige In- und Expirationsbewegungen durchführt. Diese vermehrte Tätigkeit der Atemmuskulatur scheint bei der Sucharbeit von Hunden einen wesentlichen Anteil bei der Arbeitsbelastung zu spielen (STRASSER ET AL., 1993).

Auch die Höhe, auf der sich Hunde befinden, scheint einen Einfluss auf die Riechleistung zu haben. In den Untersuchungen von GRANDJEAN ET AL. (1998) mit Rettungshunden verlängerte sich die Dauer bis zum Auffinden der Figuranten mit zunehmender Höhe (4800 m, 5980 m) signifikant.

Umwelteinflüsse können die Riechleistung zusätzlich beeinflussen. SHIVIK (2002) stellte fest, dass sich eine ständig wechselnde Windrichtung negativ auf die Fähigkeit von Suchhunden auswirkte, Figuranten aufzuspüren. Er vermutete, dass eine variable Windrichtung die Duftstoffkonzentration verdünnte und die Hunde Schwierigkeiten hatten, sich im Wind optimal auszurichten, um möglichst viel Geruchsmoleküle aufzunehmen. Luftdruck und relative Luftfeuchte waren mit der Suchdauer positiv korreliert.

### **2.3 Belastungen und Belastungsreaktionen**

Wenn die Anzahl der Stimuli, die von einem Lebewesen wahrgenommen werden, stark vom Normalzustand abweicht oder diese ungewöhnlich lange oder intensiv einwirken, können sie nach STEPHENS (1980) als Stressoren bezeichnet werden. Umwelteinflüsse wie Hitze und Kälte, sowie Sauerstoffmangel in großen Höhen, aber auch körperliche Belastungen und Verletzungen stellen physische Stressoren dar (IMMELMANN, 1982; KOLB, 1993). So werden

im Sportbereich Greyhounds in Sprintrennen kurzfristig mit einer sehr hohen Laufgeschwindigkeit mit bis zu 65 km/h belastet. Huskies laufen an 12-14 Tagen bei Ausdauerrennen über 1600 km mit einer mittleren Laufgeschwindigkeit (MURPHY ET AL., 1997). Rettungshunde müssen in Einsätzen oft ununterbrochen sehr lange Sucharbeit (mehrere Stunden) verrichten. Bei den Lawinenhunden erfordert das alpine Gelände besondere Anforderungen an die Feinmotorik und physische Ausdauer der Hunde. Außerdem kommen der Transport mittels Hubschrauber zum Einsatzort, der Aufenthalt in großen Höhen und extreme Wetterbedingungen als belastende Faktoren dazu. Zwangsmaßnahmen, soziale Konfliktsituationen, Lärm oder für ein Individuum bedrohliche oder unvorhersehbare Situationen wirken als psychische Stressoren. Sowohl psychische als auch physische Stressoren können das körperliche Gleichgewicht stören und das Wohlbefinden von Hunden einschränken (IMMELMANN, 1982; SCHILDER, 1992; KOLB, 1993; LADEWIG, 1994; BEERDA ET AL., 1996; MURPHY ET AL., 1997; BEERDA ET AL., 1997; EWERT, 1998; GRANDJEAN ET AL., 1998).

Als Stress wird im Allgemeinen die Gesamtheit der Reaktionen eines Lebewesens auf besondere, das normale Maß überschreitende Umweltbeanspruchungen bezeichnet (IMMELMANN, 1982). Nach Einwirkung von Stress werden 2 Stressachsen aktiviert: die Sympathikus-Nebennierenmark-Achse (Katecholamine) und die Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse (Kortisol) (BEERDA ET AL., 1996; EWERT, 1998). Stressanzeichen manifestieren sich im ethologischen, kardiovaskulären, endokrinen, renalen, gastro-intestinalen oder hämatologischen Bereich (BEERDA ET AL., 1998). Der Körper reagiert auf Belastungen mit physiologischen Anpassungsvorgängen, die sich auf die Sekretion bestimmter Hormone, auf die Aktivität von Enzymen und des Stoffwechsels, sowie auf die Funktion verschiedener Zelltypen und Gewebe auswirken (IMMELMANN, 1982; KOLB, 1993; BEERDA ET AL., 1997).

Die akuten Anpassungsreaktionen steigern vorübergehend die Leistungsfähigkeit des Nervensystems, des Herz-Kreislauf-Systems und der Bewegungsorgane (KOLB, 1993). In Notsituationen kann dadurch eine sehr schnelle „Alarmreaktion“ erfolgen, die über das sympathische Nervensystem und das Nebennierenmark gesteuert wird und das Individuum in eine Flucht- oder Abwehrbereitschaft versetzt („Fight and Flight Syndrom“). Durch die Sekretion von Katecholaminen (Adrenalin, Noradrenalin) wird eine Splenokontraktion ausgelöst. Weiterhin wird die Herz- und Atemfrequenz erhöht, der Blutzuckerspiegel steigt und der Blutfluss durch die Skelettmuskulatur wird verstärkt, wohingegen die Durchblutung des Magen-Darm-Traktes und der Nieren verringert wird (IMMELMANN, 1982; KOLB, 1993;

EWERT,1998; KOLB UND SEEHAWER, 2002). Diese adaptativen Stressreaktionen sind an sich positiv zu bewerten, da sie es dem Individuum ermöglichen, rasch auf äußere Stimuli zu reagieren (SCHILDER, 1992; EWERT, 1998).

Länger andauernde Umweltbelastungen bewirken chronischen Stress, der sich negativ auf ein Individuum auswirken kann. Diese längerfristigen Anpassungsreaktionen werden über Hormone der Nebennierenrinde (Kortisol) gesteuert. Sie bewirken eine gehemmte Sekretion der Schilddrüse und der Gonaden. Die Proteinsynthese, die Regeneration von Geweben und das Wachstum werden gehemmt und es findet eine Immunsuppression statt. Die vermehrte Sekretion von Glukokortikosteroiden erhöht die Glukoneogenese durch Lipolyse und Proteinkatabolismus. Nach chronischer Stresseinwirkung können sich verschiedene Krankheiten, Depression und Ängste entwickeln. Diese Veränderungen werden als „Allgemeines Anpassungssyndrom“ bzw. „General Adaptation Syndrome“ bezeichnet (IMMELMANN, 1982; SCHILDER, 1992; KOLB, 1993; MURPHY ET AL., 1997; EWERT, 1998).

Stressreaktionen werden besonders unter Feldbedingungen von einer Vielzahl von unkontrollierbaren Faktoren beeinflusst, welche die Interpretation erschweren und eine beträchtliche individuelle Variation bewirken (MASON AND MENDEL, 1993; BEERDA ET AL., 1997, 1998). Belastungsreaktionen sind zum einen vom Individuum selbst abhängig (genetische Konstitution, Alter, Lebenserfahrung, körperlicher Trainingszustand), zum anderen von Typ, Dauer und Intensität einer Belastung (HASTINGS ET AL., 1982; MUSCH ET AL., 1986; ILKIW ET AL., 1989; SCHILDER, 1992; HINCHCLIFF ET AL., 1993). MURPHY ET AL. (1997) sind der Meinung, dass gerade im Hundesportbereich das psychische Wohlbefinden eine entscheidende Rolle dabei spielt, inwieweit ein Hund den Nebenwirkungen einer erhöhten Steroidproduktion durch starke physische und psychische Beanspruchung entgegenwirken kann. Eine starke positive Bindung zwischen Hundetrainer und Hund kann daher die Leistungsfähigkeit des Hundes signifikant verbessern. Manche Individuen reagieren auf Belastungssituationen mehr mit dem „Fight and Flight Syndrom“. Sie setzen sich durch Ausweichen, Angriff oder Verteidigung aktiv mit der Situation auseinander. Andere Individuen reagieren mehr mit dem „Allgemeinen Anpassungssyndrom“ und werden in einer für sie nicht kontrollierbaren Situation passiv (IMMELMANN, 1982; EWERT 1998). Die initiale Stressreaktion kann durch Lernprozesse verändert werden (SCHILDER, 1992). Nach chronischer Stresseinwirkung kann eine Adaptation auf der Ebene der sensuellen Aufnahme, der Bewertung der Stimuli und/oder der Ausführung der Antwort zur Abschwächung der Stressreaktion führen. Der Adaptationsprozess an sich ist bereits indikativ für eine Stresseinwirkung (SCHILDER, 1992; BEERDA ET AL., 1997).

## **2.4 Kardiovaskuläres System**

### **2.4.1 Herzfrequenz**

Die Ruheherzfrequenz von Hunden liegt bei 70-160 bpm und ist rasse-, alters- und größenabhängig (SPÖRRI, 1987; HARMEYER, 2000). Bei kleineren Hunden liegt die Herzfrequenz infolge des intensiveren Stoffwechsels und des größeren Wärmeverlustes über die relativ große Körperoberfläche etwas höher. Die Herzfrequenz wird über nervale und hormonelle Mechanismen reguliert. Alle Einflüsse, die zu einer Aktivierung des Sympathikotonus bzw. einer Verminderung des Parasympathikotonus führen, bewirken eine Herzfrequenzerhöhung. Eine Aktivierung des Parasympathikus bewirkt eine verringerte Herzfrequenz (SPÖRRI, 1987; KOLB ET AL., 2002). Durch Messung der Herzfrequenz lässt sich die Aktivität des Sympathoadrenomedullären Systems bestimmen, welches auf akuten psychischen und physischen Stress reagiert (ENGELAND ET AL., 1990; BEERDA ET AL., 1997, 1998).

### **2.4.2 Belastungsphysiologie und Verhalten in der Erholungszeit**

#### **Herzfrequenz nach psychischer Belastung**

Mit Hilfe der Herzfrequenz kann eine Stimulation des sympathischen Nervensystems, insbesondere durch Aufregung und Stress, objektiv gemessen werden. Die Herzfrequenz reagiert sehr sensitiv und schnell auf emotional belastende Faktoren, ist jedoch auch relativ unspezifisch (SCHILDER ET AL., 1992; VINCENT AND LEAHY, 1997; BEERDA ET AL. 1997, 1998). Bei den Hunden von BEERDA ET AL. (1997) waren die nach einer Lärmexposition auftretenden Verhaltensänderungen von Änderungen der Herzfrequenz und der Speichelkortisol-Konzentration begleitet. In einer späteren Untersuchung konnte dagegen keine statistische Korrelation zwischen ethologischen und physiologischen Stressparametern wie der Herzfrequenz nachgewiesen werden (BEERDA ET AL., 1998). Individuen mit einer überschießenden Reaktion auf bestimmte Umwelteinflüsse können mit Hilfe der Herzfrequenz identifiziert werden (VINCENT AND LEAHY, 1997).

Hunde reagieren sowohl auf positiv empfundene Ereignisse (freudige Erwartung einer Arbeit), als auch auf negativ empfundene Ereignisse (Bestrafung) mit einem Anstieg der Herzfrequenz. ILKIW ET AL. (1989) beobachteten bei Greyhounds bereits in Rennbahnnähe eine höhere Ruhe-Herzfrequenz. Unmittelbar vor dem Start eines Rennens stieg auch die Herzfrequenz von Schlittenhunden auf 120-150 bpm (VAN CITTERS AND FRANKLIN, 1969).

Bei Blindenhunden dagegen blieb die Herzfrequenz in Erwartung der Arbeit unverändert gegenüber dem Ruhewert (VINCENT ET AL., 1993). Auch die Motivation von Hunden beeinflusst die Herzfrequenz. READY AND MORGAN (1984) stellten in einem simulierten Rennen infolge der fehlenden kompetitiven Rennsituation niedrigere Herzfrequenzen fest, als von tatsächlichen Rennen berichtet wurde. Auch individuelle Unterschiede spiegeln sich in der kardiovaskulären Reaktion auf Umgebungsreize wider. So konnten VINCENT AND LEAHY (1997) in ihren Untersuchungen an Blindenhunden feststellen, dass die Fähigkeit, sich an alltägliche Umgebungsreize zu gewöhnen, zwischen den Hunden stark schwankte. Die Variabilität der Herzfrequenz war dabei signifikant von dem vom Trainer beschriebenen Temperament des Hundes abhängig. Bei den als stressempfindlich eingestuften Hunden lag die Herzfrequenz stets höher als bei den als ruhig klassifizierten Hunden. Dieses Ergebnis lies sich 2 Monate später nochmals reproduzieren. In Untersuchungen von BEERDA ET AL. (1998) reagierten Hunde auf aversive Reize, wie plötzliche akustische und optische Reize oder Zwangsmaßnahmen, mit einem Anstieg der Herzfrequenz auf 146-183 bpm. Der Herzfrequenzanstieg bei Lärmexposition lag zwischen 25-54%, ein eingeschalteter Staubsauger bewirkte sogar einen Anstieg um 100% (BEERDA ET AL., 1997).

### **Herzfrequenz nach physischer Belastung**

Bewegungsaktivität bewirkt generell einen Anstieg der Herzfrequenz. Bei starker körperlicher Belastung kann sich die Herzfrequenz von Hunden verdoppeln bis verdreifachen (FRANKLIN ET AL., 1959; ILKIW ET AL., 1989; V. ENGELHARDT, 2000; KOLB ET AL., 2002) (*siehe Tabelle 1*). Die Herzfrequenz ermöglicht Aussagen über das Ausmaß einer physischen Belastung und hilft, die Ausdauerleistungsfähigkeit und individuelle Fitness eines Tieres zu beurteilen (SNEDDON ET AL., 1989; BEERDA ET AL., 1998; V. ENGELHARDT, 2000).

Zu Beginn eines Schlittenhunderennens war bei den Untersuchungen von VAN CITTERS AND FRANKLIN (1969) die Herzfrequenz bereits innerhalb 1 min auf über 300 bpm angestiegen. Nachdem eine konstante Laufgeschwindigkeit erreicht war, wurde eine durchschnittliche Herzfrequenz von 250-300 bpm beibehalten. Auch SMULYAN ET AL. (1965) stellten bei Laufbandtests innerhalb der ersten 90 sec einen starken Anstieg der Herzfrequenz fest. Bei verschiedenen Laufbandbelastungstests lag die Herzfrequenz nach submaximaler Belastung stets unter den Herzfrequenzen nach maximaler Belastung (*siehe Tabelle 1*). Die Herzfrequenz stieg in der Studie von WAGNER ET AL. (1977) bei steigender Belastungsintensität kontinuierlich an. Dagegen konnten TIPTON ET AL. (1974) erst ab einer mäßigen Belastung einen signifikanten Anstieg der Herzfrequenz beobachten.

In den Untersuchungen von ZUSCHNEID ET AL. (1976) mit Jagdhunden lag die bei sehr leichten und frischen Führerfährten registrierte Herzfrequenz immer etwas höher als die bei schweren und älteren Fremdfährten. Die Hunde arbeiteten die Führerfährten besonders eifrig aus. Insgesamt blieb jedoch die Herzfrequenz bei unterschiedlichen Schwierigkeitsgraden der Fährte gleich.

**Tabelle 1:** Literaturangaben der mittleren Herzfrequenz von Hunden nach verschiedenen Belastungsformen, sowie physiologische Referenzwerte beim Hund.

	<b>Belastung</b>	<b>Herzfrequenz (bpm)</b>	<b>Autor</b>
<b>Hund physiologisch</b>		70-160	Spörri, 1987 Harmeyer, 2000
<b>Greyhound-Sprintrennen</b>	440 m	197	Grandjean et al., 1983
<b>Greyhound-Langstreckenrennen</b>	722 m	245	Ilkiw et al., 1989
<b>Schlittenhunde-Rennen</b>	6-7,5 km	160-211	Ready and Morgan, 1984
<b>Laufbandbelastung</b>	submaximal	217-260	Tipton et al., 1974 Sneddon et al., 1989 Wagner et al., 1977 Hastings et al., 1982 Ordway et al., 1984 Musch et al., 1985 Musch et al., 1986
	maximal	275-308	Wagner et al., 1977 Hastings et al., 1982 Ordway et al., 1984 Musch et al., 1985 Musch et al., 1986
<b>Apportierarbeit</b>	10 min	150	Matwichuk et al., 1999
<b>Rauschgiftsuche</b>	15 min	140	Strasser et al., 1993

Training verbessert die Leistungsfähigkeit des Herzens von Hunden (KOLB ET AL., 2002). In den Untersuchungen von MACKINTOSH ET AL. (1983) und SNEDDON ET AL. (1989) wiesen trainierte Hunde während einer Belastung geringere Herzfrequenzen auf als untrainierte. Zudem normalisierte sich die Herzfrequenz in der Erholungszeit nach einem Training schneller. SNEDDON ET AL. (1989) stellten fest, dass dieser Trainingseffekt nach 3-5 Wochen ohne Training verloren ging. Vergleichbare Ergebnisse erzielten TIPTON ET AL. (1974) bei Belastungsuntersuchungen auf dem Laufband. MUSCH ET AL. (1985) und WYATT AND MITCHELL (1974) berichteten bereits nach einem 4-wöchigen Ausdauertraining von einer

niedrigeren Herzfrequenz nach submaximaler Belastung. Bei maximaler Belastung war kein Unterschied in der Herzfrequenz zu erkennen. READY AND MORGAN (1984) dagegen konnten keinen signifikanten Einfluss eines Intervalltrainings auf die Herzfrequenz nach submaximaler Belastung nachweisen. WYATT AND MITCHELL (1974) beobachteten die Entstehung einer trainingsbedingten Ruhebradykardie. MACKINTOSH ET AL. (1983) und MUSCH ET AL. (1985) hingegen konnten dies nicht nachweisen.

Einen weiteren wichtigen Einflussfaktor stellt die Höhenlage dar, in welcher ein Individuum körperliche Leistungen erbringen muss. Die unvorbereitete Konfrontation mit großen Höhen induziert physiologischen Stress, der die Sauerstoffversorgung der Zellen verschlechtert und die Arbeitskapazität verringert. Der verringerte Sauerstoffpartialdruck der Atemluft bewirkt eine Reizung der O<sub>2</sub>-Chemorezeptoren. Die Herzfrequenz wird erhöht, um eine ausreichende Sauerstoffversorgung des Gewebes zu gewährleisten (GRANDJEAN ET AL. 1998; SCHEID, 2001). GRANDJEAN ET AL. (1996, 1998) untersuchten die Adaptationsvorgänge des kardiovaskulären Systems von Rettungshunden an hypobarische und hypoxische Bedingungen. Auf einer Höhe von 4800 m waren die Ruhe- und die Belastungsherzfrequenz nach einer Suche gegenüber den Werten auf Meereshöhe signifikant angestiegen. Nach einem 3-tägigen Aufenthalt in dieser Höhe und einem weiteren Aufstieg auf 5980 m fielen sowohl die Ruhe- als auch die Belastungsherzfrequenz gegenüber den Werten auf 4800 m Höhe signifikant ab. Auch SCHILLING ET AL. (1956) konnten nach einer 5-monatigen Adaptation an klimatische Verhältnisse von 5791 m Höhe eine Akklimation nachweisen. Die Hunde zeigten nach Laufbandbelastungen auf einer Höhe von 5791 m als auch auf 231 m eine niedrigere Herzfrequenz verglichen mit den Belastungsherzfrequenzen vor der Adaptation.

### **Herzfrequenz in der Erholungszeit**

Nach der Einwirkung psychischer Stressoren erfolgte in den Untersuchungen von BEERDA ET AL. (1998) durchschnittlich 8 min nach Beendigung einer Stresssituation eine Normalisierung der Herzfrequenz. Nach Lärmexposition fiel die Herzfrequenz bei VINCENT ET AL. (1993) innerhalb von 10 min und stabilisierte sich anschließend geringfügig über den Ruhewerten.

Nach physischer Belastung konnte eine Normalisierung der Herzfrequenz zu unterschiedlichen Zeitpunkten nach Belastungsende beobachtet werden. In der Studie von ILKIW ET AL. (1989) wurde die Herzfrequenz von Windhunden erst 3 h nach Rennende erneut gemessen. Zu diesem Zeitpunkt hatte die Herzfrequenz wieder Basisniveau erreicht. Bei Schlittenhunden fiel die Herzfrequenz innerhalb der 1. Minute in Erholung von Werten über 200 bpm auf 150 bpm. In der Folgezeit fiel sie langsamer ab bis in den Bereich der Ruhewerte

(VAN CITTERS AND FRANKLIN, 1969). Bei HAMMEL ET AL. (1977) sank die Herzfrequenz nach Belastungsende in den ersten 15 min rapide und verblieb dann für längere Zeit bei etwa 130 bpm. Nach Apportierarbeit war die Herzfrequenz von Retrievern nach einer 15-minütigen Erholungszeit noch signifikant erhöht. Erst 30 min nach Arbeitsende waren wieder Ruhewerte erreicht (MATWICHUK ET AL., 1999).

## **2.5 Thermoregulation**

### **2.5.1 Rektale Körpertemperatur**

Die Körpertemperatur wird bei Säugetieren durch das Thermoregulationszentrum im Hypothalamus gesteuert, welches das Gleichgewicht zwischen Wärmeproduktion und Wärmeabgabe trotz Kälte- und Wärmebelastungen sowie wechselnder Stoffwechselaktivität relativ konstant hält. Durch zentrale und periphere Thermorezeptoren werden Veränderungen der Körperkerntemperatur und der Umgebungstemperatur dem Thermoregulationszentrum übermittelt. Nach dem Vergleich mit dem Sollwert werden physiologische Reaktionen zur Wärmeabgabe oder zur Wärmeproduktion ausgelöst. Bei homoiothermen Hunden beträgt die physiologische rektale Körpertemperatur zwischen 37,5°C und 39,0°C (HÖRNICKE, 1987; HAUPT, 1997; JESSEN, 2000).

### **2.5.2 Belastungsphysiologie und Verhalten in der Erholungszeit**

#### **Körpertemperatur nach psychischer Belastung**

Eine psychische Belastung wirkt sich auf die Körpertemperatur aus. Aufgeregte Tiere weisen meist eine erhöhte Körpertemperatur auf (JESSEN, 2000).

#### **Körpertemperatur nach physischer Belastung**

In Ruhe stellt der Metabolismus der inneren Organe mit etwa 70% einen relativ konstanten Anteil an der Körperwärme eines Hundes (BJOTVEDT ET AL., 1984; JESSEN, 2000). Durch körperliche Aktivität kommt es zu einer Steigerung der Wärmeproduktion, da ein Teil der beim Zellmetabolismus erzeugten Energie in das Nebenprodukt Wärme umgewandelt wird (ILKIW ET AL., 1989; MATWICHUK ET AL., 1999; KOLB UND SEEHAWER, 2002). Bei starker körperlicher Arbeit wird 80-90% der Körperwärme durch die Skelettmuskulatur produziert, was zu einer Hyperthermie führen kann (BJOTVEDT ET AL., 1984).

Die Körpertemperatur von Schlittenhunden stieg bei versammeltem Galopp innerhalb der ersten 15-20 min stark an, um sich nach 20-25 min auf einem Plateau bei 40°C zu stabilisieren oder leicht abzufallen (PHILLIPS ET AL., 1981). In den Untersuchungen von YOUNG ET AL. (1959) und MUSCH ET AL. (1986) konnten die Hunde bei submaximaler Laufbandbelastung ihre Körpertemperatur zunächst annähernd auf einem Plateau halten. Mit zunehmender Arbeitsintensität und Belastungsdauer kam es dann zu einem progressiven Anstieg der Körpertemperatur, welche am Ende 1,7°C über dem Ruhewert lag. Bei Greyhounds war die Körpertemperatur nach einem Rennen bis zu 3,6°C (BJOTVEDT ET AL., 1984) und bei Retrievern nach Apportierarbeit bis zu 3,0°C angestiegen (MATWICHUK ET AL., 1999). Die von mehreren Autoren gemessenen Körpertemperaturen können der *Tabelle 2* entnommen werden.

**Tabelle 2:** Literaturangaben der mittleren rektalen Körpertemperatur von Hunden nach verschiedenen Belastungsformen, sowie physiologische Referenzwerte beim Hund.

	<b>Belastung</b>	<b>Körpertemperatur (°C)</b>	<b>Autor</b>
<b>Hund physiologisch</b>		37,5-39,0	Haupt, 1997 Jessen, 2000
<b>Greyhound-Sprintrennen</b>	400-502 m	40,7-41,6	Grandjean et al., 1983 Bjotvedt et al., 1984 Rose and Bloomberg, 1989
<b>Greyhound-Langstreckenrennen</b>	722 m	40,6	Ilkiw et al., 1989
<b>Schlittenhunde-Rennen</b>	3,5 km	39,9-43,0	Phillips et al., 1981
<b>Laufbandbelastung</b>	submaximal	39,2-41,7	Foss et al., 1971 Tipton et al., 1974 Wagner et al., 1977 Hastings et al., 1982 Musch et al., 1986
	maximal	40,3- 43,3	Young et al., 1959 Foss et al., 1971 Wagner et al., 1977 Kozlowski et al., 1985 Musch et al., 1986
<b>Apportierarbeit</b>	10 min	41,8	Matwichuk et al., 1999
<b>Rauschgiftsuche</b>	15 min	39,4	Strasser et al., 1993

Die Wärmeabgabe eines Körpers an seine Umgebung erfolgt durch Strahlung, Leitung und Konvektion. Klimatische Faktoren, wie die Umgebungstemperatur, die Windgeschwindigkeit und die Luftfeuchte, haben einen wichtigen Einfluss auf die Wärmeabgabe. Mit sinkender

Umgebungstemperatur nimmt die Wärmeabgabe zu und die Wärmeproduktion muss gesteigert werden (HÖRNICKE, 1987; JESSEN, 2000). Der Organismus von Säugetieren reagiert auf Wärmeentzug mit einer verstärkten Wärmeproduktion durch unwillkürliches Kältezittern, erhöhten Muskeltonus und Stimulation des sympathischen Nervensystems. Gleichzeitig wird durch kutane Vasokonstriktion und Piloerektion ein verringerter Wärmetransport an die Körperoberfläche erreicht und die Wärmeabgabe vermindert (HAUPT, 1997). Eine Steigerung der Wärmeabgabe erfolgt bei Säugetieren über vermehrte Schweißbildung und erhöhte Durchblutung der Hautgefäße. Da Kaniden nur an den Sohlenflächen eine größere Anzahl von Schweißdrüsen besitzen, stellen die evaporative Wärmeabgabe mittels Hecheln und die Konvektion bzw. Radiation mittels verstärkter peripherer Zirkulation und kutaner Vasodilatation die hauptsächlichen Kühlungsmechanismen des Hundes dar (YOUNG ET AL., 1959, 1959 A; PHILLIPS ET AL., 1981; BJOTVEDT ET AL., 1984; HÖRNICKE, 1987; HINCHCLIFF ET AL., 1993; JESSEN, 2000).

Bereits eine geringe Erhöhung der zentralen Körpertemperatur stellt einen starken ventilatorischen Stimulus dar (YOUNG ET AL., 1959; WAGNER ET AL., 1977; SZLYK ET AL., 1981; MUSCH ET AL., 1986). Laut Untersuchungen von YOUNG ET AL. (1959) betrug bei Hunden in Ruhe der Anteil der Wärmeabgabe über das Hecheln 59% an der gesamten Wärmeabgabe. Bei geringer Arbeitsintensität fand kaum ein Wärmetransfer vom Körperkern an die Körperoberfläche statt. Die Wärmeabgabe erfolgte primär über das Hecheln.

Die evaporative Wärmeabgabe über den Respirationstrakt setzt eine vermehrte Speichelsekretion mit Feuchtigkeitsverlust aus der Maulhöhle und ein erhöhtes Atemzeitvolumen voraus (YOUNG ET AL., 1959; JESSEN, 2000). Die Evaporationsrate ist abhängig von der Differenz des Wasserdampfpartialdruckes zwischen Haut und Luft und somit von der Luftfeuchte. Da die Verdampfung von Wasser unabhängig von der Umgebungstemperatur erfolgt, ermöglicht dies eine Wärmeabgabe auch bei steigender Außentemperatur. Grenzen werden jedoch erreicht, wenn gleichzeitig eine hohe Lufttemperatur und eine hohe Luftfeuchte auftritt (HÖRNICKE, 1987; JESSEN, 2000). Hecheln bewirkt einen obligatorischen Wasserverlust, der ohne entsprechenden Ausgleich zu progressiver Reduktion des Plasmavolumens, Dehydratation und Hämokonzentration führen kann (BARRETTE, 1989; HINCHCLIFF ET AL., 1993; JESSEN, 2000). Eine Dehydratation wiederum bewirkt eine Hemmung des Hechelns, um den Wasserverlust zu begrenzen, aus dem sich eine gefährliche Hyperthermie entwickeln könnte (JESSEN, 2000). TURLEJSKA ET AL. (1993) stellten bei hypovolämischen Hunden einen signifikant höheren belastungsbedingten Anstieg der Körpertemperatur fest als bei normovolämischen Hunden. Beim Hecheln wird die

alveoläre Ventilation durch eine hochfrequente flache Atmung relativ konstant gehalten und nur die Totraumventilation in den oberen Luftwegen erhöht (WAGNER ET AL., 1977; JESSEN, 2000). Dort findet ein Wasserverlust, jedoch kein Gasaustausch, statt. Bei starker Belastung und Körperkerntemperaturen über 40°C nimmt jedoch auch die alveoläre Ventilation zu und es entsteht eine respiratorische Alkalose (WAGNER ET AL., 1977; SZLYK ET AL., 1981; MUSCH ET AL., 1986; JESSEN, 2000).

Bei stärkerer Belastung bzw. ab einer rektalen Körpertemperatur von 40,2°C gewinnt der Wärmeaustausch via Radiation und Konvektion an Bedeutung (YOUNG ET AL., 1959; PHILLIPS ET AL., 1981). Die Wärmeabgabe bzw. der Wärmeverlust über die Körperoberfläche wird bei Hunden wesentlich von der Fellqualität beeinflusst. Mit steigender Felldichte verringert sich die Wärmeabgabe. Das Fell liegt wie eine Isolationsschicht mit niedriger Wärmeleitfähigkeit um den Körper und unterdrückt die Konvektion. Mit zunehmender Windgeschwindigkeit wird diese Isolierschicht zerstört und der Wärmeverlust über Konvektion und Evaporation nimmt zu. Daher ist die Kältebelastung bei niedriger Umgebungstemperatur erheblich größer, wenn zusätzlich ein starker Wind weht (HÖRNICKE, 1987; JESSEN, 2000).

Bei einer hohen Umgebungstemperatur verringert sich die Möglichkeit der Wärmeabgabe durch Radiation und Konvektion. Wenn die Umgebungstemperatur die Körpertemperatur erreicht oder übersteigt, kann die bei Arbeitsbelastung produzierte Körperwärme nur noch durch Hecheln abgeführt werden (BJOTVEDT ET AL., 1984; ILKIW ET AL., 1989; JESSEN, 2000). So konnte in verschiedenen Untersuchungen nachgewiesen werden, dass das Ausmaß des belastungsinduzierten Anstiegs der Körpertemperatur bei Schlittenhunden von der Umgebungstemperatur abhängig war (PHILLIPS ET AL., 1981; HINCHCLIFF ET AL., 1993). Weiterhin konnte nachgewiesen werden, dass Umgebungstemperaturen über 15°C einen signifikant größeren Anstieg der rektalen Körpertemperatur bei Schlittenhunden im Rennen bewirkten als Temperaturen unter 15°C (PHILLIPS ET AL., 1981). Dagegen konnten MATWICHUK ET AL. (1999) bei der Apportierarbeit von Retrievern keinen signifikanten Effekt der Umgebungstemperatur (11°C bis 28°C) auf die belastungsbedingte Körpertemperatur feststellen.

Hyperthermie gilt als wichtiger Faktor, der die physische Leistungskapazität von Hunden limitiert (YOUNG ET AL., 1959; WAGNER ET AL., 1977; PHILLIPS ET AL., 1981; KOZLOWSKI ET AL., 1985; SNEDDON ET AL., 1989). Die Leistungskapazität hängt davon ab, inwieweit ein Individuum in der Lage ist, Veränderungen der Körpertemperatur zu kontrollieren (YOUNG ET AL., 1959; PHILLIPS ET AL., 1981). So konnten in standardisierten Laufbandbelastungstests von YOUNG ET AL. (1959) diejenigen Hunde mit der geringsten Ausdauerleistung nur 72% der

durch Muskeltätigkeit produzierten Wärme abgeben, wohingegen die Hunde mit der besten Ausdauer bis zu 85% der überschüssigen Wärme abführen konnten. In Versuchen zeigten extern gekühlte Hunde eine um 45% längere Leistungsfähigkeit auf dem Laufband und der belastungsinduzierte Anstieg der Körpertemperatur fiel signifikant geringer aus als bei den Kontrollhunden (KOZLOWSKI ET AL., 1985).

In der Literatur wird von einem deutlichen Trainingseffekt auf die belastungsbedingte Hyperthermie und die Normalisierung der Körpertemperatur in der Regenerationszeit bei Schlittenhunden und Fährtenhunden berichtet (PHILLIPS ET AL., 1981; SNEDDON ET AL., 1989). Diese physiologische Belastungsadaptation wird mit einer gesteigerten Effizienz der Muskeltätigkeit in Verbindung gebracht. Der Trainingseffekt ging allerdings 3-5 Wochen ohne Training verloren (SNEDDON ET AL., 1989). Nach 8 Wochen Restriktion physischer Aktivität konnte POHOSKA (1976) einen signifikant höheren Anstieg der Körpertemperatur nach einem standardisierten Belastungstest erzielen als zuvor.

### **Körpertemperatur in der Erholungszeit**

In der Literatur sind nur wenige Angaben über die erforderliche Erholungszeit bis zur Normalisierung der Körpertemperatur zu finden. Bei Schlittenhunden sank die Körpertemperatur während einem 16 km-Rennen bereits nach 2 min Pause um bis zu 0,9°C (PHILLIPS ET AL., 1981). Bei Greyhounds war nach einem 400 m Rennen die Körpertemperatur 30 min nach Belastungsende signifikant erhöht und lag nach 60 min noch über dem Ruhewert (ROSE AND BLOOMBERG., 1989). Auch FOSS ET AL. (1971) beobachteten nach maximaler Laufbandbelastung und MATWICHUK ET AL. (1999) nach Apportierarbeit bis 30 min nach Belastungsende eine gegenüber dem Ruhewert signifikant erhöhte Körpertemperatur. Nach 60 und 120 min Erholungszeit lag die Körpertemperatur bei MATWICHUK ET AL. (1999) jedoch signifikant unter dem Ruhewert.

## **2.6 Muskelstoffwechsel**

### **2.6.1 Energiegewinnung**

Zur Energiegewinnung werden abhängig von der Belastungsdauer und -intensität unterschiedliche Wege benutzt. Der Muskel verfügt über sehr begrenzte Energiereserven in Form von Adenosintriphosphat (ATP) und Kreatinphosphat (WODECKI AND HEINRICH, 1993; MURPHY ET AL., 1997; V. ENGELHARDT, 2000; KOLB UND SEEHAWER, 2002). Außerdem

werden bei starker körperlicher Arbeit die Glykogenvorräte in Leber und Muskulatur verbraucht (MURPHY ET AL., 1997). Bei ausreichender Sauerstoffversorgung wird Glykogen bzw. Glukose bei der aeroben Energiegewinnung oxidativ verstoffwechselt (MATWICHUK ET AL., 1999; KOLB UND SEEHAWER, 2002). Bis Energie auf diesem Weg bereitgestellt werden kann, dauert es etwa 60 sec (WODECKI AND HEINRICH, 1993; v. ENGELHARDT, 2000). Bei Ausdauerleistungen, z.B. von Schlittenhunden, wird Energie überwiegend über aerobe Prozesse zur Verfügung gestellt (HAMMEL ET AL., 1977; KOZLOWSKI ET AL., 1985; BURR ET AL., 1997; v. ENGELHARDT, 2000). In den ersten 30-60 sec einer Belastung oder bei sehr intensiver Arbeit, wenn der aerobe Stoffwechsel nicht mehr zur Energiegewinnung ausreicht, erfolgt eine aus energetischer Sicht weniger effiziente anaerobe ATP-Bildung mittels Umwandlung von Glykogen zu Laktat (v. ENGELHARDT, 2000). Insbesondere bei kurzzeitigen Maximalbelastungen, z.B. bei Sprintrennen von Windhunden, erfolgt die Energiebereitstellung primär durch anaerobe Glykogenolyse (DOBSON ET AL., 1988; WODECKI AND HEINRICH, 1993; v. ENGELHARDT, 2000; KOLB UND SEEHAWER, 2002).

## **2.6.2 Laktat**

### **2.6.2.1 Laktatmetabolismus**

Die physiologische Laktatkonzentration im Blut von Hunden unter Ruhebedingungen beträgt 0,22-4,35 mmol/l (GRANDJEAN ET AL., 1983; BJOTVEDT ET AL., 1984; DOBSON ET AL., 1988; NOLD ET AL., 1991; BURR ET AL., 1997). Bei starker körperlicher Belastung kommt es durch anaerobe Energiegewinnung zu einer vermehrten Laktat-Bildung in der Muskulatur (SNOW ET AL., 1988; ILKIW ET AL., 1989; MATWICHUK ET AL., 1999; v. ENGELHARDT, 2000). Dabei verstärkt ein hoher Glykogenvorrat in der Muskulatur über eine anaerobe Glykogenolyse die Laktatproduktion während einer physischen Belastung (MURPHY ET AL., 1997). Wenn der Körper mehr Laktat produziert als laktatverbrauchende Organe wie Leber, Herz und renaler Kortex verstoffwechseln können, entwickelt sich eine Hyperlaktämie (BJOTVEDT ET AL., 1984; STRASSER ET AL., 1993; KIRSCH, 2001). Daraus kann eine Störung des Säure-Basen-Haushaltes in Form einer metabolischen Azidose resultieren, wenn kein Ausgleich durch Kompensationsmechanismen möglich ist (ILKIW ET AL., 1989; ROSE AND BLOOMBERG, 1989; WODECKI AND HEINRICH, 1993; TOLL ET AL., 1995).

### **2.6.2.2 Belastungsphysiologie und Verhalten in der Erholungszeit**

Die Laktatkonzentration wird als Indikator der bei einer Belastung eingegangenen Sauerstoffschuld betrachtet (MATWICHUK ET AL., 1999). Die Höhe der Blutlaktatkonzentration bei längerer Arbeit zeigt den Grad der muskulären Ermüdung an (HAMMEL ET AL., 1977; V. ENGELHARDT, 2000). Die Blutlaktatkonzentration unmittelbar nach Belastungstests kann helfen, die Ausdauerleistungsfähigkeit eines Tieres zu beurteilen (V. ENGELHARDT, 2000). Das Ausmaß der Laktatproduktion durch anaerobe Glykolyse korreliert positiv mit der Belastungsintensität und Belastungsdauer und negativ mit der Leistungsfähigkeit eines Hundes (BJOTVEDT ET AL., 1984; ILKIW ET AL., 1989; NOLD ET AL., 1991; MURPHY ET AL., 1997; BURR ET AL., 1997; MATWICHUK ET AL., 1999).

#### **Laktatwerte nach psychischer Belastung**

Es gibt Hinweise, dass psychischer Stress zu einer Erhöhung der Blutlaktatwerte führen kann. Über eine stärkere Katecholaminsekretion bei sehr sensiblen Tieren wird die anaerobe Glykogenolyse gesteigert und die Laktatproduktion erhöht (MURPHY ET AL., 1997). So konnte bei Greyhounds bereits unmittelbar vor Rennbeginn in Startposition ein geringer Anstieg der Laktatkonzentration gemessen werden (PIESCHL ET AL., 1992). TOLL ET AL. (1995) konnten bei Greyhounds vor Rennstart jedoch keine Veränderung der Laktatwerte beobachten.

#### **Laktatwerte nach physischer Belastung**

Nach physischer Belastung wurde ein bis zu 20-facher Anstieg der Laktatwerte bei Greyhounds und ein bis zu 5-facher Anstieg bei Schlittenhunden beschrieben (HAMMEL ET AL., 1977; BJOTVEDT ET AL., 1984; SNOW ET AL., 1988; ILKIW ET AL., 1989; BURR ET AL., 1997). Die in der Literatur beschriebenen Laktatwerte können der *Tabelle 3* entnommen werden. Greyhounds entwickelten nach Sprintrennen extrem hohe Laktatwerte, wobei sich in den Untersuchungen von NOLD ET AL. (1991) eine Abhängigkeit der Laktatkonzentration von der Renndistanz zeigte. Andere Ergebnisse wurden von Ausdauerbelastungen bei Hunden berichtet. Bei Schlittenhunden und bei Laborhunden auf dem Laufband wurde ein mäßiger Anstieg, teilweise sogar ein geringer Abfall der Laktatkonzentration gemessen (WAGNER ET AL., 1977; MUSCH ET AL., 1986; LINDENA ET AL., 1986; BURR ET AL., 1997). Dabei stellten WAGNER ET AL. (1977) und MUSCH ET AL. (1986) fest, dass die Laktatkonzentration mit steigender Belastungsintensität bei submaximaler Belastung zunächst anstieg und dann relativ

konstant blieb. BURR ET AL. (1997) konnten keine Unterschiede in den Laktatwerten von erfolgreichen und vorzeitig ausgeschiedenen Schlittenhunden feststellen.

Nach Belastungstests wird bei trainierten Individuen weniger Laktat gebildet als bei untrainierten, da über eine erhöhte Sauerstofftransportkapazität des Blutes die Sauerstoffversorgung des Muskels verbessert wird. Außerdem wird die Ausrüstung der Muskulatur an Enzymen des oxidativen Stoffwechsels erhöht. Daher kann mehr ATP unter aeroben Bedingungen bereitgestellt werden (MURPHY ET AL., 1997). So hatten trainierte Laborhunde nach submaximaler Laufbandbelastung bzw. trainierte Schlittenhunde nach verschiedenen Renndistanzen signifikant niedrigere Laktatwerte als die untrainierten Kontrollgruppen (TIPTON ET AL., 1974; READY AND MORGAN, 1984; MUSCH ET AL., 1985; SNEDDON ET AL., 1989). Nach einer 8-wöchigen Trainingspause ging dieser Effekt wieder verloren (TIPTON ET AL., 1974).

**Tabelle 3:** Literaturangaben der mittleren Laktatkonzentration im Blut von Hunden nach verschiedenen Belastungsformen, sowie physiologische Referenzwerte beim Hund.

	<b>Belastung</b>	<b>Laktatkonz. (mmol/l)</b>	<b>Autor</b>
<b>Hund physiologisch</b>		0,22-4,35	Bjotvedt et al., 1984 Grandjean et al., 1983 Nold et al., 1991
<b>Greyhound-Sprintrennen</b>	235-503 m	11,4-22,0	Grandjean et al., 1983 Bjotvedt et al., 1984 Snow et al., 1988 Rose and Bloomberg, 1989 Pieschl et al., 1992
<b>Greyhound-Langstreckenrennen</b>	704-800 m	28,0-32,5	Dobson et al., 1988 Ilkiw et al., 1989 Nold et al., 1991
<b>Schlittenhunde-Rennen</b>	6-19 km 272-1760 km	0,7-3,1	Hammel et al., 1977 Ready and Morgan, 1984 Burr et al., 1997
<b>Laufbandbelastung</b>	submaximal	< 2,0	Musch et al., 1986
	maximal	2,5-11,7	Wagner et al., 1977 Hastings et al., 1982 Kozlowski et al., 1985 Musch et al., 1985, 1986
<b>Apportierarbeit</b>	10 min	3,6	Matwichuk et al., 1999
<b>Rauschgiftsuche</b>	15 min	1,7	Strasser et al., 1993

Die Laktatproduktion hängt wie viele biochemischen Reaktionen von der Umgebungstemperatur ab. Nach dem Van't Hoff-Effekt bzw. der RGT-Regel verdoppelt sich

die Reaktionsrate, wenn die Umgebungstemperatur um 10°C steigt (BJOTVEDT ET AL., 1984; SILBERNAGEL AND DESPOPOULOS, 1991). In den Untersuchungen von KOZLOWSKI ET AL. (1985) war der Muskellaktatgehalt von Hunden, die auf dem Laufband liefen, mit der Muskeltemperatur positiv korreliert und der belastungsbedingte Anstieg der Blutlaktatkonzentration konnte durch externe Kühlung der Körpertemperatur signifikant reduziert werden. Dagegen konnten MATWICHUK ET AL. (1999) keinen signifikanten Effekt der Umgebungstemperatur (11°C bis 28°C) auf die Laktatkonzentration nach Apportierarbeit von Retrievern feststellen.

### **Laktatwerte in der Erholungszeit**

Maximale Blutlaktatwerte sind etwa 5 min nach Belastungsende zu erwarten (SNOW ET AL., 1988; ROSE AND BLOOMBERG, 1989; NOLD ET AL., 1991; PIESCHL ET AL., 1992; TOLL ET AL., 1995). In der Regenerationszeit erfolgt die Einstellung der Laktatproduktion in der Muskulatur, die Resynthese des Laktats zu Glukose bzw. Glykogen in der Leber und die anschließende Oxidation zu CO<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>O. Dadurch sinken die Blut-Laktatwerte (HASTINGS ET AL., 1982; ILKIW ET AL., 1989). Bei Windhunden waren Ruhewerte 30-180 min nach Belastungsende erreicht (ROSE AND BLOOMBERG, 1989; ILKIW ET AL., 1989), bei der Apportierarbeit von Retrievern nach 60 min (MATWICHUK ET AL., 1999).

## **2.6.3 Kreatinkinase**

### **2.6.3.1 Funktion der Kreatinkinase**

Unter physiologischen Verhältnissen beträgt die Kreatinkinase-Aktivität in Ruhe bis zu 90 IU/l (KRAFT ET AL., 1999). Die Kreatinkinase (CK) katalysiert den Austausch einer energiereichen Phosphat-Gruppe zwischen ADP und Kreatin (AKTAS ET AL., 1993; KOLB UND SEEHAWER, 2002). Bei hohem intrazellulären pH-Wert kommt es vermehrt zur Bildung von Kreatinphosphat und bei einem niedrigen pH zur Bildung von ATP. Diese Reaktion ist in der Skelettmuskulatur und im Myokard bedeutend für die Energiespeicherung als Kreatinphosphat. Wenn der Energieverbrauch steigt, ermöglicht die CK eine schnelle Regeneration des intrazellulären ATP-Pools (AKTAS ET AL., 1993; MURPHY ET AL., 1997; KOLB UND SEEHAWER, 2002).

Die Serumaktivität der CK gilt zu 98% als „muskelspezifisch“ und eignet sich zur Untersuchung der Muskelzellintegrität (KELLER, 1981; AKTAS ET AL., 1993, 1994; HINCHCLIFF

ET AL., 1993; BURR ET AL., 1997; KRAFT ET AL., 1999). Die Sensitivität ist mit 40% jedoch relativ gering (AKTAS ET AL., 1994).

### **2.6.3.2 Belastungsphysiologie und Verhalten in der Erholungszeit**

Die CK-Aktivität gilt als Marker für belastungsbedingte hypoxische Skelettmuskelschäden und die Höhe ihrer Plasmaaktivität kann das Ausmaß der Schäden quantifizieren (SNEDDON ET AL., 1989; AKTAS ET AL., 1993; BURR ET AL., 1997). Einen geringgradigen Anstieg auf mehrere 100 IU/l findet man nach Muskeltraumen, ungewohnt starker körperlicher Belastung oder einer i.m. Injektion (BURR ET AL., 1997; AKTAS ET AL., 1995; KRAFT ET AL., 1999). Hohe CK-Werte findet man bei Abszessbildungen (>1000 IU/l), bei Tetanus, Muskelentzündung und der paralytischen Myopathie der Windhunde (>10000 IU/l) (WODECKI AND HEINRICH, 1993; KRAFT ET AL., 1999). Der Anstieg der CK-Aktivität nach einem Trainingsprogramm oder nach Belastungstests kann helfen, die Leistungskapazität von Hunden abzuschätzen (QUERENGAESSER ET AL., 1994). Laut BURR ET AL. (1997) gibt bei Schlittenhunden der CK-Wert das Ausmaß der Ermüdung wieder und kann bei besonders hohen Werten ein Indikator für eine schwere Muskeldegeneration mit drohendem Leistungsversagen darstellen.

#### **CK-Aktivität nach physischer Belastung**

Eine Schädigung der Muskelzellmembran durch körperliche Arbeit führt zu einem Übertritt der CK ins Serum (AKTAS ET AL., 1993). Daher korrelieren physische Aktivität und CK-Plasmaaktivität signifikant miteinander (HEFFRON ET AL., 1976).

Untersuchungen an Schlittenhunden und Windhunden berichten von erhöhten CK-Werten nach Laufbelastungen. Die CK-Aktivität im Plasma ist, wie aus *Tabelle 4* ersichtlich, meist nach Ausdauerrennen größer als nach Sprintrennen. Bei Langdistanzrennen lässt sich ein bis zu 13-facher Anstieg der CK-Aktivität feststellen (AKTAS ET AL., 1993; HINCHCLIFF ET AL., 1993).

Über einen Trainingseffekt herrschen kontroverse Ansichten. Die meisten Autoren beschreiben im Laufe eines Trainings einen stetigen Abfall der CK-Aktivität sowohl in Ruhe als auch nach physischer Belastung (SNEDDON ET AL., 1989; AKTAS ET AL., 1993). Dies wird darauf zurückgeführt, dass die Skelettmuskulatur trainierter Hunde über eine verbesserte Ausrüstung an Enzymen des oxidativen Stoffwechsels hat. Weiterhin wird das Ausmaß der belastungsbedingten Muskelhypoxie verringert (SNEDDON ET AL., 1989; KOLB UND SEEHAWER, 2002). Andere Autoren konnten dagegen keinen signifikanten Einfluss eines

Trainings auf die CK-Aktivität beobachten (QUERENGAESSER ET AL., 1994) oder berichteten von einem Anstieg der Serum-CK-Werte vor und nach einer Belastung (SANDERS AND BLOOR, 1975; KRONFELD ET AL., 1977; AKTAS ET AL., 1993).

**Tabelle 4:** Literaturangaben der mittleren Kreatinkinase-Aktivität (CK) im Blut von Hunden nach verschiedenen Belastungsformen, sowie physiologische Referenzwerte beim Hund.

	<b>Belastung</b>	<b>CK- Aktivität (IU/l)</b>	<b>Autor</b>
<b>Hund physiologisch</b>		bis 90	Kraft et al., 1999
<b>Greyhound-Sprintrennen</b>	235-503 m	39-298	Grandjean et al., 1983 Bjotvedt et al., 1984 Snow et al., 1988 Nold et al., 1991
<b>Greyhound-Langstreckenrennen</b>	704-800 m	218-391	Dobson et al., 1988 Ilkiw et al., 1989 Nold et al., 1991
<b>Schlittenhunde-Rennen</b>	6-7,5 km 174-272 km  1600 km  1760 km	101-138 600-3731  167-526  473-640	Ready and Morgan, 1984 Burr et al., 1997 Hinchcliff et al., 2000 Hinchcliff et al., 1993 Hinchcliff et al., 1996 Burr et al., 1997 Hinchcliff et al., 1998
<b>Laufbandbelastung</b>	60 Minuten	60-150	Lindena et al., 1984 Chanoit et al., 2001 Chanoit et al., 2002
<b>Apportierarbeit</b>	10 min	143	Matwichuk et al., 1999
<b>Rauschgiftsuche</b>	15 min	37	Strasser et al., 1993

### **CK-Aktivität in der Erholungszeit**

Die CK erreicht die systemische Zirkulation vorwiegend via Lymphfluss (LINDENA ET AL., 1984; AKTAS ET AL., 1993; CHANOIT ET AL., 2002). Daher wird von vielen Autoren erst in der Erholungszeit von einem verzögerten Anstieg der CK-Aktivität berichtet. So erreichten die CK-Werte nach 1 h Laufbandbelastung nach 1-3 h Regenerationszeit ihre Maxima und waren erst nach 23 h auf die Ausgangswerte abgesunken (LINDENA ET AL., 1984; CHANOIT ET AL., 2001, 2002). Nach Sprintrennen von Windhunden dagegen waren schon nach 30 min Erholungszeit Ruhewerte erreicht (SNOW ET AL., 1988; ILKIW ET AL., 1989).

## **2.7 Hämatologische Parameter und Proteine**

### **2.7.1 Hämatokrit, Hämoglobin, Gesamtprotein, Albumin und Globulin**

Die physiologische Konzentration des Hkt bzw. Hb beim Hund beträgt 44-52%, bzw. 9,3-11,8 mmol/l. Änderungen des Hkt können Folge einer Verkleinerung bzw. Vergrößerung des Plasmavolumens oder einer Änderung der Zahl oder des Volumens der Erythrozyten sein (GAEHTGENS, 1994; KRAFT ET AL., 1999).

Veränderungen der Plasmaproteinkonzentration können Veränderungen in der Albumin-, der Globulinkonzentration oder beidem widerspiegeln. Die Konzentration des Gesamtproteins und seiner Fraktionen wird oft in Kombination mit dem Hkt zur Interpretation des Flüssigkeitshaushaltes benutzt. Normalwerte werden für die Konzentration des Gesamtproteins (TP) mit 54-75 g/l, für die Konzentration des Albumins mit 25-44 g/l und für die Konzentration von Globulin mit 23-32 g/l angegeben (RADIN, 1997; KRAFT ET AL., 1999). Die Albuminkonzentration (Alb) ist abhängig von der Synthese in der Leber und dem Abbau bzw. Verlust in der Peripherie. Albumin ist für die Aufrechterhaltung des osmotischen Drucks des Plasmas verantwortlich und dient als Carrier. Weiterhin besitzen die Plasmaproteine als schwache Säuren Pufferfunktion im Säure-Basenhaushalt.

Die Ausdauerleistungsgrenze hängt davon ab, wieviel Sauerstoff vom Körper aufgenommen, zur arbeitenden Muskulatur transportiert und dort freigesetzt werden kann. Die O<sub>2</sub>-Transportkapazität und der arterielle O<sub>2</sub>-Gehalt werden über einen erhöhten Hkt und Hb gesteigert (BJOTVEDT ET AL., 1984; DOBSON ET AL., 1988; V. ENGELHARDT, 2000). Daher beeinflusst der Hkt die Leistungskapazität von Hunden (NEUHAUS ET AL., 1992). Bei starker Belastung kann die Hb-Konzentration von Hunden um etwa 20% ansteigen (V. ENGELHARDT, 2000).

### **2.7.2 Belastungsphysiologie und Verhalten in der Erholungszeit**

#### **Hämatologische Parameter und Proteine nach psychischer Belastung**

Hunde können bereits vor Beginn einer Belastung eine Splenokontraktion auslösen und dort gespeicherte Erythrozyten in den Zirkulationsapparat entlassen. Dadurch steigen der Hkt und die Hb-Konzentration, sowie das zirkulierende Blutvolumen. Die O<sub>2</sub>-Transportkapazität zur Muskulatur und zum Herzen, sowie der arterielle O<sub>2</sub>-Gehalt werden verbessert (WAGNER ET AL., 1977; MCKEEEVER ET AL., 1985; LONGHURST ET AL., 1986; DOBSON ET AL., 1988; SNOW ET AL., 1988; NOLD ET AL., 1991; NEUHAUS ET AL., 1992; TOLL ET AL., 1995; KOLB UND

SEEHAWER, 2002). Die Splenokontraktion dient der Vorbereitung an die metabolischen Erfordernisse während einer Belastung (TOLL ET AL., 1995). Eine Mobilisierung dieser Reserve wird durch sympathische Stimulation ausgelöst (WAGNER ET AL., 1977; ILKIW ET AL., 1989; NEUHAUS ET AL., 1992; TOLL ET AL., 1995; KOLB UND SEEHAWER, 2002). Durch psychische Erregung der Hunde vor und während eines Rennens werden vom Nebennierenmark verstärkt Adrenalin und Noradrenalin freigesetzt, welche eine Kontraktion der in den Milzbalken vorhandenen glatten Muskelfasern bewirken (DOBSON ET AL., 1988; KOLB UND SEEHAWER, 2002). So konnten NEUHAUS ET AL. (1992) und TOLL ET AL. (1995) bereits unmittelbar vor einem Greyhound-Rennen einen signifikanten Anstieg des Hkt, der Hb- und der TP-Konzentration, sowie einen geringen Anstieg der Alb- und Glob-Konzentration nachweisen. Im Gegensatz dazu veränderten sich diese Parameter bei PIESCHL ET AL. (1992) vor dem Rennen nicht signifikant.

### **Hämatologische Parameter und Proteine nach physischer Belastung**

Nach Sprintrennen von Greyhounds wird sehr oft von einem signifikanten Anstieg der hämatologischen Parameter und der Proteine berichtet. Dabei stiegen der Hkt um 40% (TOLL ET AL., 1995), die Hb-Konzentration um 13% (BJOTVEDT ET AL., 1984) und die TP-Konzentration um 29% an (NEUHAUS ET AL., 1992; TOLL ET AL., 1995). Die Milzkontraktion bewirkt einen Anstieg des Erythrozytenvolumens und einen Abfall des Plasmavolumens gegenüber dem Ruhezustand. Durch extravaskuläre Flüssigkeitsbewegung entsteht eine Hämokonzentration (TOLL ET AL., 1995). Weiterhin bewegt sich aufgrund der erhöhten intrazellulären Osmolalität durch die Laktat-Akkumulation Wasser in die Muskelzellen (BJOTVEDT ET AL., 1987; KOWALCHUK ET AL., 1988; SJOGAARD ET AL., 1985). Daher findet gleichzeitig mit dem Hkt-Anstieg ein relativer Anstieg von TP während und nach dem Rennen statt (SNOW ET AL., 1988; ROSE AND BLOOMBERG, 1989; NOLD ET AL., 1991).

Besonders bei Ausdauerbelastungen kann sich bei unzureichender Wasseraufnahme oder übermäßigem Wasserverlust eine belastungsinduzierte Hämokonzentration mit einem Abfall des Plasmavolumens entwickeln (HINCHCLIFF ET AL., 1993; BURR ET AL., 1997). Bei Schlittenhunderennen kann es über das Hecheln, die ausgeatmete Luft und den Speichel (YOUNG ET AL. 1959) zu großen Wasserverlusten und Dehydratation kommen. Erhöhte Blutwerte von Hkt, RBC, Hb und TP nach der Belastung sind Indikatoren für eine Dehydratation (SNOW ET AL., 1982; HINCHCLIFF ET AL., 1993; QUERENGAESSER ET AL., 1994). Dehydratation verringert die Durchblutung und Sauerstoffversorgung des Gewebes. Dadurch

werden die Glykogenolyse und Laktat-Akkumulation beschleunigt. Daher verringert eine Dehydratation die optimale Leistung von Hunden (MURPHY ET AL., 1997).

Durch starken Proteinkatabolismus bei Ausdauerbelastungen von Schlittenhunden kann es zu einer Reduktion der intravaskulären Proteinkonzentration kommen (BURR ET AL., 1992; HINCHCLIFF ET AL., 2000). Dabei kann eine absolute Hypoproteinämie, -albuminämie und -globulinämie beobachtet werden (HINCHCLIFF ET AL., 1997). Intensität und Dauer einer Belastung sowie der Belastungstyp beeinflussen die TP-Konzentration (CHANOIT ET AL., 2002). Bei NOLD ET AL. (1991) war die Höhe der TP-Konzentration und des Hkt abhängig von der Renndistanz. Auch bei HINCHCLIFF ET AL. (1998) bestand zwischen der zurückgelegten Renndistanz und der TP-Konzentration eine negative Korrelation. Nach 6 bis 7,5 km langen Schlittenhunderennen stieg die Hb-Konzentration signifikant um 7,6 bis 13,7% an (READY AND MORGAN, 1984). Einige Autoren beobachteten nach Laufbandbelastungen einen signifikanten Anstieg des Hkt und Hb, andere konnten keine größeren Veränderungen bemerken. Die von anderen Autoren festgestellten Werte sind aus *Tabelle 5 und 6* ersichtlich.

**Tabelle 5:** Literaturangaben der mittleren Hämatokritwerte (Hkt) und der Hämoglobinkonzentration (Hb) im Blut von Hunden nach verschiedenen Belastungsformen, sowie physiologische Referenzwerte beim Hund.

	<b>Belastung</b>	<b>Hkt (%)</b>	<b>Hb (mmol/l)</b>	<b>Autor</b>
<b>Hund physiologisch</b>		44-52	9,3-11,8	Kraft et al., 1999
<b>Greyhound-Sprintrennen</b>	235-502 m	64-68	14,5-15,0	Grandjean et al., 1983 Bjotvedt et al., 1984 Snow et al., 1988 Rose and Bloomberg, 1989
<b>Greyhound-Langstreckenrennen</b>	704-800 m	64-67	14,0-15,5	Dobson et al., 1988 Ilkiw et al., 1989 Neuhaus et al., 1992 Toll et al., 1995
<b>Schlittenhunde-Rennen</b>	272-480 km	43-46	8,8	Burr et al., 1997 Hinchcliff et al., 1997
	800-1760 km	43-46	8,8	Hinchcliff et al., 1993 Burr et al., 1997
<b>Laufbandbelastung</b>	submaximal	40-49	8,7-9,3	Tipton et al., 1974 Wagner et al., 1977 Hastings et al., 1982 Chanoit et al., 2002
	maximal	40-41	-	Hastings et al., 1982 Longhurst et al., 1986
<b>Apportierarbeit</b>	10 min	51	11,2	Matwichuk et al., 1999
<b>Rauschgiftsuche</b>	15 min	53	11,1	Strasser et al., 1993

In den Studien von HINCHCLIFF ET AL. (1993), HINCHCLIFF (1996) und BURR ET AL. (1997) blieben der Hkt, die Hb- und TP-Konzentration nach Ausdauerrennen von Schlittenhunden innerhalb der Referenzbereiche oder fielen während des Rennens ab. Sie konnten keine Hämokonzentration oder Dehydratation feststellen. Nur die Globulinkonzentration war bei den disqualifizierten Hunden signifikant höher (HINCHCLIFF, 1996). Bei HINCHCLIFF ET AL. (1998) hatten Schlittenhunde, die das Rennen beendeten, signifikant niedrigere TP- und Alb-Konzentrationen als vorher ausgeschiedene Hunde. LASSEN ET AL. (1986) konnten bei Greyhounds keine Korrelation der Hb-Konzentration oder des Hkt mit der Rennleistung feststellen.

**Tabelle 6:** Literaturangaben der mittleren Albumin- (Alb), Globulin- (Glob) und Gesamtproteinkonzentration (TP) im Blut von Hunden nach verschiedenen Belastungsformen, sowie physiologische Referenzwerte beim Hund.

	<b>Belastung</b>	<b>TP (g/l)</b>	<b>Alb (g/l)</b>	<b>Glob (g/l)</b>	<b>Autor</b>
<b>Hund physiologisch</b>		54-75	25-44	23-32	Kraft et al., 1999
<b>Greyhound-Sprintrennen</b>	235-502 m	64-80	34-43	30	Bjotvedt et al., 1984 Snow et al., 1988 Rose and Bloomberg, 1989 Pieschl et al., 1992
<b>Greyhound-Langstreckenrennen</b>	704-722 m	70-73	33	37	Ilkiw et al., 1989 Neuhaus et al., 1992 Toll et al., 1995
<b>Schlittenhunde-Rennen</b>	174-480 km 800-1760 km	50-57 54-62	29 27-30	21 26-32	Burr et al., 1997 Hinchcliff et al., 1997, 2000 Hinchcliff et al., 1993 Hinchcliff et al., 1996 Burr et al., 1997 Hinchcliff et al., 1998
<b>Laufbandbelastung</b>	submaximal	60-72	-	-	Lindena et al., 1984 Chanoit et al., 2002
<b>Rauschgiftsuche</b>	15 min	74	-	-	Strasser et al., 1993

Ausdauertraining bewirkt eine Expansion des intravaskulären Plasmavolumens. Diese Adaptation soll ein vergrößertes vaskuläres Volumen bereitstellen, was für kardiovaskuläre und thermoregulatorische Erfordernisse während einer akuten Belastung von Vorteil ist (CONVERTINO ET AL. 1980; MCKEEEVER ET AL., 1985; MACKINTOSH ET AL., 1993). Bei einer Hypervolämie sind die TP-, Alb-, Glob-, Hb- Konzentration und der Hkt scheinbar verringert (KRAFT ET AL., 1999). Infolge von wiederholter Hypoxie durch Training läßt sich

insbesondere bei Windhunden eine absolute Polyglobulie mit erhöhten Hkt-Werten beobachten (KRAFT ET AL., 1999). Ein Anstieg des Hkt in Ruhe ist indikativ für eine höhere O<sub>2</sub>-Transportkapazität, die in intensiven Trainingsperioden nötig ist (SNEDDON ET AL., 1989; QUERENGAESSER ET AL., 1994). Der Hkt-Anstieg wird jedoch begrenzt, da eine stärkere Zunahme der Erythrozytenzahl eine sehr hohe Blutviskosität und verringerte Fließgeschwindigkeit bewirken würde (v. ENGELHARDT, 2000). MACKINTOSH ET AL. (1993) und MUSCH ET AL. (1985) stellten nach einem Training ein erhöhtes Blut- und Plasmavolumen fest. Da der Hkt konstant blieb, muss die Erythrozytenmasse proportional zum Plasmavolumen angestiegen sein. Schon YODER ET AL. (1964) und SNEDDON ET AL. (1989) beschrieben nach einem Training einen Anstieg der Hb-Konzentration in Ruhe und nach Belastung. READY AND MORGAN (1984) und MÄGERLEIN ET AL. (1990) hingegen konnten nach einem Ausdauertraining weder einen Anstieg des Hkt noch der Erythropoetin-Konzentration nachweisen. SANDERS AND BLOOR (1975), MCKEEEVER ET AL. (1985) und LASSEN ET AL. (1986) erhielten in ihren Untersuchungen keine eindeutigen Aussagen über die Reaktion der hämatologischen Werte und Proteine auf eine Restriktion der physischen Aktivität oder einem kontinuierlichen Lauftraining. In der Literatur gibt es aber auch Hinweise dafür, dass Stressbelastung durch übermäßiges intensives Training infolge reduzierter Erythropoese und erhöhter Zerstörung von Erythrozyten zu einer stressinduzierten Anämie führen kann (MURPHY ET AL., 1997). So fanden YASHIMURA (1970), KRONFELD ET AL. (1977) und QUERENGAESSER ET AL. (1994) bei Hunden im Laufe eines Trainings einen Abfall der Hkt-Werte.

Der Organismus akklimatisiert sich längerfristig an einen in zunehmender Höhe geringer werdenden Sauerstoffgehalt in der Atemluft und chronisch verminderten pO<sub>2</sub> durch Erhöhung des Blutvolumens, sowie der Hb-Konzentration in den Erythrozyten. Dabei wird als Reaktion auf eine allgemeine Hypoxie nach längerem Höhengedächtnis in der Niere vermehrt Erythropoetin gebildet, was die Erythropoese und Hämoglobinsynthese im Knochenmark stimuliert (GAETHGENS, 1994; SCHEID, 2001). Daraus kann sich eine absolute Polyglobulie mit höheren Hkt- und Hb-Werten entwickeln (KRAFT ET AL., 1999).

### **Hämatologische Parameter und Proteine in der Erholungszeit**

Bei PIESCHL ET AL. (1992) erreichten der Hkt, die TP-, Alb- und Glob-Konzentration von Greyhounds erst 3,5 min nach dem Rennen Maximalwerte. Anschließend sanken die Werte, waren nach 9 min gegenüber dem Ruhewert nicht mehr signifikant verändert und hatten nach 30 min wieder Ausgangswerte erreicht. ROSE AND BLOOMBERG (1989) stellten bis zu 20 min

nach einem Sprintrennen eine signifikant erhöhte Hkt und Hb-Konzentration fest. Nach 30 min Erholung wurde keine Abweichung von den Ruhewerten mehr festgestellt. Bereits nach 5 min Erholungszeit war die TP-Konzentration nicht mehr signifikant erhöht (ROSE AND BLOOMBERG, 1989). Im Gegensatz dazu waren bei SNOW ET AL. (1988) Hkt, Hb- und TP-Konzentration 30 min nach einem Rennen gegenüber dem Ruhewert noch signifikant erhöht. In den Untersuchungen von ILKIW ET AL. (1989) wiederum waren der Hkt, die Hb- und die TP-Konzentration 3 h nach einem Sprintrennen gegenüber dem Ruhewert signifikant erniedrigt.

## **2.8 Nierenstoffwechsel**

### **2.8.1 Kreatinin und Harnstoff**

Harnstoff wird durch den Katabolismus von endogenen und exogen durch Fütterung zugeführten Aminosäuren produziert. Die Exkretion erfolgt hauptsächlich über die Nieren. Die Harnstoffkonzentration wird im englischsprachigen Raum oft als Harnstoff-Stickstoffwerte (Blood-Urea-Nitrogen = BUN) angegeben. BUN-Referenzwerte beim Hund liegen zwischen 3,2-8,3 mmol/l (HINCHCLIFF ET AL., 1993; BURR ET AL., 1997; KRAFT ET AL., 1999).

Kreatinin (Krea) ist ausschließlich Produkt des endogenen Muskelstoffwechsels und daher nicht nahrungsabhängig (KRAFT ET AL., 1999). Die Krea-Konzentration ist das Ergebnis der Krea-Produktion in der Muskulatur aus Kreatin und Kreatinphosphat und der renalen Exkretion. Die Serumkonzentration beim Hund beträgt physiologischerweise 35-106  $\mu\text{mol/l}$  (HAMMEL ET AL., 1977; HINCHCLIFF ET AL., 1993; BURR ET AL., 1997; KRAFT ET AL., 1999).

Die Kombination der Parameter Harnstoff und Kreatinin ermöglicht Aussagen über den Flüssigkeitshaushalt, die renale Funktion, den Proteinkatabolismus und die Muskeltätigkeit (HINCHCLIFF ET AL., 1993; BURR ET AL., 1997). Einige Autoren suchten nach biochemischen Äquivalenten für ein Leistungsversagen bei Schlittenhunden. Sie erhielten jedoch aus den Krea- und BUN-Werten von disqualifizierten Hunden kein Indiz für eine Dehydratation oder für eine Abweichung dieser Werte von den erfolgreichen Hunden. (HINCHCLIFF ET AL., 1993; HINCHCLIFF, 1996; BURR ET AL., 1997; HINCHCLIFF ET AL., 1998). Zu Beginn einer Windhund-Rennsaison fiel die BUN-Konzentration bei Greyhounds ab bzw. stieg die Krea-Konzentration signifikant an und blieb dann über den Rest der Saison konstant. Diese Parameter waren jedoch nicht mit der Leistung der Hunde korreliert (LASSEN ET AL., 1986).

## 2.8.2 Belastungsphysiologie und Verhalten in der Erholungszeit

### Nierenparameter nach psychischer Belastung

SADOWSKI ET AL. (1981) untersuchten, ob psychische Aufregung die renale Funktion verändern kann. Langsames Gehen auf dem Laufband ohne große physische Anstrengung veränderte jedoch weder die glomeruläre Filtrationsrate (GFR) noch die Urinproduktion.

### Nierenparameter nach physischer Belastung

Bei Schlittenhunden kann der Proteinabbau während einer Ausdauerbelastung 4-10% der von der arbeitenden Muskulatur benötigten Energie liefern. Bei längerer Laufbelastung treten durch den vermehrten Stickstoffanfall aus dem Proteinkatabolismus höhere Harnstoffwerte auf. Disqualifizierte Hunde wiesen signifikant niedrigere BUN-Werte auf als Hunde, die das Rennen beendeten. Dies ließ sich dadurch erklären, dass die disqualifizierten Hunde eine geringere Renndistanz zurücklegten und daher einen geringeren Bedarf an Aminosäuren für die Energiegewinnung hatten (HINCHCLIFF ET AL., 1993, 1996, 1998; BURR ET AL., 1997).

Bei vermehrter Muskeltätigkeit kann es durch erhöhte Freisetzung aus den Muskelzellen zu einem Kreatinin-Anstieg im Blut kommen (STRASSER ET AL., 1993; HINCHCLIFF ET AL., 1993; QUERENGAESSER ET AL., 1994; BURR ET AL., 1997; HINCHCLIFF ET AL., 1998). Infolge der effizienten renalen Elimination bleibt die Krea-Konzentration im Blut normalerweise gering (HINCHCLIFF ET AL., 1993; BURR ET AL., 1997).

Bei starker körperlicher Anstrengung kann sich durch eine Flüssigkeitsverschiebung aus dem intravaskulären Kompartiment oder Flüssigkeitsverlust eine Hämokonzentration, Dehydration und Hypovolämie mit verringertem renalen Blutfluss entwickeln. Dadurch wird die glomeruläre Filtration und die renale Exkretion reduziert (BJOTVEDT ET AL., 1984; ROSE AND BLOOMBERG, 1989). Durch eine verringerte Clearancerate treten erhöhte Kreatinin- und Harnstoffwerte im Blut auf (SADOWSKI ET AL., 1981; LASSEN ET AL., 1986; HINCHCLIFF ET AL., 1993; QUERENGAESSER ET AL., 1994; BURR ET AL., 1997; HINCHCLIFF ET AL., 1998).

Weiterhin können die Nieren auf sympathische Einflüsse mit einer Vasokonstriktion der *Vas afferens* reagieren. Abhängig von der Belastungsintensität kann sich dadurch der renale Blutfluss und die Clearance bestimmter Stoffe verringern. Dies stellt einen kompensatorischen Reservemechanismus durch Umverteilung des Blutflusses zugunsten der arbeitenden Muskulatur dar (VAN CITTERS AND FRANKLIN, 1969; SADOWSKI ET AL., 1981; IMMELMANN, 1982; EWERT, 1998). Starke Laufbandarbeit reduzierte die renale Hämodynamik von Hunden signifikant, wohingegen mäßige Belastung nur einen geringen Abfall der

funktionellen Parameter verursachte (SADOWSKI ET AL., 1981). Die Schlittenhunde von VAN CITTERS AND FRANKLIN (1969) wiesen allerdings auch während stärkster Ausdauerbelastung keinen reduzierten renalen Blutfluss auf.

Nach physischer Belastung zeigten sich Veränderungen der BUN- und Krea-Konzentration, die der *Tabelle 7* entnommen werden können. Greyhounds zeigten nach Sprintrennen entweder eine unveränderte BUN-Konzentration (SNOW ET AL., 1988; ILKIW ET AL., 1989; ROSE AND BLOOMBERG, 1989) oder sie stieg signifikant an (BJOTVEDT ET AL., 1984). Ebenso verhielt es sich mit der Krea-Konzentration. In den Studien von GRANDJEAN ET AL. (1983) und BJOTVEDT ET AL. (1984) blieb die Krea-Konzentration unverändert, wohingegen sie bei SNOW ET AL. (1988) und ROSE AND BLOOMBERG (1989) signifikant anstieg. Bei Schlittenhunderennen zeigte die BUN-Konzentration eine Abhängigkeit von der zurückgelegten Distanz. Die BUN-Konzentration von Hunden nach einem 1760 km-Rennen lag signifikant höher als bei Hunden, die vorher disqualifiziert wurden (BURR ET AL., 1997). Dabei wurde von signifikant erhöhten BUN-Werten und unveränderter Krea-Konzentration berichtet (HINCHCLIFF, 1993 UND 1996; BURR ET AL., 1997). Die Krea-Konzentration stieg bei Schlittenhunden nach einem 9 km langem Rennen, sowie nach maximaler Laufbandbelastung signifikant an (HAMMEL ET AL., 1977; QUERENGAESSER ET AL., 1994).

**Tabelle 7:** Literaturangaben der mittleren Harnstoff- (BUN) und Kreatininkonzentration (Krea) im Blut von Hunden nach verschiedenen Belastungsformen, sowie physiologische Referenzwerte beim Hund.

	<b>Belastung</b>	<b>BUN (mmol/l)</b>	<b>Krea (µmol/l)</b>	<b>Autor</b>
<b>Hund physiologisch</b>		3,2-8,3	35-106	Hinchcliff et al., 1993 Kraft et al., 1999
<b>Greyhound-Sprintrennen</b>	235-503 m	3-11,9	66,3-159,1	Grandjean et al., 1983 Bjotvedt et al., 1984 Snow et al., 1988 Rose and Bloomberg, 1989
<b>Greyhound-Langstreckenrennen</b>	722 m	10,4	-	Ilkiw et al., 1989
<b>Schlittenhunde-Rennen</b>	272 km 800-1760 km	11,9 9,7-14,1	88,4 50,4-55,7	Burr et al., 1997 Hinchcliff, 1996 Hinchcliff et al., 1993, 1998 Burr et al., 1997
<b>Laufbandbelastung</b>	submaximal	-	85,0	Chanoit et al., 2002
<b>Apportierarbeit</b>	10 min	6,9	-	Matwichuk et al., 1999
<b>Rauschgiftsuche</b>	15 min	6,4	91,1	Strasser et al., 1993

Training verbessert über eine erhöhte glomeruläre Filtrationsrate die renale Funktion (KRONFELD ET AL., 1977; QUERENGAESSER ET AL., 1994). Die Krea-Ruhewerte von Schlittenhunden waren vor Beginn eines Trainings signifikant höher als in den darauffolgenden Trainingswochen (QUERENGAESSER ET AL., 1994). Im Gegensatz dazu wurde die GFR und die Plasma-Krea-Konzentration nach einem Belastungstraining jedoch nicht in nennenswertem Umfang beeinflusst (MCKEEVER ET AL., 1985).

### **Nierenparameter in der Erholungszeit**

In der Untersuchung von ILKIW ET AL. (1989) fiel die BUN-Konzentration bei Greyhounds in der 3-stündigen Erholungszeit signifikant ab.

SNOW ET AL. (1988) dagegen berichteten von einem signifikanten Anstieg des BUN-Wertes nach 30 min Erholung sowohl gegenüber dem Belastungswert als auch gegenüber dem Ruhewert. Gleichzeitig sank die Krea-Konzentration gegenüber dem Belastungswert signifikant ab und blieb jedoch bei SNOW ET AL. (1988) bis 30 min und bei ROSE AND BLOOMBERG (1989) bis 60 min nach Belastungsende gegenüber dem Ruhewert noch signifikant erhöht. CHANOIT ET AL. (2002) konnten in der Erholungszeit einen Abfall der Krea-Konzentration feststellen, die zwischen 7 und 9 h nach einer Laufbelastung signifikant unter dem Ausgangswert lag.

## **2.9 Leberstoffwechsel**

### **2.9.1 Alkalische Phosphatase, Alanin-Amino-Transferase, Cholesterin und Bilirubin**

Infolge der Funktionsvielfalt der Leber zählen pathologisch-physiologische Störungen dieses Organs zu den schwerwiegendsten Veränderungen. Besonders bei Sporthunden kann eine chronische Stresseinwirkung mit erhöhten endogenen Steroidwerten Leberdysfunktionen hervorrufen. Die Bestimmung der Leberenzymaktivität kann eine Vielzahl von Lebererkrankungen aufdecken und als sensitiver Indikator für subklinische Funktionsstörungen dienen (LASSEN ET AL., 1986; KRAFT ET AL., 1999).

Die Alanin-Amino-Transferase (ALT) ist beim Hund ein leberspezifisches Enzym. Normalerweise beträgt die Plasma-Aktivität bis zu 55 IU/l. Die ALT ist bereits bei leichten, reversiblen Schädigungen wie Membrandesintegration erhöht, auch wenn noch keine Leberzellnekrose stattgefunden hat. Daher besitzt die ALT eine hohe Sensitivität für eine erhöhte Permeabilität der Hepatozytenmembran. Bei der Bewertung wird eine bis zu 3-fache

Aktivitätssteigerung als geringgradig beurteilt (QUERENGAESSER ET AL., 1994; RADIN, 1997; KRAFT ET AL., 1999). Eine hohe ALT-Aktivität wird nach Hypoxie oder chronisch erhöhten Kortisolwerten beschrieben (RADIN, 1997).

Die Alkalische Phosphatase (AP) ist nicht leberspezifisch, gilt aber dennoch als guter Indikator für die Leberfunktion. Die AP-Aktivität beträgt altersabhängig bis zu 108 IU/l und kommt außer im Blutplasma noch in fast allen Geweben des Organismus in unterschiedlicher Aktivität vor. Nur die durch die Leber oder Knochen, sowie als Reaktion auf Kortikosteroide produzierten Isoenzyme haben eine Halbwertszeit, die lang genug ist, um klinisch relevant zu werden (RADIN, 1997; KRAFT ET AL., 1999).

Bilirubin (Bil) entsteht überwiegend aus dem Hämoglobin-Abbau durch das Retikuloendotheliale System. Dabei wird das Eisen wieder verwendet und der Rest in eisenfreies, lipidlösliches primäres Bilirubin I umgewandelt. Nach Konjugation zu wasserlöslichem, sekundärem Bilirubin II (Bil II) in der Leber wird Bilirubin über die Galle ausgeschieden. Die Blutkonzentration von Bilirubin ist bei Hämolyse, Hepatopathien und Hungerzuständen erhöht. Hunde haben eine niedrige Nierenschwelle für Bil II. Daher wird eine geringe Bil-Erhöhung nicht im Blutserum entdeckt. Die Gesamt-Bilirubin Konzentration, die physiologischerweise bis 3,4  $\mu\text{mol/l}$  beträgt, stellt einen wertvollen Indikator der gesamten Leberfunktion dar und reagiert sensitiv auf eine Vielzahl von Leber-Dysfunktionen (LASSEN ET AL., 1986; RADIN, 1997; KRAFT ET AL., 1999).

Endogenes Cholesterin (Chol) wird hauptsächlich in der Leber synthetisiert. Zusätzlich wird es bei Karnivoren mit der tierischen Nahrung aufgenommen. Seine Konzentration beträgt physiologischerweise 3,1-10,1 mmol/l. Cholesterin wird für die Produktion von Steroidhormonen und Gallensäuren benötigt. Eine Hypercholesterinämie tritt auf bei postprandialer Lipämie, Hyperkortisolämie und Hepatopathien (RADIN, 1997; KRAFT ET AL., 1999).

## **2.9.2 Belastungsphysiologie und Verhalten in der Erholungszeit**

### **Leberparameter nach physischer Belastung**

Abhängig von der Belastungsintensität erfolgt über kardiovaskuläre Anpassungen eine kompensatorische Neuverteilung des Blutflusses. Dabei wird die Durchblutung der viszeralen Bereiche zugunsten der Muskulatur verringert (ROWELL ET AL., 1964; IMMELMANN, 1982; EWERT, 1998). BJODTVEDT ET AL. (1984) und ILKIW ET AL. (1989) konnten nach einem Sprintrennen bei Hunden einen signifikanten Anstieg der ALT- und AP-Aktivität beobachten

und führten dies auf eine veränderte Blutverteilung bei körperlicher Belastung zurück. VAN CITTERS AND FRANKLIN (1969) hingegen konnten nach einer Ausdauerbelastung keine verringerte viszerale Durchblutung feststellen. Nach Sprintrennen von Greyhounds fand ein signifikanter Anstieg der Chol-Konzentration statt (GRANDJEAN ET AL., 1983; BJOTVEDT ET AL., 1984; ILKIW ET AL., 1989). Die Bil-Konzentration zeigte nach einem Sprintrennen einen signifikanten Abfall (ROSE AND BLOOMBERG, 1989). Literaturangaben der ALT- und AP-Aktivität, sowie der Chol- und Bil-Konzentration können den *Tabellen 8 und 9* entnommen werden.

HINCHCLIFF (1996), HINCHCLIFF ET AL. (1998) und BURR ET AL. (1997) untersuchten die Rolle von Enzymaktivitäten hinsichtlich der Beurteilung der Leistungskapazität von Schlittenhunden. Dabei stellten sie eine signifikant höhere AP- und ALT-Plasmaaktivität bei den Hunden fest, die aufgrund eines Leistungsversagens frühzeitig disqualifiziert wurden. Dagegen war die Gesamtbilirubin-Konzentration bei den disqualifizierten Hunden signifikant niedriger als bei den erfolgreichen Hunden (HINCHCLIFF, 1996). Die Chol-Konzentration erfolgreicher und disqualifizierter Hunde unterschied sich nicht wesentlich (HINCHCLIFF, 1996). Bei Langdistanzrennen von Schlittenhunden fielen die Chol-Konzentration, sowie die Serumaktivität von ALT und AP nach der Hälfte eines 1600 km Rennens signifikant ab. Die Chol-Konzentration stieg anschließend wieder an. Die Bil-Konzentration zeigte keine Veränderung (HINCHCLIFF ET AL., 1993). Nach 6 bis 7,5 km Schlittenhunderennen fiel die ALT-Aktivität (READY AND MORGAN, 1984). BURR ET AL. (1992) beschrieben in Ruhe signifikant geringere AP-Werte als nach einem 1760 km Rennen. Die ALT-Aktivität, Chol- und Bil-Konzentration zeigten keine signifikante Veränderung.

Auch die Hunde von LINDENA ET AL. (1984) und SANDERS AND BLOOR (1975) zeigten auf dem Laufband keine signifikante Veränderung der AP- oder der ALT-Aktivität.

READY AND MORGAN (1984) stellten bei trainierten Schlittenhunden im Vergleich zur untrainierten Kontrollgruppe eine signifikant geringere ALT-Aktivität in Ruhe und nach Belastung fest. Im Gegensatz dazu bewirkte wiederholter physischer Stress im Laufe einer Trainings- und Rennsaison eine Tendenz zu einer höheren Ruhe ALT-Aktivität (QUERENGAESSER ET AL., 1994). Die Chol-Konzentration wie auch die AP-Aktivität von Greyhounds zeigte bei LASSEN ET AL. (1986) im Laufe einer Rennsaison erst einen signifikanten Anstieg, blieb dann aber relativ konstant. Die Bil-Konzentration fiel signifikant ab, wohingegen sich die ALT-Aktivität während der Rennsaison nicht veränderte (LASSEN ET AL., 1986).

Hitzestress und physische Belastung in heißer Umgebung bewirkten in Tests von BEDRAK

(1965) nach 30 min sowohl bei nicht akklimatisierten als auch bei akklimatisierten Hunden eine erhöhte Aktivität von ALT und AP. Während der 2-stündigen Expositionszeit entwickelte sich ein progressiver Anstieg, der sich in der Erholungszeit fortsetzte. Das Ausmaß des stressbedingten Enzymanstiegs fiel bei akklimatisierten Hunden geringer aus.

**Tabelle 8:** Literaturangaben der mittleren Alanin-Amino-Transferase- (ALT) und Alkalischen Phosphatase (AP)-Aktivität im Blut von Hunden nach verschiedenen Belastungsformen, sowie physiologische Referenzwerte beim Hund.

	<b>Belastung</b>	<b>ALT (IU/l)</b>	<b>AP (IU/l)</b>	<b>Autor</b>
<b>Hund physiologisch</b>		bis 55	bis 108	Radin, 1997 Kraft et al., 1999
<b>Greyhound-Sprintrennen</b>	503 m	79	88	Bjotvedt et al., 1984
<b>Greyhound-Langstreckenrennen</b>	722 m	89	42	Ilkiw et al., 1989
<b>Schlittenhunde-Rennen</b>	6-7,5 km 272 km 800-1760 km	24-35 145 66-140	- 91 33-75	Ready and Morgan, 1984 Burr et al., 1997 Hinchcliff et al., 1993 Hinchcliff et al., 1996 Burr et al., 1997 Hinchcliff et al., 1998
<b>Laufbandbelastung</b>	submaximal	30	78	Lindena et al., 1984
<b>Apportierarbeit</b>	10 min	66	46	Matwichuk et al., 1999
<b>Rauschgiftsuche</b>	15 min	-	31	Strasser et al., 1993

**Tabelle 9:** Literaturangaben der mittleren Cholesterin- (Chol) und Bilirubinkonzentration (Bil) im Blut von Hunden nach verschiedenen Belastungsformen, sowie physiologische Referenzwerte beim Hund.

	<b>Belastung</b>	<b>Chol (mmol/l)</b>	<b>Bil (µmol/l)</b>	<b>Autor</b>
<b>Hund physiologisch</b>		3,1-10,1	bis 3,42	Radin, 1997 Kraft et al., 1999
<b>Greyhound-Sprintrennen</b>	400-503 m	3,7-5	1500	Grandjean et al., 1983 Bjotvedt et al., 1984 Rose and Bloomberg, 1989
<b>Schlittenhunde-Rennen</b>	174 km 800-1760 km	5,2-5,4 5,9-7,1	- 0-61	Hinchcliff et al., 2000 Hinchcliff et al., 1993 Hinchcliff et al., 1996 Hinchcliff et al., 1998
<b>Rauschgiftsuche</b>	15 min	5	-	Strasser et al., 1993

## **Leberparameter in der Erholungszeit**

Nach einer 3-stündigen Erholungszeit normalisierten sich die AP- und ALT-Aktivität von Greyhounds nach Sprintrennen (ILKIW ET AL., 1989). Die Bil-Werte nach einer Sprintdistanz lagen im Zeitraum von 5 bis 15 min nach Rennende signifikant unter den Ruhewerten (ROSE AND BLOOMBERG, 1989).

## **2.10 Kohlenhydratstoffwechsel**

### **2.10.1 Glukose**

Die physiologische Glukose-Plasmakonzentration beim Hund beträgt 3,9-6,7 mmol/l. Glukose stammt aus der aufgenommenen Nahrung, der Glukoneogenese und der Glykogenolyse in der Leber (RADIN, 1997; KRAFT ET AL., 1999).

Trotz starker körperlicher Anstrengung, der Aufnahme von Kohlenhydraten mit der Nahrung bzw. Nahrungskarenz wird die Glukosekonzentration und ihre zelluläre Aufnahme durch hormonelle Regulation von Glukoneogenese und Glykogenolyse in engem Rahmen konstant gehalten (FOSS ET AL., 1971; STRASSER ET AL., 1993; KOLB, 1993; RADIN, 1997; V. ENGELHARDT, 2000). Der erhöhte Gehalt an 11-Hydroxykortikosteroiden (Kortisol) bei Belastung erhöht deren Bindung an die Hepatozyten und induziert dort die Bildung entsprechender Enzyme für die Glukoneogenese (FOSS ET AL., 1971; KOLB, 1993; RADIN, 1997; MURPHY ET AL., 1997). Glukose- und Kortisolkonzentration veränderten sich bei FOSS ET AL. (1971) jedoch nicht proportional zueinander, da einige Zeit verging bis sich die glukoneogenetische Aktivität entfaltete und ein Teil der produzierten Glukosemenge sofort wieder metabolisiert wurde. Bei Belastung wird zusätzlich die Glukoneogenese aus Laktat gesteigert (ISSEKUTZ ET AL., 1976). Eine gesteigerte Sekretion von Adrenalin bei Stress und Glukagon bewirken eine vermehrte Glykogenolyse und Glukoneogenese (FOSS ET AL., 1971; KOLB, 1993; MURPHY ET AL., 1997). Katecholamine bewirken zudem eine gesteigerte Mobilisierung von Fettsäuren in den Adipozyten. Dadurch werden vermehrt Fettsäuren für die ATP-Gewinnung in den myocardialen Mitochondrien bereitgestellt (KOLB UND SEEHAWER, 2002).

Der Energieträger Glukose kann zur ATP-Gewinnung entweder aerob oder anaerob abgebaut werden. Bei Ausdauerleistungen wird zuerst die intrazelluläre Muskelglykogenreserve verbraucht. Daran anschließend werden die Glykogenolyse in der Leber und die Lipolyse in den Fettdepots gesteigert, damit Glukose und freie Fettsäuren in die Zirkulation gelangen und

von dort in die Muskulatur aufgenommen werden können. Nach 2 bis 3 h körperlicher Belastung wird der Glukosebedarf überwiegend aus dem Abbau von Körperprotein und durch Lipolyse gedeckt (V. ENGELHARDT, 2000). Die Blutglukosekonzentration bestimmt die Kapazität Ausdauerleistungen zu erbringen. Ein schnellerer Verbrauch der Kohlenhydrate kann zu einer verringerten Leistungsfähigkeit führen (POHOSKA ET AL., 1976). HINCHCLIFF (1996) untersuchte die Rolle der Glukosekonzentration als leistungslimitierenden Faktor bei Schlittenhunderennen. Sie konnten jedoch keine statistischen Unterschiede der Blutglukosekonzentration von disqualifizierten und siegreichen Hunden feststellen.

### **2.10.2 Belastungsphysiologie und Verhalten in der Erholungszeit**

In Stresssituationen kann sich eine Hyperglykämie entwickeln. Eine erhöhte Konzentration der endogenen Glukokortikosteroide bewirkt eine verstärkte Glukoneogenese (RADIN, 1997; KRAFT ET AL., 1999). Gleichzeitig reduziert eine starke sympathoadrenerge Stimulation die Insulinsekretion und behindert die zelluläre Aufnahme von Glukose (BJOTVEDT ET AL., 1984; SNOW ET AL., 1988; ILKIW ET AL., 1989). Durch hepatische Glykogenolyse und Lipolyse wird Glukose schneller in die Zirkulation entlassen als sie von der arbeitenden Muskulatur aufgenommen werden kann (SNOW ET AL., 1988). Nach übermäßiger physischer Anstrengung kann es dagegen zu einer Hypoglykämie kommen (RADIN, 1997; KRAFT ET AL., 1999).

#### **Glukosekonzentration nach physischer Belastung**

Intensität, Dauer und Typ einer Belastung beeinflussen die Blutglukosekonzentration (CHANOIT ET AL., 2002). Bei Sprintrennen wird von einem Anstieg der Blutglukose nach physischer Belastung berichtet (SNOW ET AL., 1988; ROSE AND BLOOMBERG 1989; IKLIW ET AL., 1989). Nach Langdistanzrennen von Schlittenhunden hingegen konnten kaum Veränderungen der Blutglukose beobachtet werden (HINCHCLIFF ET AL., 1993). FOSS ET AL. (1971) untersuchten die Glukosekonzentration von Laborhunden bei Laufbandbelastungen mit steigender Belastungsintensität und -dauer. Sie stellten die höchsten Glukosewerte in Ruhe und bei Erschöpfung fest. Die Glukosekonzentration sank zu Beginn bei leichter Laufbelastung von submaximaler Intensität, so dass sich bei starker Belastung die niedrigsten Werte fanden. Bei Annäherung an maximale Belastung kehrte die Glukosekonzentration zu höheren Werten zurück. Im Gegensatz dazu stellten TIPTON ET AL. (1974) nach submaximalen und KOZLOWSKI ET AL. (1985) nach maximalen Laufbandbelastungen einen belastungsinduzierten Abfall der Glukosewerte fest.

FOSS ET AL. (1971) konnten nach verschiedenen Belastungsbedingungen und in Ruhe keinen signifikanten Trainingseffekt auf die Glukosekonzentration feststellen. Bei SNEDDON ET AL. (1989) tendierten nicht trainierte Hunde zu niedrigeren Glukosewerten. Die Glukosekonzentration nach standardisierten Belastungstests veränderte sich nach einem Training bzw. nach Käfighaltung gegenüber der Kontrollgruppe nicht (TIPTON ET AL., 1974). Bei POHOSKA ET AL. (1976) zeigten sich bei Hunden nach 8-wöchiger Restriktion der physischen Aktivität bei maximaler Belastung ähnliche Glukosewerte wie bei der Kontrollgruppe. Trotzdem war der belastungsinduzierte Abfall der Glukosekonzentration bei Hunden nach dem Käfigarrest größer.

Eine externe Kühlung während einer Laufbandbelastung hatte in den Untersuchungen von KOZLOWSKI ET AL. (1985) keinen Einfluss auf die Glukosekonzentration.

**Tabelle 10:** Literaturangaben der mittleren Glukosekonzentration im Blut von Hunden nach verschiedenen Belastungsformen, sowie physiologische Referenzwerte beim Hund.

	<b>Belastung</b>	<b>Glukose (mmol/l)</b>	<b>Autor</b>
<b>Hund physiologisch</b>		3,9-6,7	Radin,1997 Kraft et al., 1999
<b>Greyhound-Sprintrennen</b>	235-503 m	3,4-8,8	Grandjean et al., 1983 Bjotvedt et al., 1984 Snow et al., 1988 Rose and Bloomberg, 1989
<b>Greyhound-Langstreckenrennen</b>	722 m	9,5	Ilkiw et al., 1989
<b>Schlittenhunde-Rennen</b>	1600 km	4,1-5,7	Hinchcliff et al., 1993 Hinchcliff et al., 1996
<b>Laufbandbelastung</b>	submaximal	3,9-4,9	Foss et al., 1971 Tipton et al., 1974 Wagner et al., 1977
	maximal	2,7-5,5	Foss et al., 1971 Pohoska, 1976 Kozlowski et al., 1985
<b>Apportierarbeit</b>	10 min	6,0	Matwichuk et al., 1999
<b>Rauschgiftsuche</b>	15 min	5,2	Strasser et al., 1993

## **Glukosekonzentration in der Erholungszeit**

Nach Sprintrennen waren die Glukosewerte von Greyhounds nach einer Regenerationszeit von 30 min gegenüber dem Ruhewert noch signifikant erhöht und gegenüber dem Belastungswert bereits signifikant abgefallen (SNOW ET AL., 1988; ROSE AND BLOOMBERG, 1989). Sie kehrten dann langsam wieder in den Ruhebereich zurück, den sie aber auch nach 60 min Erholung noch nicht erreicht hatten (ROSE AND BLOOMBERG, 1989). Bei der Studie von ILKIW ET AL. (1989) trat nach 3 h Erholung eine Normalisierung der Glukosekonzentration ein. Im Gegensatz dazu normalisierten sich die Glukosewerte nach maximaler Laufbandarbeit bereits nach 30 min Erholungszeit (FOSS ET AL., 1971).

## **2.11 Blutgase und Säure-Basenhaushalt**

### **2.11.1 pH-Wert, Sauerstoff-, Kohlendioxidpartialdruck, Bikarbonat und Basenexzess**

In der Literatur sind unter Ruhebedingungen folgende physiologische Messwerte für Hunde (Blutgasanalyse des venösen Blutes) beschrieben: pH Wert 7,32 bis 7,39; Basenexzess (BE) -2 bis -5 mmol/l; Sauerstoff-Partialdruck ( $pO_2$ ) 34 bis 53,6 mm Hg; Kohlendioxid-Partialdruck ( $pCO_2$ ) 36 bis 40,3 mm Hg; Bikarbonat-Konzentration ( $HCO_3^-$ )-Konzentration 24,2 mmol/l (HASTINGS ET AL., 1982; STRASSER ET AL., 1993; HINCHCLIFF ET AL., 1997; KRAFT, 1999).

Obwohl durch den Stoffwechsel ständig Säureäquivalente produziert werden, hält der Organismus die Wasserstoffionenkonzentration im extrazellulären Raum in engen Grenzen konstant. Die lebenswichtige Homöostase des Säure-Basen-Haushaltes wird durch intra- und extrazelluläre Puffersysteme (Hb, Phosphat, Proteine,  $H_2CO_3$ ) erreicht, die unterschiedlich schnell wirksam werden. Die präzise Kontrolle und Regulation des pH ist lebenswichtig, weil zahlreiche vitale Prozesse wie Enzymaktivitäten, Membranleitfähigkeit oder Elektrolytverteilung von der Wasserstoffionen-Konzentration abhängig sind (DEETJEN, 1994; GÄBEL, 2000). Das wichtigste Puffersystem ist das Kohlensäure-Bikarbonat-Verhältnis. Die Regulation erfolgt durch die Anpassung der Ventilation hinsichtlich der  $CO_2$ -Elimination, sowie Veränderung der renal-tubulären  $H^+$ -Ausscheidung und  $HCO_3^-$ -Retention. Für das Säure-Basen-Gleichgewicht ist daher unbedingt eine normale Lungen- und Nierenfunktion, sowie eine adäquate Menge an Hämoglobin erforderlich (LEISEWITZ ET AL., 1995). Durch respiratorische oder metabolische Störungen, wie die Bildung abnormer Mengen endogener

Säureäquivalente (Laktatazidose), wird das Gleichgewicht verändert (STRASSER ET AL., 1993; DEETJEN, 1994; KRAFT, 1999).

Im Zusammenhang mit körperlicher Anstrengung müssen beim Hund vorwiegend 2 Phänomene berücksichtigt werden. Während einer starken Laufbelastung können sich durch Hyperventilation und ausgedehnte anaerobe Aktivität gleichzeitig eine respiratorische Alkalose, sowie eine metabolische Azidose entwickeln. Die Ausprägung dieser Vorgänge variiert belastungsabhängig. Die in Zusammenhang mit der Laktatproduktion entstehenden Wasserstoffionen werden hauptsächlich durch Bikarbonat gepuffert. Daher bewirkt eine Laktatakkumulation gleichzeitig einen Abfall der Bikarbonatkonzentration und eine metabolische Azidose. Es folgt eine respiratorische Kompensation durch Polyпноe. Hyperventilation kann einen beträchtlichen Anstieg des  $pO_2$  und des pH auf bis zu 7,68, sowie einen Abfall von  $pCO_2$  auf minimal 5,2 mm Hg und der Bikarbonatkonzentration auf bis zu 13 mmol/l bewirken. Daraus resultiert eine respiratorische Alkalose (MUSCH ET AL., 1986; ILKIW ET AL., 1989; MATWICHUK ET AL., 1999). MATWICHUK ET AL. (1999) stellten bei Retrievern nach Apportierarbeit eine stärkere respiratorische Alkalose und eine geringere Ausprägung der metabolischen Azidose fest als von Greyhounds nach Sprintrennen berichtet wurde (ILKIW ET AL., 1989; ROSE AND BLOOMBERG, 1989).

Als Ursachen der Hyperventilation und der respiratorischen Alkalose werden mehrere Faktoren diskutiert. Zum einen wird während einer Belastung infolge eines erhöhten Sauerstoffverbrauchs und als thermoregulatorische Reaktion auf einen Anstieg der Körpertemperatur die Atmung forciert. Anfallende Laktatmengen machen eine respiratorische Kompensation für die metabolische Azidose erforderlich (MUSCH ET AL., 1986; ILKIW ET AL., 1989; ROSE AND BLOOMBERG, 1989). Die Hyperventilation stand bei ROSE AND BLOOMBERG (1989) in Zusammenhang mit einer metabolischen Azidose, da der  $pCO_2$  solange erniedrigt war bis der pH sich normalisiert hatte. Bereits bei submaximaler Belastung konnten MUSCH ET AL. (1986) bei ihren Hunden eine signifikante Hyperventilation, Hypokapnie und eine respiratorische Alkalose beobachten. Trotz kontinuierlichem Anstieg der Körpertemperatur und der Entwicklung einer metabolischen Azidose bei steigender Belastungsintensität auf dem Laufband blieb das Ausmaß der Hypokapnie unverändert. Daher schien das Ausmaß der Hypokapnie unabhängig von der Arbeitsintensität zu sein.

Mit zunehmender Belastungsintensität und -dauer wird mehr Laktat erzeugt, die Wasserstoffionenkonzentration steigt und der Blut-pH fällt (DOBSON ET AL., 1988). Eine steigende intrazelluläre Wasserstoffionenkonzentration hat Auswirkungen auf die Muskelkontraktion und Muskelermüdung und mindert daher die Leistungskapazität von

Hunden. In der Muskulatur wird die  $\text{Ca}^{2+}$ -Bindung an Troponin vermindert, die Myosin-ATPase-Aktivität verringert und der Ablöseprozeß von Aktin und Myosin beeinträchtigt. Dies verlangsamt die Geschwindigkeit eines Kontraktions-Relaxationsprozesses. Weiterhin wird die Proteinbindung von  $\text{Ca}^{2+}$  im sarkoplasmatischen Retikulum erhöht und die Aktivität einiger Schlüsselenzyme der Glykolyse gehemmt (DONALDSON ET AL 1978; SAHLIN 1986; NOLD ET AL., 1991). Durch die Einschränkung der Muskelkontraktion wird die Laktat- und  $\text{CO}_2$ -Produktion verlangsamt. Dieser selbstlimitierende Prozess schützt die Muskelzellen vor Schäden durch eine extreme Azidose (NOLD ET AL., 1991).

## **2.11.2 Belastungsphysiologie und Verhalten in der Erholungszeit**

### **Blutgase und Säure-Basenparameter nach psychischer Belastung**

Unmittelbar vor dem Rennen in Startposition konnten bei Greyhounds teilweise aufregungsbedingte signifikante Veränderungen der Blutgase nachgewiesen werden. So stellten TOLL ET AL. (1995) eine signifikante Erniedrigung der  $\text{HCO}_3^-$ -Konzentration und PIESCHL ET AL. (1992) einen signifikanten Abfall des  $\text{pCO}_2$  fest. Die anderen Säure-Basen-Variablen zeigten keine Veränderung durch psychischen Stress. Hunde zeigten, nachdem sie für einige Zeit ohne jeglichen menschlichen Kontakt gehalten wurden, nach einem erneuten Kontakt zu Menschen merkliche Veränderungen des arteriellen pH und der Blutgase (LANGBROEK ET AL., 1990).

### **Blutgase und Säure-Basenparameter nach physischer Belastung**

Bei Greyhounds zeigten sich nach maximaler kurzzeitiger physischer Belastung in der Blutgasanalyse extreme Veränderungen. Infolge einer umfangreichen anaeroben Energiegewinnung und Laktatproduktion entwickelte sich eine schwere metabolische Azidose. Insbesondere der pH und  $\text{pCO}_2$  erreichten Extremwerte. Der pH-Wert erreichte dabei Werte von bis zu 6,95 (DOBSON ET AL., 1988). Durch respiratorische Kompensation erfolgte eine Hyperventilation und der  $\text{pCO}_2$  fiel bis auf 14 mm Hg ab. Der  $\text{pO}_2$  kann auf 131 mm Hg ansteigen und der BE sich auf -29 mmol/l vergrößern. Die  $\text{HCO}_3^-$ -Konzentration fällt durch metabolische Kompensation auf bis zu 3 mmol/l ab (ILKIW ET AL., 1989). Bei NOLD ET AL. (1991) zeigte der arterielle pH-Wert abhängig von der Renndistanz einen kontinuierlichen Abfall. Der  $\text{pO}_2$  und  $\text{pCO}_2$  zeigten keinen statistischen Zusammenhang zur Rennlänge.

Nach Schlittenhunderennen zeigten sich selten Veränderungen des Säure-Basenhaushaltes. Der pH-Wert von Schlittenhunden war bei HINCHCLIFF ET AL. (1997) nach der Hälfte der

Rennstrecke signifikant angestiegen. Nach dem Rennen waren  $p\text{CO}_2$  und  $\text{HCO}_3^-$  gegenüber dem Ruhewert signifikant und der BE in geringerem Maße verringert. Nach 60 min Laufbandarbeit stellten LINDENA ET AL. (1984) keine statistisch relevanten Veränderungen der Blutgase und des pH-Wertes fest. Nach elektrostimulierter muskulärer Aktivität stieg der  $p\text{O}_2$  mit zunehmender Belastungsintensität gering an, wohingegen der  $p\text{CO}_2$  abfiel (LOEGERING AND CRITZ, 1971).

STRASSER ET AL. (1993) stellten bei Drogenspürhunden während der Suchtgiftsuche fallende  $p\text{CO}_2$ - und BE-Werte und steigende  $p\text{O}_2$ - und pH-Werte fest. Diese Ergebnisse lassen auf eine Hyperventilation und respiratorische Alkalose schließen. Durch die Nasenarbeit war eine deutliche Belastung der Hunde bei der Sucharbeit feststellbar.

**Tabelle 11:** Literaturangaben der mittleren pH-Werte, der Bikarbonat-Konzentration ( $\text{HCO}_3^-$ ) und des Basenexzess (BE) im Blut von Hunden nach verschiedenen Belastungsformen, sowie physiologische Referenzwerte beim Hund (arterielle (a) bzw. venöse (v) Blutgasanalyse).

	<b>Belastung</b>	<b>pH</b>	<b><math>\text{HCO}_3^-</math> (mmol/l)</b>	<b>BE (mmol/l)</b>	<b>Autor</b>
<b>Hund physiologisch</b>		v: 7,32-7,39	v: bis 24,2	v: -2 bis -5	Strasser et al., 1993 Hinchliff et al., 1997 Kraft et al., 1999
<b>Greyhound-Sprintrennen</b>	400 m	a: 7,15-7,26	-	-	Rose and Bloomberg, 1989 Pieschl et al., 1992
<b>Greyhound-Langstreckenrennen</b>	704-800 m	a: 6,95-7,15	a: 3-4	a: -29	Dobson et al., 1988 Ilkiw et al., 1989 Nold et al., 1991 Toll et al., 1995
<b>Schlittenhunde-Rennen</b>	480 km	v: 7,33	v: 16	v: -10	Hinchliff et al., 1997
<b>Laufbandbelastung</b>	submaximal	a: 7,42-7,55 v: 7,43-7,45	a: 13-19	-	Wagner et al., 1977 Hastings et al., 1982 Lindena et al., 1984 Musch et al., 1986
	maximal	a: 7,38-7,49 v: 7,36	a: 17	-	Hastings et al., 1982 Musch et al., 1986
<b>Apportierarbeit</b>	10 min	a: 7,60	a: 13	-	Matwichuk et al., 1999
<b>Rauschgiftsuche</b>	15 min	v: 7,40	v: 23	v: -1	Strasser et al., 1993

**Tabelle 12:** Literaturangaben der mittleren Partialdrücke der Blutgase Sauerstoff (pO<sub>2</sub>) und Kohlendioxid (pCO<sub>2</sub>) im Blut von Hunden nach verschiedenen Belastungsformen, sowie physiologische Referenzwerte beim Hund (arterielle (a) bzw. venöse (v) Blutgasanalyse).

	<b>Belastung</b>	<b>pO<sub>2</sub> (mm Hg)</b>	<b>pCO<sub>2</sub> (mm Hg)</b>	<b>Autor</b>
<b>Hund physiologisch</b>		v:34-54	v: 36-40	Strasser et al., 1993 Hinchliff et al., 1997
<b>Greyhound-Sprintrennen</b>	400 m	a: 125	a: 15-43	Rose and Bloomberg, 1989 Pieschl et al., 1992
<b>Greyhound-Langstreckenrennen</b>	704-722 m	a: 131	a: 14-19	Ilkiw et al., 1989 Toll et al., 1995
<b>Schlittenhunde-Rennen</b>	480 km	v: 49	v: 31	Hinchcliff et al., 1997
<b>Laufbandbelastung</b>	submaximal	a: 83-105 v: 33-34	a: 15-32 v: 36-42	Wagner et al., 1977 Hastings et al., 1982 Lindena et al., 1984 Musch et al., 1986
	maximal	a: 80-94 v: 26	a: 20-29 v: 32	Hastings et al., 1982 Musch et al., 1986
<b>Apportierarbeit</b>	10 min	a: 140	a: 15	Matwichuk et al., 1999
<b>Rauschgiftsuche</b>	15 min	v: 56	v: 37	Strasser et al., 1993

Beim Aufenthalt in Höhenlagen kommt es infolge der hypoxisch hypobarischen Bedingungen via Chemorezeptoren zu einer Hyperventilation. Durch die Sauerstoffmangelatmung kann bis zu einer kritischen Höhe von etwa 7000 m ein normaler pO<sub>2</sub> aufrechterhalten werden. Durch die verstärkte pulmonale CO<sub>2</sub>-Abatmung entsteht eine Hypokapnie und eine respiratorische Alkalose. Dadurch vermindert sich der Atemantrieb über zentrale Chemorezeptoren und wirkt dem Atemantrieb über O<sub>2</sub>-Chemorezeptoren entgegen. Die respiratorische Alkalose wird nach einiger Zeit über renale HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>-Mehrausscheidung kompensiert (DEETJEN, 1994; SCHEID, 2001). LOEGERING AND CRITZ (1971) untersuchten anästhesierte Hunde unter experimentell induzierten hypoxischen Bedingungen. Nach der Beatmung mit fallendem O<sub>2</sub>-Anteil fiel der pO<sub>2</sub> arteriell und venös.

### **Blutgase und Säure-Basenparameter in der Erholungszeit**

In den Untersuchungen von ROSE AND BLOOMBERG (1989) und PIESCHL ET AL. (1992) fielen im Anschluß an ein Windhund-Rennen der pH und der pCO<sub>2</sub> in den ersten 10 min der Erholungszeit weiter ab. Der pH, der pO<sub>2</sub>, der pCO<sub>2</sub> und die HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>-Konzentration unterschieden sich 15 min nach Ende eines Sprintrennens noch signifikant vom Ruhewert.

Nach 30 min hatte sich der pH, pO<sub>2</sub> und die HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>-Konzentration normalisiert (PIESCHL ET AL., 1992; ROSE AND BLOOMBERG, 1989). Bei PIESCHL ET AL. (1992) und ILKIW ET AL. (1989) war der pCO<sub>2</sub> nach 30 min bzw. 3 h Erholung gegenüber dem Ruhewert noch signifikant erniedrigt, bei ROSE AND BLOOMBERG (1989) jedoch nach 30 min schon bei den Ausgangswerten angelangt. Nach 10 min Apportierarbeit normalisierte sich der pO<sub>2</sub> bereits nach 15 min. Der pH war aber noch signifikant erhöht und der pCO<sub>2</sub> und HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> waren noch signifikant erniedrigt (MATWICHUK ET AL., 1999). Im Gegensatz dazu hatte sich bei HASTINGS ET AL. (1982) der pH und der pCO<sub>2</sub> bereits 4 min nach maximaler Laufbandarbeit schon wieder normalisiert, wohingegen der pO<sub>2</sub> noch weiter angestiegen war.

## **2.12 Endokrine Parameter**

### **2.12.1 Kortisol**

Das Glukokortikoid Kortisol wird in der *Zona fasciculata* der Nebennierenrinde synthetisiert. Die Kortisolsekretion wird über ein neuroendokrines System geregelt, bei dem Hypothalamus, Hypophyse und Nebennierenrinde in einem Regelkreis mit negativem Feedback zusammenspielen. Verschiedene zentralnervöse Stimuli bewirken eine Ausschüttung von Corticotropin Releasing Hormone (CRH) aus dem Hypothalamus. Über das Pfortadersystem gelangt CRH zur Hypophyse und bewirkt im Hypophysenvorderlappen die Sekretion von ACTH (Adrenocorticotrophes Hormon). Mit dem Blutstrom gelangt das ACTH zur Nebennierenrinde und stimuliert dort die Kortisolsekretion (KIRSCHBAUM UND HELLHAMMER, 1989; KOLB ET AL., 1993; SCHWARTZ-PORSCHKE, 1994; BEERDA ET AL., 1997, KRAFT ET AL., 1999).

Die Kortisolkonzentration gibt Aufschluß über die Aktivität der Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse und gilt als Indikator für die Einwirkung von akutem oder chronischem Stress (PALAZZOLO AND QUADRI, 1987; KIRSCHBAUM AND HELLHAMMER, 1989; ROTHUIZEN ET AL., 1993; BEERDA ET AL., 1996, 1997, 1998).

Infolge der episodischen Sekretion von der Hypophyse variiert auch die Kortisolsekretion der Nebennierenrinde und es treten ultradiane Fluktuationen des Kortisolspiegels auf (ORTH ET AL., 1988; KIRSCHBAUM UND HELLHAMMER, 1989). So zeigten die Hunde von BENTON AND YATES (1990) ein periodisches Muster der Kortisolsekretion mit einer Frequenz von 3-90 min. KEMPPAINEN AND SARTIN (1984) stellten bei Hunden durchschnittlich etwa 10 Kortisol-Peaks pro Tag fest.

Vom Menschen und verschiedene anderen Tierarten ist ein Tagesrhythmus der Kortisolsekretion nachgewiesen (THUN ET AL., 1981; VINING ET AL. 1983; KIRSCHBAUM UND HELLHAMMER, 1989). Beim Hund ist die Existenz einer circadianen Rhythmik umstritten. RIJNBEEK ET AL. (1968) und MURASE ET AL. (1988) konnten in ihren Studien Anhaltspunkte für eine solche Rhythmik erkennen. PALAZZOLO AND QUADRI (1987) stellten bei adulten Hunden in ihren Untersuchungen einen circadianen Rhythmus fest, jedoch nicht bei alten Hunden und Welpen. JOHNSTON AND MATHER (1978), TAKAHASHI (1980), KEMPPAINEN AND SARTIN (1984), ORTH ET AL. (1988), THUN ET AL. (1990) und BEERDA ET AL. (1996) dagegen konnten in ihren Untersuchungen keinen diurnalen Rhythmus erkennen. Nach SCHWARTZ-PORSCHKE (1994) können Blutproben für die Kortisolbestimmung unabhängig von der Tageszeit entnommen werden.

### **2.12.2 Kortisol im Speichel**

VINCENT AND MICHELL (1992) und BEERDA ET AL. (1996, 1997, 1998) erhielten bei Hunden in Ruhe Speichelkortisolwerte zwischen 4,7 und 6,0 nmol/l. Kortisol wird im Blut zu 90% an Corticosteroidbindendes Globulin (CBG, Transcortin) und Albumin gebunden, nur 5-10% des Hormons zirkuliert frei (KIRSCHBAUM AND HELLHAMMER, 1989). Aufgrund der geringen Molekülgröße und der guten Löslichkeit in lipidhaltigen Zellmembranen kann Kortisol passiv durch die Speicheldrüsenzellen in den Speichel diffundieren. Dabei stellt die Plasmakonzentration des freien Hormons den Konzentrationsgradienten dar, der die Diffusion durch die Epithelmembran ermöglicht (VINING AND MCGINLEY, 1987; KIRSCHBAUM AND HELLHAMMER, 1989; QUISSELL, 1993; BEERDA ET AL. 1996). Speichelkortisolwerte reflektieren die freie und biologisch wirksame Fraktion des Gesamt-Kortisols im Plasma (KIRSCHBAUM UND HELLHAMMER, 1989; VINCENT ET AL., 1992; KOLB ET AL., 1993; QUISSELL, 1993).

Beim Menschen liegt die Transferzeit, in der freies Kortisol in den Speichel gelangt, unter 5 min (VINING AND MCGINLEY, 1983, 1987; KIRSCHBAUM UND HELLHAMMER, 1989). BEERDA ET AL. (1996) konnten bei Hunden keine Verzögerung der Kortisolreaktion im Speichel in Relation zum Plasma beobachten. Bei den Hunden von VINCENT AND MICHELL (1992) wurden maximale Kortisolwerte nach ACTH-Injektion im Speichel später erreicht als im Plasma. Außerdem war der prozentuale Anstieg gegenüber dem Ruhewert im Speichel stärker ausgeprägt als im Plasma. Die durchschnittliche Halbwertszeit von Kortisol im Speichel wird mit 58 bis 113 min angegeben (HIRAMATSU, 1981; EVANS ET AL., 1984).

Eine Korrelation zwischen Gesamtplasmakortisol, bzw. freiem Kortisol im Plasma und Speichelkortisol wurde bei Menschen (Vining et al., 1983; Kirschbaum and Hellhammer, 1989), Schweinen (Parrott et al., 1989; Parrott and Misson, 1989; Schönreiter, 1996), Schafen (Fell et al., 1985), Ziegen (Greenwood and Shutt, 1992) und Rindern (Taschke, 1995) dokumentiert. Vincent and Michell (1992) und Beerda et al. (1996) konnten bei Hunden eine signifikante Korrelation der Kortisolkonzentration im Plasma und im Speichel nachweisen. Die Kortisolkonzentration im Speichel betrug 5-12% des Gesamt-Plasmakortisolspiegels.

Vom Menschen ist bekannt, dass Steroidhormone während der transzellulären Bewegung durch das Speicheldrüsenepithel durch gemischtfunktionelle Oxidasen in ihrer chemischen Struktur verändert werden können (Quissel, 1993). Durch die 11- $\beta$ -Hydroxysteroid-Dehydrogenase findet beim Menschen eine Konversion von Kortisol zu Kortikosteron statt. Dadurch können die ohnehin geringen Kortisolmengen im Speichel auf bis zu 50% der freien Kortisolfraktion im Plasma reduziert werden (Umeda et al. 1981; Vining and McGinley, 1987; Laudat et al. 1988; Kirschbaum and Hellhammer, 1989). Weiterhin kann Kortisol durch orale Bakterien metabolisiert werden (Quissel, 1993).

In verschiedenen wissenschaftlichen Studien wurde beim Mensch, beim Schaf und beim Schwein eine Unabhängigkeit der Speichelkortisol-Konzentration von der Speichelflussrate nachgewiesen. Die Diffusionsgeschwindigkeit von Kortisol ist hoch genug, um das Konzentrationsgleichgewicht zwischen Plasma- und Speichelkortisol aufrechtzuerhalten (Ferguson et al., 1980; Guehot et al., 1982; Al-Ansari et al., 1982; Riad-Fahmy et al., 1982; Vining and McGinley, 1983; Fell et al., 1985; Vining and McGinley, 1987; Walker et al., 1989; Parrott et al. 1989; Kirschbaum and Hellhammer, 1989). Da Beerda et al. (1996) in ihrer Untersuchung mit Hunden eine lineare Beziehung zwischen Plasma- und Speichelkortisolkonzentration feststellten, hielten sie einen nennenswerten Einfluss der Speichelflussrate auf die Speichelkortisol-Konzentration für unwahrscheinlich.

Die Bestimmung des Kortisols im Speichel stellt eine einfache, nicht invasive Alternative zur Plasmakortisolmessung dar. Messergebnisse werden weniger beeinflusst und da die Probenentnahme stressfreier ist, kann die Probenfrequenz erhöht werden (Vincent et al., 1992; Beerda et al., 1996). Die Kortisolkonzentration in Körperflüssigkeiten allein kann die Einwirkung von Stress weder beweisen noch ausschließen. In Kombination mit anderen Parametern wie Verhaltensbeobachtungen oder kardiovaskulären Veränderungen liefert sie jedoch wertvolle Hinweise (Vincent and Michell, 1992). Die Konzentration des Speichelkortisols reagiert langsamer als die Herzfrequenz oder das Verhalten, dafür sind die

Veränderungen im Speichel länger nachweisbar (VINCENT AND MICHELL, 1992, VINCENT ET AL., 1993; BEERDA ET AL., 1997).

### **2.12.3 Belastungsphysiologie und Verhalten in der Erholungszeit**

Unter physischen und psychischen Stressbedingungen wird die Kortisolsekretion erhöht (KIRSCHBAUM UND HELLHAMMER, 1989; KOLB, 1993; BEERDA ET AL., 1997; KOLB UND SEEHAWER 2002). Kortisol ist wichtig für die Energiebereitstellung, um in Stresssituationen sinnvoll reagieren zu können. Die Glukoneogenese in den Hepatozyten wird gesteigert und ermöglicht dadurch besonders bei starker körperlicher Arbeit wie bei Schlittenhunderennen die Erhaltung eines normalen Blutglukosespiegels. Hypoglykämie löst sehr schnell eine Stimulation der Kortisolsekretion aus (KOLB, 1993; BEERDA ET AL., 1996).

#### **Kortisolkonzentration nach psychischer Belastung**

BEERDA ET AL. (1998) beobachteten in ihrer Untersuchung über akuten psychischen Stress eine Aufspaltung der Speichelkortisolreaktion. Diese war davon abhängig, ob Stressstimuli in einem sozialen Kontext standen und vorhersehbar waren oder nicht. Nur bei plötzlichen und nichtsozialen Stimuli (Lärm, Elektroschock) konnte eine Speichelkortisolreaktion festgestellt werden. In anderen Arbeiten konnten auch beim Transport von Hunden (KUHN ET AL., 1991; LEADON AND MULLINS, 1991; BEERDA ET AL., 1997), bei Zwangsmaßnahmen (FRANK ET AL., 1992), und umgebungsabhängig in einer Veterinärklinik (VIAL ET AL., 1979; BEERDA ET AL., 1997) und bei der Haltung in einem Tierheim (HENESSY ET AL., 1997) erhöhte Kortisolwerte nachgewiesen werden. Die Speichelkortisolwerte nach psychischem Stress zeigten einen bis zu 10-fachen Anstieg und erreichten nach 10-30 min ein Maximum (VINCENT AND MICHELL, 1992; BEERDA ET AL. 1997, 1998).

#### **Kortisolkonzentration nach physischer Belastung**

Über die Kortisolkonzentration nach physischer Belastung existieren kontroverse Aussagen. Nach einem 1600 km langen Schlittenhunderennen konnten HINCHCLIFF ET AL. (1993) keine signifikante Veränderung des Plasmakortisolspiegels feststellen (70,7 nmol/l). Sie schlossen daraus, dass die Hunde durch die Teilnahme nicht schwer gestresst waren. Im Gegensatz dazu berichteten HAMMEL ET AL. (1977) nach einem 20 km Schlittenhunderennen von einem signifikanten Anstieg der Plasmacortikosteroide (141,9 nmol/l). FOSS ET AL. (1971) stellten bei Laufbandbelastung von Hunden eine Abhängigkeit der Plasma-Glukokortikoidlevel vom

Grad der körperlichen Beanspruchung fest. Bei leichter bis mittlerer Arbeitsintensität auf dem Laufband zeigte der freie Kortisolspiegel im Plasma nur einen leichten Anstieg. Bei starker Arbeitsbelastung fand ein signifikanter linearer Anstieg des Plasmakortisols statt (146,3 nmol/l), der bei erschöpfender Laufleistung weiter anstieg (Maximum 220 nmol/l).

PALAZZOLO AND QUADRI (1987) stellten bei Hunden nach einer einstündigen Kältebelastung von -5°C einen signifikanten Anstieg der Plasmakortisol-Konzentration um 280% der Ruhewerte fest. Bei Umgebungstemperaturen von 22°C, 10°C oder 4°C veränderte sich die Kortisolkonzentration hingegen nicht.

**Tabelle 13:** Literaturangaben der mittleren Kortisolkonzentration im Speichel von Hunden nach Stresseinwirkung.

<b>Stimulus</b>	<b>Speichelkortisol (nmol/l)</b>	<b>Autor</b>
ACTH-Injektion	41,9	Vincent and Michell, 1992
Hypoglykämie	22,0	Beerda et al., 1996
Lärm	9-24	Beerda et al., 1996,1997 Beerda et al., 1998
Transport	37,4	Beerda et al., 1997
Niederdrücken durch eine Person	6,0	Beerda et al., 1998
Öffnen eines Regenschirms	6,0	
Niederziehen durch eine Person	16,7	
Fallenlassen einer Tasche	13,0	
Applikation eines Elektroschocks	15,5	

### **Kortisolkonzentration in der Erholungszeit**

Die Speichelkortisolkonzentration erreichte in vielen Untersuchungen erst nach Belastungsende bzw. nach Ende einer Stressoreinwirkung Maximalwerte. VINCENT AND MICHELL (1992) berichteten, dass maximale Speichelkortisolwerte erst nach 30 min Lärmexposition eintraten und diese bis etwa 30 min nach Ende der Stressoreinwirkung beibehalten wurden.

Nach psychischer Belastung konnte eine Normalisierung der Speichelkortisolwerte innerhalb von 60 min nach Ende der Stressoreinwirkung beobachtet werden (BEERDA ET AL., 1998).

Gesicherte Daten für Regenerationszeiten nach physischer Belastung liegen bei Hunden nicht vor. Jedoch waren die Plasmakortisolspiegel bei den Untersuchungen von FOSS ET AL. (1971) und HAMMEL ET AL. (1977) 30 min nach Belastungsende immer noch signifikant erhöht (184,9 nmol/l bzw. 112,3 nmol/l).

## **2.13 Ethologische Parameter**

### **2.13.1 Stress und Verhalten**

Verhaltensänderungen zeugen von einer Interaktion eines Lebewesens mit umweltbedingten Stressoren (STEPHENS ET AL., 1980). Auch der Hund ändert sein Verhalten, wenn er seine Umwelt in positiver oder negativer Form erlebt. Verschiedene äußere Einflüsse wie körperliche Belastung, spezielle Haltungsformen (SIGG UND TOBLER, 1986; HETTS ET AL., 1992; HUBRECHT ET AL., 1992; BEBAK AND BECK, 1993; HENESSY ET AL., 1998; BEERDA ET AL., 1999) und Ausbildungsmethoden (MARX, 1975; SCHWIZGEBEL, 1982; OGBURN ET AL., 1998) können Stresssituationen für einen Hund darstellen und spezifische Verhaltensmuster hervorrufen. Die Verhaltensbeobachtung ermöglicht die Identifikation von fehlendem Wohlbefinden (BEERDA ET AL. 1997, 1998).

Ethologische Parameter sind nicht invasive und einfach messbare Parameter zur Identifikation von Stress (VINCENT ET AL., 1992; BEERDA ET AL., 1997, 1998). Verhaltensänderungen können fast unmittelbar nach Konfrontation mit einem Stressor registriert werden. Die gleichzeitige Auswertung der Speichelkortisol-Konzentration und der Herzfrequenz unterstützen die Interpretation von Verhaltensweisen (VINCENT AND MICHELL, 1992; VINCENT ET AL. 1993; BEERDA ET AL., 1998). Allerdings konnten BEERDA ET AL. (1998) keine signifikante Korrelation zwischen ethologischen und physiologischen Stressparametern nachweisen.

### **2.13.2 Verhalten nach Belastung und in der Erholungszeit**

Nach der Konfrontation mit verschiedenen Stressoren wurde von einer Vielzahl von Verhaltensreaktionen bei Hunden berichtet. Trotz individueller Variabilität zeigten vermehrte Vokalisation und submissive Verhaltenselemente, wie Maullecken, Pföteln oder eine geduckte Körperhaltung, dass Hunde sich in einer Stresssituation befinden. Starker Stress veranlasst Hunde zudem Verhaltensweisen zur Thermoregulation (gesteigerte Salivation, Hecheln) zu zeigen (BEERDA ET AL., 1997).

#### **Verhalten nach psychischer Belastung**

In der Literatur existieren diverse Untersuchungen, die sich mit der Auswirkung von akutem psychischem Stress auf das Verhalten beschäftigten. BEERDA ET AL. (1998) beobachteten in ihren Untersuchungen nach der Konfrontation mit aversiven akuten Stressstimuli eine

Aufspaltung der Verhaltens- und Kortisolreaktion. Nach der Einwirkung nicht sichtbarer Stimuli (Lärm, Elektroschock) zeigten die Hunde eine Speichelkortisolreaktion in Kombination mit einer extrem geduckten Körperhaltung. Nach sichtbaren Stimuli (Niederdrücken durch eine Person) konnte keine Kortisolreaktion, aber Ruhelosigkeit, eine mäßig geduckte Körperhaltung und Übersprungshandlungen, wie sich Schütteln, Gähnen oder Hecheln beobachtet werden. Aus ihren Ergebnissen schlossen BEERDA ET AL. (1998), dass eine geduckte Körperhaltung mit gleichzeitiger Speichelkortisolreaktion intensiven akuten Stress anzeigte. Weitere ethologische Anzeichen für Stress waren Hyperventilation, dilatierte Pupillen, angespannte somatische und faziale Muskeln (VINCENT AND MICHELL, 1992; VINCENT ET AL., 1993).

BEERDA ET AL. (1997) beobachteten bei Versuchshunden nach Lärm-Exposition ethologische Veränderungen, die jedoch nicht mit der Lärmstärke oder -dauer korreliert waren. Während eines akustischen Reizes mit einer Lautstärke von 95 dB zeigten die Hunde kurzfristig Maullecken, Pfoteheben und sich Schütteln und über einen längeren Zeitraum eine geduckte Körperhaltung. Gleichzeitig stiegen die Herzfrequenz und die Kortisolkonzentration an. Auch bei einer geringeren Lautstärke zeigten die Hunde eine geduckte Körperhaltung. Die Herzfrequenz und Kortisolkonzentration blieben unverändert. Daher bewerteten BEERDA ET AL. (1997) das Verhalten als sensitiveren Stressindikator als andere physiologische Parameter. Im Hundesportbereich wird insbesondere in Erwartung des Arbeitsbeginns psychischer Stress beobachtet. Durch gesteigerte sympathische Aktivität z.B. bei aufgeregten Greyhounds in Startposition auf der Rennbahn, ist eine Splenokontraktion mit Veränderung einiger Blutvariablen und ein Anstieg der Herzfrequenz zu beobachten (READY AND MORGAN, 1984; ILKIW ET AL., 1989; TOLL ET AL., 1995). Bereits das Anspannen im Schlittengeschirr mit den anderen Hunden veranlasste Huskies zu aufgeregtem oder ängstlichem Verhalten. In Erwartung des bevorstehenden Rennstartes, zogen die Schlittenhunde an der Leine und kratzten am Boden. Sie machten wiederholt Fehlstarts und versuchten loszulaufen (VAN CITTERS AND FRANKLIN, 1969).

### **Verhalten nach physischer Belastung**

Während körperlicher Anstrengung beschränkten sich Verhaltensbeobachtungen meist auf die Definition einer maximalen Arbeitsleistung bzw. Anzeichen einer Erschöpfung. Wenn die Hunde stark hechelten und Leistungsverweigerung oder einen Geschwindigkeitsabfall zeigten war deren maximale Leistungskapazität erreicht. YOUNG ET AL. (1959), KOZLOWSKI ET AL. (1985) und SNEDDON ET AL. (1989) bezeichneten die Hunde als maximal erschöpft, wenn sie

nicht länger in der Lage waren, der Geschwindigkeit des Laufbands zu folgen. Ermüdungsanzeichen wie Stolpern, Anspannen der Leine, Zurückfallen und manchmal Zusammenbruch und Kollaps begleiteten diesen Status. Die Hunde mussten ständig aufgemuntert werden, um die letzten Minuten auf dem Laufband durchzuhalten. In ähnlicher Weise bezeichneten HASTINGS ET AL. (1982) den Zeitpunkt als Erschöpfung, ab dem die Hunde anfangen, auf dem Laufband zu schwanken.

Eine weitere Leistungsfähigkeit wird angenommen, wenn die Hunde keinen Leistungsabfall zeigen und noch bereit sind, ihre Arbeit fortzusetzen. Bei MATWICHUK ET AL. (1999) waren Retriever nach 10-minütiger Apportierarbeit deutlich ermüdet und hechelten stark. Dennoch waren die Hunde begierig weiterzuarbeiten und beim Apportieren konnte nur ein geringer Abfall in der Laufgeschwindigkeit festgestellt werden.

Die meisten Schlittenhunde in der Studie von VAN CITTERS AND FRANKLIN (1969) zeigten nach Abschluss eines Rennens kaum Ermüdungsanzeichen. VAN CITTERS AND FRANKLIN (1969) beobachteten aber auch Hunde, die infolge der starken Anstrengung kollabierten, niederfielen und sich weigerten weiterzulaufen. Nach entsprechender Aufforderung liefen sie noch eine kurze Strecke und kollabierten danach erneut.

### **Verhalten in der Erholungszeit**

Nach Ende der Stressoreinwirkung normalisiert sich das Verhalten im Gegensatz zu anderen Parametern sehr schnell. VINCENT AND MICHELL (1992) berichteten, dass das Verhalten 10 min nach Ende einer Stressoreinwirkung (Lärm) bereits entspannt wirkte, wohingegen die Herzfrequenz und die Speichelkortisol-Konzentration noch verändert waren.

### 3. MATERIAL UND METHODEN

#### 3.1 Hunde

Die Untersuchungen wurden an 22 Hunden der Lawinhundestaffel der Bergwacht Bayern, Abschnitte Hochland und Allgäu vorgenommen. Der Großteil der Hunde war männlich und gehörte der Rasse Deutscher Schäferhund an. Die Schulterhöhe der Hunde lag durchschnittlich bei 61,8 cm und das mittlere Körpergewicht betrug 34,6 kg. Alle Hunde wurden regelmäßig geimpft und entwurmt.

Alle Hunde hatten zum Zeitpunkt der Untersuchung die Lawinhundeprüfung abgelegt und 20 Hunde die Rettungshundeprüfung (*siehe Tabelle 14*).

**Tabelle 14:** Rasse, Alter, Geschlecht, Schultermaß, Körpergewicht und Ausbildungsstand der untersuchten Rettungshunde. Die Hunde absolvierten als Junghunde mit dem A-Kurs die Grundausbildung. Nach Bestehen der B-Prüfung 1 Jahr später galten Hund und Hundeführer als einsatzbereites Team. Es folgten jährlich zu wiederholende C-Prüfungen.

Hund Nr.	Name	Rasse	Alter (Jahre)	Geschlecht	Schultermaß (cm)	KGW (kg)	Ausbildungsstand
1	Wolfi	DSH	1	Rüde	66	40	A-Kurs
2	Aiko II	DSH	1,5	Rüde	63	30	A-Kurs
3	Drigon	DSH	2	Rüde	67	45	A-Kurs
4	Ronco	Hovawart-Mischl.	2,5	Rüde, kastr.	58	28	A-Kurs
5	Xeno	DSH	3	Rüde	64	34	B-Kurs
6	Jeff	DSH	3	Rüde	64	34	B-Kurs
7	Oskar	großer Mischl.	4	Rüde	65	50	B-Kurs
8	Zari	DSH	4	Rüde	71	49	C-Kurs
9	Jake	DSH	4	Rüde	64	32	C-Kurs
10	Joe	DSH	6,5	Rüde	66	39	B-Kurs
11	Aiko I	DSH	7,5	Rüde	65	40	C-Kurs
12	Xando	DSH	8	Rüde	65	38	C-Kurs
13	Jimmy	Gordon Setter	8,5	Rüde	62	26	B-Kurs
14	Droll	DSH	8,5	Rüde, kastr.	65	46	C-Kurs
15	Lauser	DSH	11	Rüde, kastr.	63	42	C-Kurs
16	Micky	DSH	3,5	Hündin, kastr.	55	28	B-Kurs
17	Shila	Collie	5	Hündin, kastr.	55	24	B-Kurs
18	Hexe	DSH-Mischl.	5,5	Hündin	56	26	C-Kurs
19	Gordi	Gordon Setter	6	Hündin, kastr.	65	32	C-Kurs
20	Kira	Appenz.-Mischl.	8	Hündin, kastr.	40	24	C-Kurs
21	Laika II	Husky-DSH	10	Hündin, kastr.	61	26	C-Kurs
22	Laika I	DSH	11	Hündin, kastr.	60	28	C-Kurs
<b>M</b>			5,6		61,8	34,6	
<b>SD</b>			3,1		6,3	8,3	

## **3.2 Versuchsaufbau und Versuchsablauf**

### **3.2.1 Allgemein**

Die Untersuchungen wurden in einen Sommerdurchgang mit einer standardisierten Flächen- und Trümmersuche und einen Winterdurchgang mit einer standardisierten Lawinensuche untergliedert. Zudem wurde im Sommer eine Laufbelastung neben dem Rad und im Winter eine Laufbelastung neben den Skiern durchgeführt. Die Laufbelastungen wurden durchgeführt, um die Laufbelastung von der Belastung durch die Nasenarbeit bei der Suche unterscheiden zu können. Insgesamt wurde jeder Hund in 4 verschiedenen Belastungssituationen untersucht.

Der Versuchsablauf war bei allen 4 Belastungssituationen identisch. Vor Beginn der Probennahmen bekam jeder Hund mindestens 30 min Zeit zur Akklimatisation an die Umgebung. Während dieser Zeit wurde eine kurze klinische Allgemeinuntersuchung durchgeführt und der Herzfrequenzelektroden gurt angelegt und eingeschaltet. Alle Hunde wurden als klinisch gesund beurteilt.

Nach einer 20-minütigen Belastungsphase (Such- oder Laufbelastung) folgte eine 20-minütige Pause und anschließend eine erneute 20-minütige Belastungsphase (Such- oder Laufbelastung). Anschließend erhielt jeder Hund 2 h Zeit zur Erholung.

Die Versuche begannen im Sommerdurchgang stets vormittags zwischen 8 und 9 Uhr. Der Beginn der Versuche im Winter verzögerte sich aufgrund extremer Wetterbedingungen (Lawinensprengungen u.a.) teilweise, so dass die Versuche zwischen 9 und 11 Uhr starteten.

### **3.2.2 Sommerdurchgang**

Die kombinierte Flächen- und Trümmersuche und die Laufbelastung neben dem Rad wurden in Farchant bei Garmisch-Partenkirchen (Höhenlage ca. 700 m) durchgeführt. Der Untersuchungszeitraum der kombinierten Flächen- und Trümmersuche und der Laufbelastung neben dem Rad erstreckte sich von August bis November 2001 und Juni bis August 2002.

#### **Standardisierte Flächen- und alpine Trümmersuche**

Alle Hunde mussten dieselbe Fläche (ca. 15.000 m<sup>2</sup>) absuchen. Der dabei von den Hunden zu bewältigende Höhenunterschied lag bei etwa 50 m. Der 1. Abschnitt (Gebiet 1) führte in einem steinigem Bachbett, das im Untersuchungszeitraum kein Wasser führte, bergauf. Im oberen Abschnitt befanden sich große teils 3 m hohe Felsbrocken, die zur Simulation der alpinen Trümmersuche dienten. Der 2. Abschnitt (Gebiet 2) führte über eine Viehweide

bergab und entsprach der Flächensuche. Die Weide wurde seitlich von Büschen, Bäumen und Sträuchern begrenzt und im unteren Bereich befanden sich mehrere freistehende Bäume.

Die oben beschriebene Fläche musste von jedem Hund zweimal in jeweils 20 min abgesucht und die dort versteckten Figuranten angezeigt werden. Pro Durchgang versteckte sich eine Person im Gebiet 1 und eine Person im Gebiet 2 (*siehe Abbildung 42*).

Die Positionen der zu suchenden Personen im Gebiet 1 waren:

- zwischen den großen Felsbrocken sitzend
- in einer im Bachbett vergrabenen Röhre liegend

Die Positionen der versteckten Personen im Gebiet 2 waren:

- in einem Graben liegend im Gebüsch
- auf einem einzeln stehenden Baum sitzend

Die Figuranten versteckten sich ca. 30 min vor Beginn jeder Suche.

### **Standardisierte Laufbelastung am Fahrrad**

Alle Hunde mussten dieselbe Strecke neben dem Rad laufend zurücklegen. Die Laufstrecke betrug etwa 4 km, war bis auf einige Anstiege (<3%) eben und verlief auf einem asphaltierten Weg. Um sicherzustellen, dass alle Hunde mit einer ähnlichen Geschwindigkeit liefen, wurde das Fahrrad mit einem Fahrradcomputer ausgestattet und die Hundeführer wurden angewiesen, mit einem gleichmäßigen Tempo von 8-12 km/h zu fahren.

### **3.2.3 Winterdurchgang**

Die Lawinensuche und die Laufbelastung neben den Skiern wurden auf dem Zugspitzplatt (Höhenlage ca. 2600 m) durchgeführt. Der Untersuchungszeitraum der Lawinensuche und der Laufbelastung im Winter erstreckte sich von November 2001 bis Mai 2002.

### **Standardisierte Lawinensuche**

Wegen den teilweise extremen Wetterbedingungen und der damit verbundenen akuten Lawinengefahr konnte nicht für alle Hunde dasselbe Gebiet für die standardisierte Lawinensuche verwendet werden. Jedoch lag das abzusuchende Schneefeld stets auf der Höhe von 2600 m und betrug ca. 20.000 m<sup>2</sup>. Mit Hilfe einer Schneeraupe wurde das abzusuchende Feld weitgehend planiert, so dass die Hunde nur stellenweise im Tiefschnee laufen mussten.

Das ausgewählte Schneefeld musste von jedem Hund zweimal in jeweils 20 min abgesucht und pro Durchgang eine etwa 1,5-2,0 m tief vergrabene Person unter der Schneeoberfläche angezeigt werden.

### **Standardisierte Laufbelastung neben den Skiern**

Alle Hunde hatten dieselbe Strecke neben den Skiern laufend zurückzulegen. Die Laufstrecke von 2 km verlief auf einem von Pistenraupen planierten Hangstück mit einer Steigung von etwa 10-25%. Der Hang wurde von den Hundeführern (mit Tourenski und Fellen) und den Hunden hinaufgelaufen und dann abgefahren.

### **3.3 Erfassung von Klimafaktoren**

Die Klimadaten wurden im Winter von der Wetterstation auf der Zugspitze übernommen bzw. im Sommer mithilfe eines Thermohygrographen erfasst.

Die Umgebungstemperatur im Sommer betrug durchschnittlich 17,2°C (8,6 bis 26,2°C). Ein maximal gemessener Einzelwert der Umgebungstemperaturen der 19 Versuchstage im Sommer erreichte 34°C. Die Relative Luftfeuchte lag im Bereich von 64,0 bis 99,5% und betrug durchschnittlich 81,1%.

Die niedrigste gemessene Umgebungstemperatur an den 21 Versuchstagen im Winter lag bei -17,9°C, durchschnittlich betrug sie -8,1°C. Die mittlere relative Luftfeuchte lag bei 83% (49 bis 100%) und die maximal gemessene Windgeschwindigkeit betrug 157,3 km/h.

### **3.4 Erfassung der Parameter und Probenanalyse**

Die Probennahmen erfolgten in Ruhe, während der Belastung, direkt nach den Belastungen und zu verschiedenen Erholungszeitpunkten. Die Reihenfolge der Probennahmen war immer gleich. Zuerst wurde die Speichelprobe entnommen, dann wurde die Körpertemperatur gemessen und zuletzt erfolgte die Blutentnahme. Eine Probennahme ohne Blutentnahme erforderte etwa 5 min, mit Blutentnahme erhöhte sich die Zeit auf etwa 10 min. Bei den 22 Hunden wurden insgesamt 264 Blutentnahmen, 528 Temperaturmessungen und 616 Speichelproben durchgeführt.

#### **3.4.1 Herzfrequenz**

**Messzeitpunkt:** Die Herzfrequenz wurde kontinuierlich über den gesamten Versuchszeitraum beginnend 30 min vor dem Start bis 2 h nach Ende der Belastung aufgezeichnet.

**Messtechnik:** Während der Versuche trugen die Hunde mit einem elastischen Gurt befestigte Elektroden des umgearbeiteten Polar Accurex Plus™ (Fa. Polar Electro Oy, Kempele, Finnland), die eine kontinuierliche telemetrische Registrierung und Speicherung der Herzfrequenz pro Minute (beats per minute: bpm) ermöglichten. Der Polar Sendergurt wurde, zu einem Geschirr verarbeitet, eng anliegend unmittelbar hinter der Achsel getragen und

sendete Signale an den Empfänger in Form einer am Gurt befestigten Armbanduhr. Der Elektrodengurt lag zu  $\frac{3}{4}$  auf der linken Körperseite, so dass eine Elektrode auf Höhe des Herzens und die andere auf Höhe des Lungenfeldes zu liegen kam. Um den nötigen Kontakt zwischen Elektroden und Haut herzustellen, wurde der Gurt sowie die darunter liegende Haut mit Gleitgel (Fa. Heiland, Hamburg) bestrichen. Anschließend wurde die Umgebung mit Wasser besprüht. Auch während des Versuchs wurde das Fell wiederholt befeuchtet. Der maximal messbare Herzfrequenzbereich des Gerätes lag zwischen 10 und 240 bpm. Die kodierte Messung erfolgte im 5 sec-Intervall.

**Probenanalyse:** Die auf der Armbanduhr gespeicherten Daten wurden mithilfe des Polar Interface Plus<sup>TM</sup> und der Polar Training Advisor<sup>TM</sup> Software 1999 (Fa. Polar Electro Oy, Kempele, Finnland) auf den Computer übertragen. Anschließend wurden die Datentabellen in das Computer-Programm Excell<sup>®</sup>2000 (Fa. Microsoft, Redmond, WA, USA) kopiert, um die spätere statistische Auswertung zu ermöglichen. Die auf der Armbanduhr gespeicherte Uhrzeit wurde vor Testbeginn mit den Videoaufzeichnungen synchronisiert.

Zunächst wurden mithilfe einer Kodierung der Herzfrequenzaufzeichnung Mittelwerte aus 14 verschiedenen Zeitabschnitten (Ruhe-, Belastungs-, Erholungsphasen, Probennahmen) berechnet (*siehe Tabelle 15*). Die Abschnitte der Probennahme beinhalteten die Herzfrequenz einschließlich des Abholens und Bringens der Hunde auf ihren Ruheplatz. Aus den Abschnitten des 1. und 2. Belastungsdurchgangs, der 20-minütigen Pause und der ersten 30 min Erholungszeit wurden für die Detailbetrachtung Mittelwerte aus jeweils 5 min, aus den letzten 1,5 h der Erholungszeit Mittelwerte aus jeweils 15 min gebildet. Die Probennahmen wurden nicht weiter unterteilt.

Weiterhin wurde während der beiden Belastungsdurchgänge die durchschnittliche Herzfrequenz in dem Zeitabschnitt, in dem die Figuranten von den Hunden gewittert, gefunden und angezeigt wurden einschließlich der daran anschließenden Belohnung ermittelt. Im Sommer waren dies pro Durchgang 2 Figuranten, im Winter pro Durchgang 1 Figurant. Weiterhin wurden Mittelwerte aus den 2 min vor und nach der Anzeige gebildet, um den späteren Vergleich mit der unmittelbaren zeitlichen Umgebung zu ermöglichen.

Als Artefakte bzw. Ausfall der Messung wurden Bereiche identifiziert und von der weiteren Auswertung ausgeschlossen, wenn die Herzfrequenzmessung den Wert „0“ anzeigte oder in unmittelbarer Umgebung eines Ausfalls ungewöhnlich hohe oder niedrige Herzfrequenzwerte auftraten.

### 3.4.2 Rektale Körpertemperatur

**Messzeitpunkt:** Die rektale Körpertemperatur wurde zu 6 Zeitpunkten gemessen:

- 10 min vor dem Start in der Ruhephase (T0)
- unmittelbar nach der ersten 20-minütigen Belastung (T1)
- im Anschluss an die 20-minütige Pause (T2)
- unmittelbar nach der zweiten 20-minütigen Belastung (T3)
- nach 1 h Erholung (T5)
- nach 2 Stunden Erholung (T6)

**Messtechnik:** Die Temperatur wurde durch die rektale Messung der Körpertemperatur (°C) ermittelt (Thermometer Fa. Hartmann, Heidenheim). Für jeden Hund wurden Einmalhüllen (Fa. Heiland, Hamburg) verwendet, um ein Infektionsrisiko auszuschließen. Die digitale Anzeige des Messwertes benötigte etwa 1 min.

### 3.4.3 Blutparameter

**Zeitpunkt der Probennahme:** Blutentnahmen erfolgten zu 3 Zeitpunkten:

- 10 min vor dem Start in der Ruhephase (T0)
- unmittelbar nach der zweiten 20-minütigen Belastung (T3)
- nach 2 Stunden Erholung (T6)

**Probennahme:** Die Blutentnahme erfolgte nach Rasur und Desinfektion (Sterilium<sup>®</sup>, Fa. Bode, Hamburg) durch Punktion der gestauten *V. cephalica antebrachii* bzw. der *V. saphena* mit Einmalinjektionskanülen (Sterican<sup>®</sup>, Gr.12, 0,7 x 30 mm, Fa. Braun, Melsungen). Das venöse Blut wurde in einer 3 ml Plastikspritze mit lyophilisiertem Lithium-Heparin aufgezogen. Ein spontan abfließender Tropfen Blut wurde auf einen Laktatteststreifen (Accutrend<sup>®</sup> Lactate, Fa. Roche Diagnostics, Mannheim) aufgebracht.

#### **Probenanalyse:**

Im Blut wurden folgende Parameter bestimmt:

- Hämatologische Werte und Proteine: Hämatokrit (Hkt) , Hämoglobinkonzentration (Hb), Gesamtprotein- (TP), Albumin- (Alb) und Globulinkonzentration (Glob)
- Nierenparameter: Harnstoff- (BUN) und Kreatininkonzentration (Krea)
- Leberparameter: Bilirubin- (Bil) und Cholesterinkonzentration (Chol), sowie Aktivität der Alkalischen Phosphatase (AP) und der Alanin-Amino-Transferase (ALT)
- Glukosekonzentration (Glu)
- Muskelparameter: Kreatinkinase-Aktivität (CK) und Laktatkonzentration (Lak)

- Blutgasanalyse, sowie Säure-Basen-Haushalt: pH-Wert, Bikarbonatkonzentration ( $\text{HCO}_3^-$ ), Basenexzess (BE) und Partialdruck von Sauerstoff ( $\text{pO}_2$ ) und Kohlendioxid ( $\text{pCO}_2$ )

Mit einem Blutgasanalysegerät (CIBA-Corning 288 Bloodgas System®, Fa. Bayer, Leverkusen) erfolgte die Bestimmung von Hkt, Hb, pH,  $\text{pCO}_2$ ,  $\text{pO}_2$ ,  $\text{HCO}_3^-$ , BE.

Das aus der Humanmedizin stammende Accutrend Lactate®-Gerät (Fa. Roche Diagnostics, Mannheim) diente zur quantitativen Laktatbestimmung im Bereich von 0,8-22 mmol/l. Nach Auftragen eines etwa linsengroßen Tropfens errechnete es über eine Farbreaktion reflexionsphotometrisch die Blutlaktatwerte. Vor dem Anbruch jeder neuen Packung wurde das Gerät auf die Teststreifen kodiert und mindestens einmal pro Versuchstag erfolgte eine Funktionskontrolle mit Kontrollstreifen. Das Gerät arbeitet in einem Temperaturbereich von 5 bis 35°C. Im Winter war daher ein Temperieren des Gerätes durch Warmhalten bis unmittelbar vor der Messung nötig.

Die Bestimmung von TP, Alb, Glob, BUN, Krea, AP, ALT, Chol, Bil und Glu erfolgte mit speziellen Rotoren (Diagnostic Profil Plus®) des VetScan® (Abaxis Inc., Darmstadt).

Mithilfe des Reflotron® (Fa. Roche Diagnostics, Mannheim) erfolgte die quantitative Bestimmung der CK-Aktivität (IU/l) aus Heparinblut.

Alle Blutanalysen wurden in einem am Versuchsort stationär untergebrachten Labor ausgewertet.

#### **3.4.4 Endokrine Parameter**

**Zeitpunkt der Probennahme:** Die Entnahme der Speichelproben erfolgte zu 7 Zeitpunkten:

- 10 min vor dem Start in der Ruhephase (T0)
- unmittelbar nach der ersten 20-minütigen Belastung (T1)
- im Anschluss an die 20-minütige Pause (T2)
- unmittelbar nach der zweiten 20-minütigen Belastung (T3)
- nach 30 min Erholung (T4)
- nach 1 h Erholung (T5)
- nach 2 h Erholung (T6)

**Probennahme:** Zur Speichelgewinnung wurden Wattestäbchen aus 50% Watte und 50% Viskose (Fa. Hartmann, Heidenheim) verwendet. Die Speichelsammlung erfolgte durch Ausstreichen der Lefzen- und Backentaschen, sowie durch vorsichtiges Drehen eines Wattestäbchens unter der Zunge. Zusätzlich wurden die Hunde ermutigt auf der Watte

herumzukauen, damit sich auch das Innere des Wattestopfens mit Speichel vollsaugte und um den Speichelfluss anzuregen. Bei Bedarf erfolgte eine geruchliche Stimulation durch Vorhalten einer Belohnung mit starkem Eigengeruch, um die Salivation anzuregen. Es wurde darauf geachtet, dass eine Belohnung durch Futter erst nach beendeter Speichelgewinnung stattfand, um eine Verunreinigung des Speichels durch Futterreste zu vermeiden. Anhand von Vorversuchen ergab sich eine „Mindestkaudauer“ von 2 min, um eine Menge von 200 µl inklusive einer Sicherheitsspanne für die Probenanalyse zu erhalten. Nach Abschneiden des Stäbchens wurde die vollgesaugte Watte in das Außenteil einer 5-ml-Einmalspritze gesteckt. Das Spritzenaußenteil wurde wiederum in einem Polypropylenröhrchen (PP-Röhrchen) versenkt.

Die Proben wurden anschließend zugeklebt und während des Transportes zum stationären Labor (ca. 10 min) auf Eis gekühlt. Im Labor wurden die Speichelproben bei 3700 g 10 min lang bei 4°C zentrifugiert (Zentrifuge; EBA 12R; Fa. Hettich, Tuttlingen), um den in der Watte enthaltenen Speichel in das PP-Röhrchen zu verbringen. Der Speichel wurde daraufhin in Eppendorf-Gefäße pipettiert, zunächst bei -20°C eingefroren und dann bis zur Auswertung bei -80°C tiefgekühlt gelagert.

**Probenanalyse:** Die quantitative Bestimmung der Kortisolkonzentration in den Speichelproben erfolgte mit Hilfe eines Lumineszenz Immunoassays (LIA-Mikrotiterstreifen; Fa. IBL, Hamburg).

**Testprinzip:** In einer kompetitiven Reaktion konkurrieren dabei eine unbekannte Menge Antigen (Kortisol) aus der Speichelprobe und eine fest definierte Menge von Enzym-markiertem Antigen um freie Bindungsstellen der Anti-Kortisol-Antikörper an der Mikrotiterplatte. Nach einer Inkubationszeit wird die Reaktion durch mehrere Waschvorgänge beendet und das Lumineszenzsubstrat zugegeben. Nach kurzem Mischen erfolgt eine weitere Inkubationszeit bis die relativen Lumineszenzeinheiten (RLU) im Reader abgelesen werden können. Die Antigenkonzentration (Kortisol) der Speichelprobe ist zur entstehenden Lumineszenz umgekehrt proportional. Mithilfe der in Doppelbestimmung gemessenen RLU's der 7 matrixfreien Standardlösungen (0 / 0,8 / 1,7 / 5,5 / 16,6 / 41,4 / 110,4 nmol/l) wird eine Standardkurve erstellt, mit deren Hilfe die unbekanntes Probenkonzentrationen berechnet werden. Weiterhin wurden pro Assay 2 humane und 1 kanine Speichelkontrollen zur Berechnung der inter- und intraassay Variation gemessen. Alle Speichelproben eines Hundes wurden komplett in einem Assay ausgewertet.

**Testdurchführung:** Nach dem Auftauen bei Zimmertemperatur wurden die Speichelproben 10 min bei 3000 g zentrifugiert. Vom Überstand wurden je 20 µl der Proben in Einfachbestimmung wie auch von den 7 matrixfreien Standardlösungen in Doppelbestimmung in jeweils eine Vertiefung des LIA-Testkits pipettiert. Weiterhin wurden pro Lauf je 20 µl der 3 Kontrolllösungen, die aus 2 humanen und 1 kaninen Speichelproben mit unterschiedlicher Kortisolkonzentration bestanden, in Mehrfachbestimmung gemessen. Anschließend wurde in alle Vertiefungen des Kits je 100 µl des Enzymkonjugats (Peroxidase-markiertes Kortisol) pipettiert. Das Testkit wurde mit einer Folie versiegelt, kurz geschüttelt und 3 h bei Raumtemperatur inkubiert. Dann wurde der Überstand dekantiert und 4 x mit einer mitgelieferten Waschlösung gewaschen. Nachdem die Restflüssigkeit durch sorgfältiges ausklopfen entfernt worden war, wurde in alle Vertiefungen 50 µl der Substratlösung (Chemilumineszenz: Luminol-Verstärker und Peroxyd-Lösung) pipettiert. Nach kurzem Mischen erfolgte eine weitere Inkubationszeit von 10 min bis die relativen Lumineszenzeinheiten (RLU) mittels Reader abgelesen werden konnten. Der verwendete MPL2-Reader (Fa. Berthold, Pforzheim) misst die emittierten Photonen mit einer effektiven Spektralsensitivität von 300-650 nm.

**Spezifität:** Vom Hersteller wurde die Kreuzreaktivität des Kortisol-Antikörpers gegenüber verschiedenen anderen Substanzen folgendermaßen angegeben:

Kortisol, Hydrokortisone	100%
Prednisolon	57%
11- Deoxykortisol	12%
andere	< 2,5%

**Sensitivität:** Die niedrigste vom Nullstandard unterscheidbare Kortisol-Konzentration wird vom Hersteller mit 0,16 ng/ml (0,4 nmol/l) angegeben. Die funktionelle Sensibilität liegt jedoch bei 0,3 ng/ml (0,8 nmol/l).

**Präzision:** Abhängig von der Kortisolkonzentration wurden vom Hersteller folgende intraspezifische und interspezifische Variationskoeffizienten (VK) bei humanen Speichelproben festgestellt:

<b>Intraspezifische Variation</b>			
M (nmol/l)	SD (nmol/l)	N	VK (%)
2,65	0,19	20	7,7
4,33	0,33	20	7,7
5,96	0,36	20	6,1
10,82	0,30	20	2,9
24,01	1,08	20	4,5

<b>Interspezifische Variation</b>			
M (nmol/l)	SD (nmol/l)	N	VK (%)
2,07	0,25	20	11,5
3,67	0,28	20	7,8
5,71	0,44	20	7,8
9,52	0,61	20	6,3
18,82	1,16	20	6,2

### 3.4.5 Ethologische Parameter

**Probennahme und -zeitpunkt:** Während der Suchbelastungen wurde das Verhalten der Hunde kontinuierlich durch Videoaufnahmen dokumentiert.

**Probenanalyse:** Die Auswertung der Videoaufnahmen erfolgte durch eine Person und wurde in 2 Abschnitte unterteilt: Suche und Anzeige. Die Auswertung der Suche begann, sobald der Hund in Sichtweite der Kamera kam und endete, wenn der Hund beim Figuranten stand. Die Anzeige begann sobald der Hund den Figuranten witterte und endete mit der Belohnung bzw. dem Ende der Aufzeichnung.

Während der Suche wurde die Bewegungsaktivität der Hunde beobachtet. Es wurde zwischen Liegen, Sitzen, Stehen, Schritt, Trab und Galopp unterschieden. Die Dauer der jeweiligen Lokomotion wurde in Sekunden erfasst und später als prozentualer Anteil an der Gesamt-Observationszeit ausgedrückt.

Weiterhin wurden die einzelnen Lokomotionsarten mit einem Aktivitäts-Rangindex versehen, mit dessen Hilfe die statistische Auswertung erfolgte. Dabei wurde die Zeitspanne der jeweiligen Fortbewegung in Sekunden mit verschiedenen Faktoren multipliziert: 0 = Liegen, Sitzen; 1 = Stehen; 2 = Schritt; 3 = Trab; 4 = Galopp. Anschließend wurden die Punkte eines Hundes addiert und durch die entsprechende Gesamt-Observationszeit des jeweiligen Hundes bei dem jeweiligen Figuranten dividiert.

Die Anzeige der Figuranten wurde zur genaueren Auswertung nach folgender Definition in 3 Teilabschnitte untergliedert:

1. Wittern: Der Hund hat den versteckten Figuranten gewittert und zeigt dies durch Verhaltensänderungen wie ruckartige Kopfbewegung, Wedeln oder einen plötzlichen Richtungs- oder Lokomotionswechsel an. Der Hund zeigt von diesem Zeitpunkt an ein zielstrebiges direktes Laufen in Richtung des Versteckes.
2. Finden: Im Sommer hat der Hund zum Zeitpunkt des Findens den Figuranten erblickt und bleibt bei ihm stehen. Im Winter stoppt der Hund seine Bewegung über dem vergrabenen Figuranten und schnüffelt am Boden. Er beginnt zu wedeln und verweilt dort.
3. Anzeigen: Der Hund gibt seinen Fund im Sommer bei der Flächen- und Trümmersuche durch Verbellen, im Winter bei der Lawinensuche durch Grab- und Scharrbewegungen im Schnee kund.

Die Zeitintervalle der Teilabschnitte „Wittern bis Finden“ und „Finden bis Anzeige“ wurden in Sekunden gemessen.

**Tabelle 15:** Übersicht über den zeitlichen Ablauf der Versuche, die Dauer der verschiedenen Abschnitte eines Versuchs, sowie die dabei erfassten Parameter.

Zeitachse (min)	Bezeichnung	Dauer (min)	Herzfrequenz	Körpertemp.	Speichelentnahme	Blutentnahme	Videoaufzeichn.
-30-0	Ruhe	30	x				
0-10	Probe 1 = T 0	10	x	x	x	x	
10-30	Belastung 1	20	x				Suche: x
30-35	Probe 2 = T 1	5	x	x	x		
35-55	Belastung 2	20	x				Suche: x
55-60	Probe 3 = T 2	5	x	x	x		
60-80	Pause	20	x				
80-90	Probe 4 = T 3	10	x	x	x	x	
90-120	Erholung 1	30	x				
120-125	Probe 5 = T 4	5	x		x		
125-155	Erholung 2	30	x				
155-160	Probe 6 = T 5	5	x	x	x		
160-220	Erholung 3	60	x				
220-230	Probe 7 = T 6	10	x	x	x	x	

### 3.5 Statistische Methode

Die Aufbereitung der Daten erfolgte mithilfe des Computer-Programms Microsoft Excel<sup>®</sup> 2000 (Fa. Microsoft, Redmond, WA, USA). Mithilfe des SPSS<sup>®</sup> 11.0-Programms und des SAS<sup>®</sup> 6.12-Programm wurden die arithmetischen Mittelwerte (M), Standardabweichungen (SD), Minima (Min) und Maxima (Max), sowie Anzahl der Messungen (N) aus den Ergebnistabellen berechnet.

Um den Verlauf der Parameter zu den 3 Blut-, 6 Körpertemperatur- und 7 Speichelkortisol-Probenzeitpunkten innerhalb einer Belastungsform zu vergleichen, erfolgte eine Varianzanalyse mit Least squares Means-Test (LSM-Test) mit dem SAS<sup>®</sup> 6.12-Programm. Die Herzfrequenzaufzeichnungen wurden in 14 Zeitabschnitte untergliedert. Es erfolgte eine Varianzanalyse der Mittelwerte mit LSM-Test sowohl der 14 Bereiche, als auch der Detailaufnahmen der 2 Belastungsdurchgänge (5-min-Mittelwerte), der Pause (5-min-Mittelwerte) sowie der Erholungszeit (5-min-Mittelwerte bzw. 15-min-Mittelwerte). Die Herzfrequenz zum Zeitpunkt des Findens wurde mithilfe einer Varianzanalyse mit der unmittelbaren zeitlichen Umgebung verglichen.

Um mögliche Unterschiede zwischen der Sommer- und Winterarbeit bzw. der Lauf- und Suchbelastung zu nachzuweisen, erfolgte zunächst die Berechnung der Differenzen zwischen

jeweils 2 Probenzeitpunkten innerhalb einer Belastungsform. So wurden für die 6 Probenzeitpunkte der Körpertemperatur die Differenzen zwischen T 0 und T 20, T 20 und T 40, T 40 und T 60, T 60 und T 120, sowie T 120 und T 180 berechnet. Für die 7 Zeitpunkte der Speichelprobenentnahme wurden die Differenzen zwischen T 0 und T 20, T 20 und T 40, T 40 und T 60, T 60 und T 90, T 90 und T 120, sowie T 120 und T 180 berechnet und für die 3 Probenzeitpunkte der Blutentnahmen die Differenzen zwischen T 0 und T 60, sowie T 60 und T 180. Für die Herzfrequenz wurden folgende Differenzen ermittelt: Ruhewert und 1. Belastungswert; Pausenwert und 2. Belastungswert; 1. Belastungswert und Pausenwert; 2. Belastungswert und Wert nach 30 min Erholung. Anschließend wurde eine Varianzanalyse der Differenzen zwischen den 4 Belastungsformen mit anschließendem LSM-Test durchgeführt. Dadurch wurde die relative Veränderung eines Parameters durch eine Belastung bzw. in der Pausen- und Erholungszeit zwischen den 4 Belastungsformen verglichen.

Die Unterschiede in Abhängigkeit vom Temperament bzw. dem Alter der Hunde wurden mithilfe des SPSS® 11.0-Programm statistisch ausgewertet. Es wurden nichparametrische Tests (Mann-Whitney bzw. Kruskal-Wallis) und anschließend ein Wilcoxon- bzw. T-Test durchgeführt. Die Verhaltensbeobachtungen wurden mithilfe des Computer-Programms Jandel SigmaStat® 3.0 (SPSS Inc. Chicago, IL, USA) statistisch ausgewertet. Zum Vergleich der Aktivitäts-Rangindizes während der Suche und der Teilabschnitte der Anzeige innerhalb der Suchbelastung im Sommer oder Winter erfolgte für normalverteilte Daten ein gepaarter T-Test und für nicht normalverteilte Daten ein Wilcoxon-Signed-Rangtest. Dadurch erfolgte ein Vergleich zwischen dem 1. und 2. Figurant pro Durchgang im Sommer und zwischen dem 1. und 2. Durchgang im Sommer und im Winter. Zum Vergleich der Aktivitäts-Rangindizes während der Suche und der Teilabschnitte der Anzeige zwischen der Suchbelastung im Sommer und der Suchbelastung im Winter wurde für normalverteilte Daten ein T-Test und für nicht normalverteilte Daten ein Mann-Whitney-Rangsummentest durchgeführt. Dadurch erfolgte ein Vergleich zwischen dem 1. Durchgang im Sommer (Trümmer- und Flächensuche) mit dem 1. Durchgang im Winter (Lawinensuche). Für den 2. Durchgang gilt entsprechendes.

Als statistisch signifikant wird eine Irrtumswahrscheinlichkeit von unter 5% ( $p \leq 0,05$ ), als hochsignifikant eine Wahrscheinlichkeit von unter 1% ( $p \leq 0,01$ ) bezeichnet.

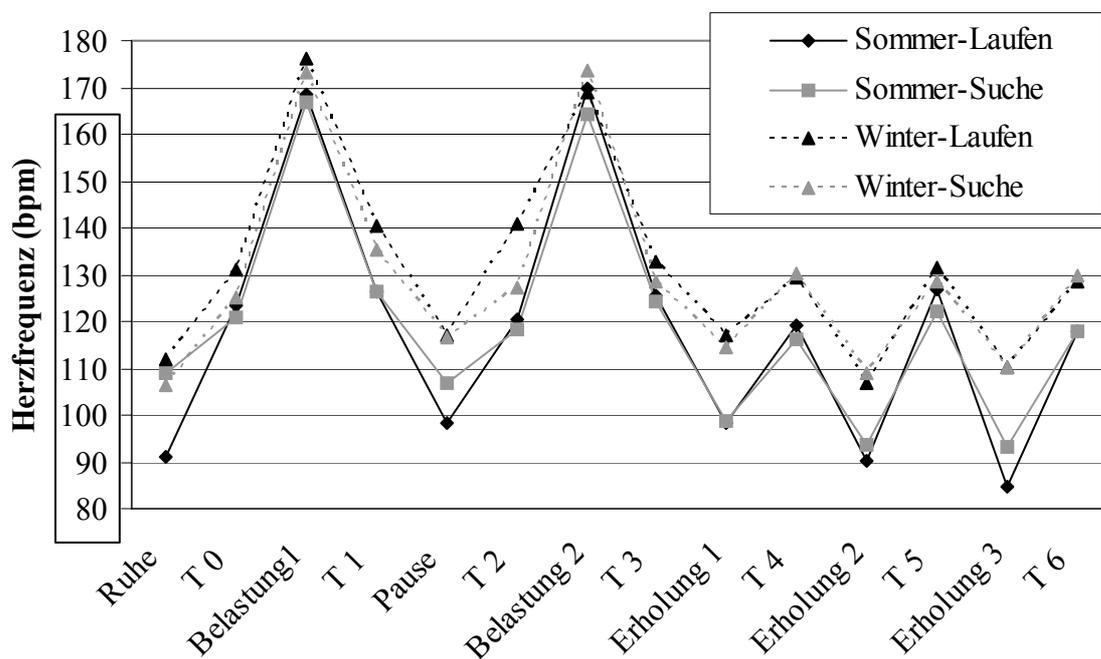
## 4. ERGEBNISSE

### 4.1 Herzfrequenz

#### 4.1.1 Einfluss der Belastungsform auf die Herzfrequenz

Aus *Abbildung 1* und *Tabelle 17 und 18* ist ersichtlich, dass die Ruheherzfrequenz bei der Suchbelastung im Sommer und Winter, sowie bei der Laufbelastung im Winter zwischen  $106,3 \pm 16,6$  bpm und  $111,8 \pm 20,0$  bpm lag. Die Ruheherzfrequenz bei der Laufbelastung im Sommer lag mit durchschnittlich  $91,2 \pm 17,3$  bpm signifikant unter den anderen Ruhewerten ( $p \leq 0,05$ ).

Bei allen 4 Belastungsformen stieg die Herzfrequenz nach beiden Belastungsdurchgängen gegenüber dem Ruhe- bzw. Pausenwert signifikant an ( $p \leq 0,001$ ). Die durchschnittliche Belastungsherzfrequenz betrug im Sommer nach beiden Durchgängen der Lauf- und der Suchbelastung  $164,4 \pm 18,6$  bpm bis  $170,0 \pm 20,9$  bpm. Im Winter lag die durchschnittliche Belastungsherzfrequenz nach der Lauf- und der Suchbelastung mit  $168,9 \pm 22,8$  bpm bis  $176,0 \pm 20,2$  bpm etwas höher. In keiner Belastungsform zeigte die Herzfrequenz signifikante Unterschiede zwischen dem 1. und 2. Belastungsdurchgang (*siehe Abbildung 1*).

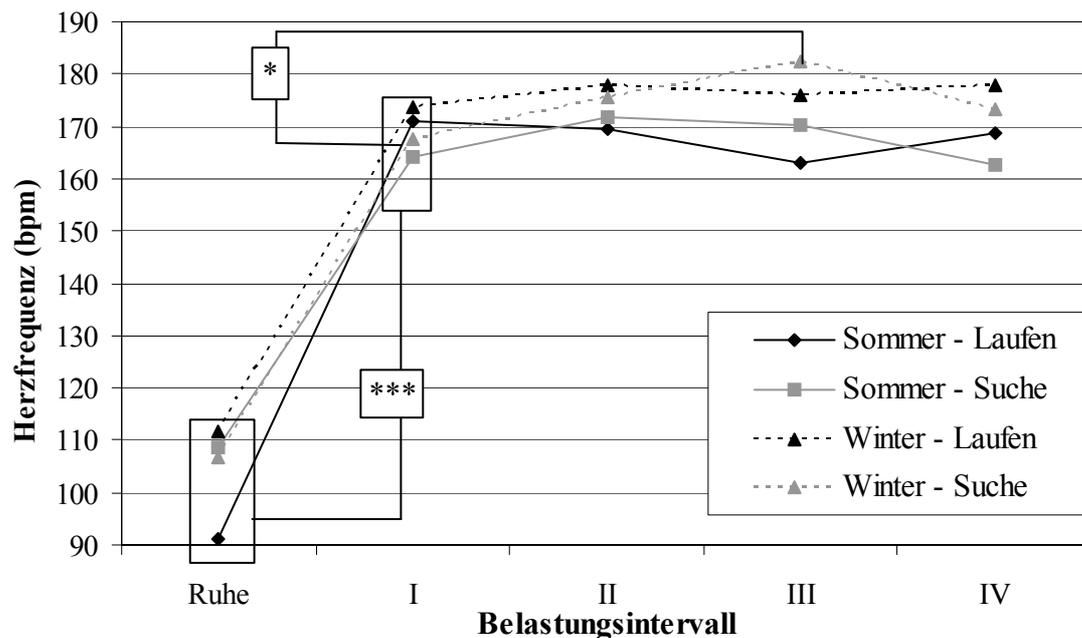


**Abbildung 1:** Mittlere Herzfrequenz (bpm) während der Ruhe- und Belastungszeit, während der 7 Probenentnahmen, sowie in der Pausen- und Erholungszeit bei den 4 Belastungsformen (Probenzeitpunkt: T0: Ruhe; T1: nach den ersten 20 min Belastung; T2: nach 20 min Pause; T3: nach den zweiten 20 min Belastung; T4: nach 30 min Erholung; T5: nach 60 min Erholung; T6: nach 120 min Erholung; Sommer: N = 20-22; Winter: N = 16-20). Referenzwerte sind schwarz umrahmt.

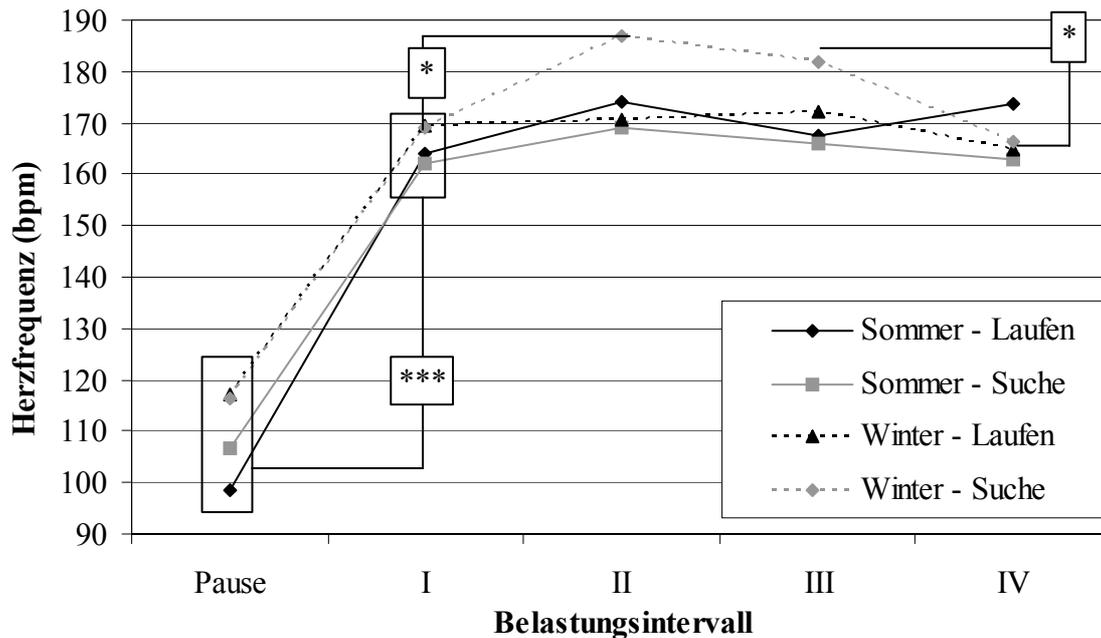
### Detaillierte Betrachtung der beiden 20-minütigen Belastungsdurchgänge

Bei der Detailbetrachtung der beiden Belastungsdurchgänge lassen sich Unterschiede der Herzfrequenzkurven zwischen den Belastungsformen und den Belastungsdurchgängen aus *Abbildung 2 und 3* ablesen.

Signifikante Veränderungen innerhalb dieser Detailbetrachtung zeigten sich jedoch nur bei der Suchbelastung im Winter. Hier erreichte die Herzfrequenz während dem 1. Durchgang nach 15 min Belastung (Intervall III) den Maximalwert und fiel anschließend ab. Der Maximalwert lag signifikant über dem ersten 5-min-Wert (Intervall I) ( $p \leq 0,05$ ). Während der zweiten 20-minütigen Belastung erreichte die Herzfrequenz bereits nach 10 min (Intervall II) ihren Maximalwert, der ebenfalls signifikant über dem ersten 5-min-Wert lag (Intervall I) ( $p \leq 0,05$ ). In den anschließenden 5 min fiel die Herzfrequenz zunächst leicht und dann von der 15. zur 20. Belastungsminute signifikant ab (Intervall III zu IV) ( $p \leq 0,05$ ).



**Abbildung 2:** Detailbetrachtung der Herzfrequenz (bpm) während dem ersten 20-minütigen Belastungsdurchgang bei den 4 Belastungsformen. Angegeben sind Ruhewerte und Mittelwerte, die aus jeweils 5 Belastungsminuten gebildet wurden (Intervall I bis IV) (Sommer: N = 22; Winter: N = 17-20; \*  $p \leq 0,05$ ; \*\*\*  $p \leq 0,001$ ).



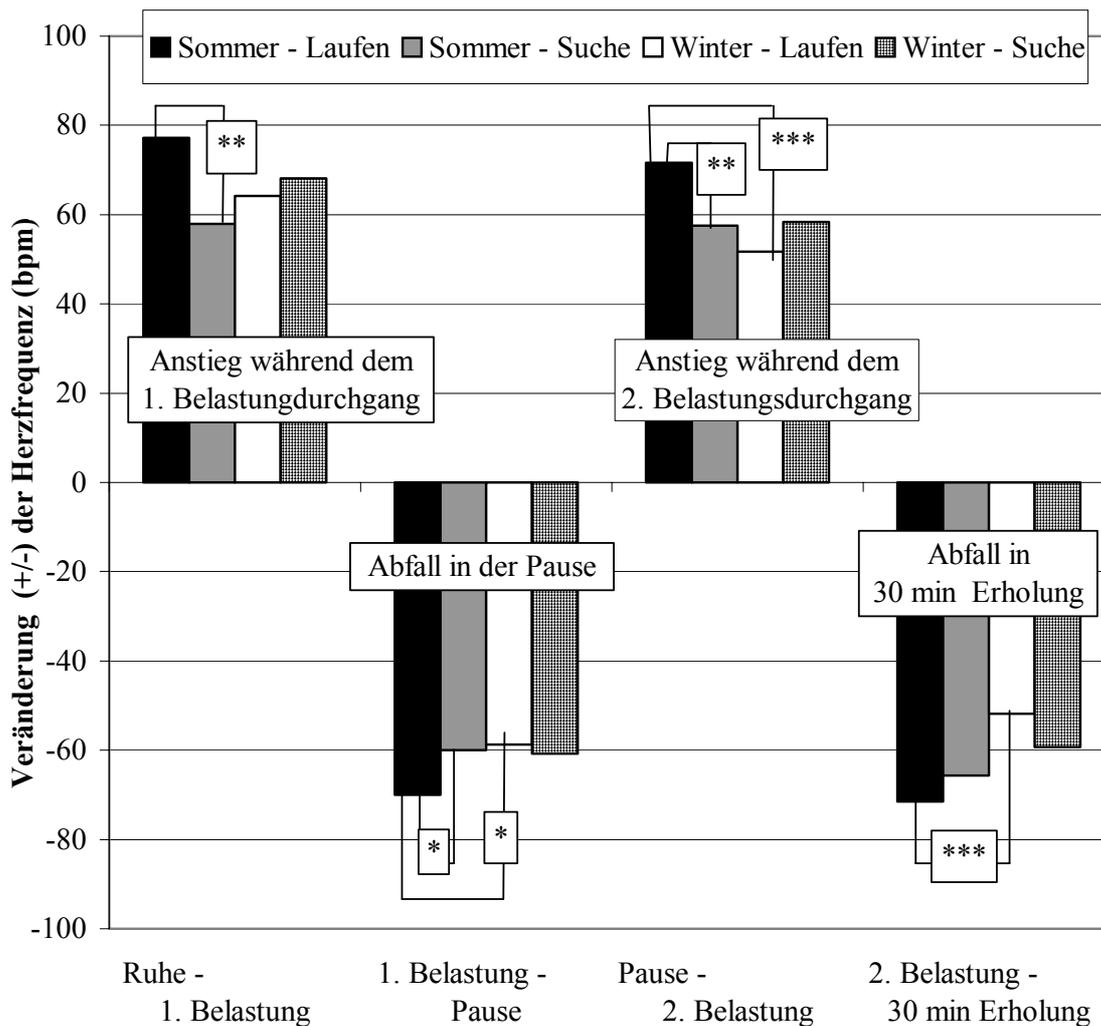
**Abbildung 3:** Detailbetrachtung der Herzfrequenz (bpm) während dem zweiten 20-minütigen Belastungsdurchgang bei den 4 Belastungsformen. Angegeben sind Pausenwerte und Mittelwerte, die aus jeweils 5 Belastungsminuten gebildet wurden (Intervall I bis IV) (Sommer: N = 21-22; Winter: N = 14-20; \*  $p \leq 0,05$ ; \*\*\*  $p \leq 0,001$ ).

### Vergleich der Lauf- und der Suchbelastung

Beim Vergleich von Lauf- und Suchbelastung zeigte sich, dass die Laufbelastung im Sommer einen signifikant stärkeren Anstieg der Herzfrequenz bewirkte als die Suchbelastung im Sommer. Nach beiden Belastungsdurchgängen stieg die Herzfrequenz nach der Laufbelastung im Vergleich um 14-19 bpm stärker an als nach der Suchbelastung ( $p \leq 0,01$ ) (siehe Abbildung 4). Dagegen konnte zwischen der Lauf- und der Suchbelastung im Winter kein signifikanter Unterschied im Anstieg der Herzfrequenz festgestellt werden.

### Vergleich der Sommer- und der Winterarbeit

Der durch die Laufbelastung bedingte Herzfrequenzanstieg im Sommer unterschied sich nach dem 1. Belastungsdurchgang nicht signifikant vom entsprechenden Herzfrequenzanstieg durch die Laufbelastung im Winter. Nach der Pause stieg die Herzfrequenz während der 2. Laufbelastung im Sommer signifikant stärker an als bei der Laufbelastung im Winter ( $p \leq 0,001$ ). Bei den Suchbelastungen zeigte sich im Winter nach beiden Belastungsdurchgängen ein etwas höherer Anstieg der Herzfrequenz als im Sommer, der jedoch nicht signifikant war (siehe Abbildung 4).



**Abbildung 4:** Darstellung des mittleren belastungsbedingten Anstiegs bzw. Abfalls der Herzfrequenz (bpm) in der Pausen- und Erholungszeit, sowie signifikanter Unterschiede zwischen den 4 Belastungsformen (\*  $p \leq 0,05$ ; \*\*  $p \leq 0,01$ ; \*\*\*  $p \leq 0,001$ ; Sommer:  $N = 20-22$ ; Winter:  $N = 16-20$ ).

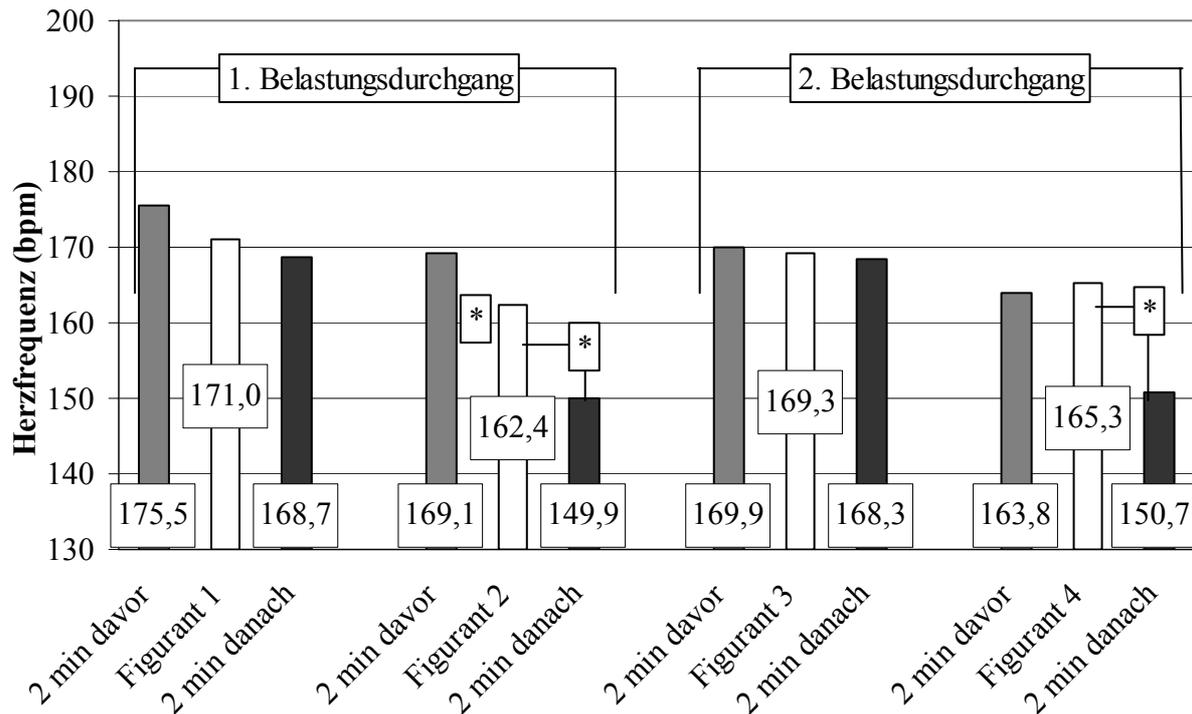
#### 4.1.2 Herzfrequenz während der Anzeige der Figuranten

Die höchste durchschnittliche Herzfrequenz bei den Anzeigen wurde im Winter beim 1. Figuranten im 2. Durchgang mit  $175,7 \pm 22,43$  bpm gemessen. Die niedrigste Herzfrequenz mit  $162,4 \pm 23,4$  bpm wurde im Sommer beim 2. Figuranten im 1. Durchgang beobachtet.

#### Suchbelastung im Sommer

Beim Vergleich der Anzeigen innerhalb eines Durchgangs im Sommer zeigte sich, dass die Herzfrequenz beim Auffinden des 1. Figuranten geringfügig, jedoch nicht signifikant höher lag als beim 2. Figuranten (*siehe Abbildung 5*). Beim Vergleich der Herzfrequenz während

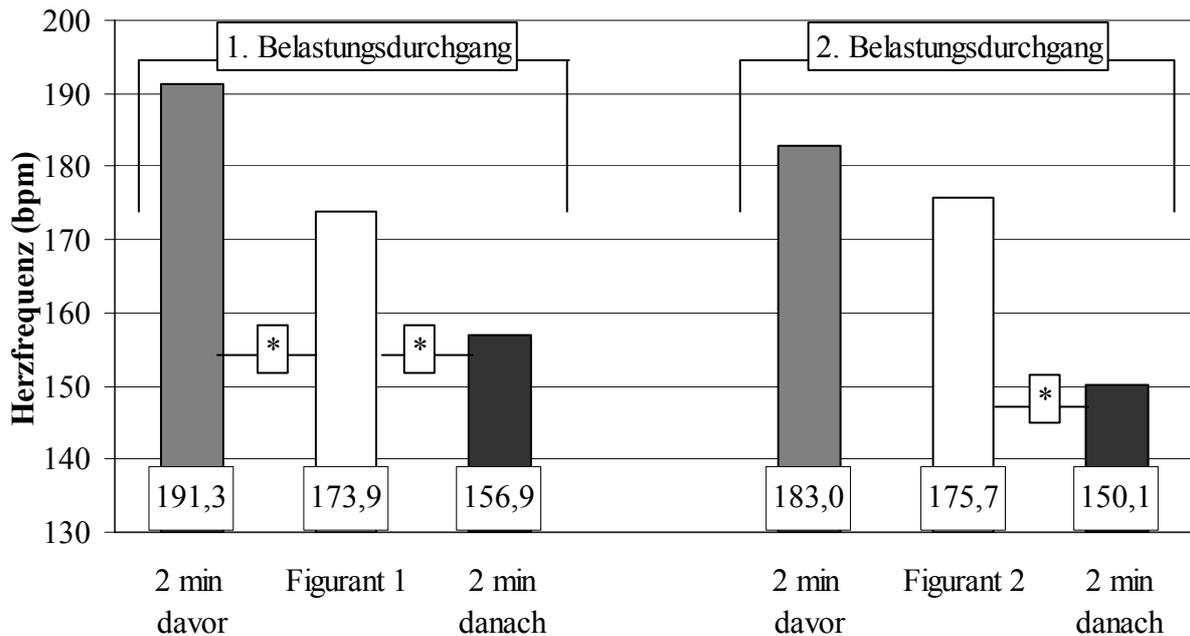
der Anzeigen in beiden Durchgängen auf demselben Gelände - Suchgebiet 1 (Figurant 1 und 3) und Suchgebiet 2 (Figurant 2 und 4) - konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Im 1. Durchgang begann die Herzfrequenz bereits während des Findens gegenüber den unmittelbar vorhergehenden 2 min abzusinken. Der Abfall setzte sich in den anschließenden 2 min fort, war jedoch nur beim 2. Figuranten pro Durchgang signifikant ( $p \leq 0,05$ ).



**Abbildung 5:** Herzfrequenz (bpm) während dem Finden der 4 Figuranten im 1. und 2. Durchgang der kombinierten Flächen- und Trümmersuche im Sommer und in der unmittelbaren zeitlichen Umgebung. Angegeben sind Mittelwerte aus den Bereichen 2 min vor und nach dem Finden, sowie die Herzfrequenz während dem Finden (\*  $p \leq 0,05$ ;  $N = 20-22$ ).

### Suchbelastung im Winter

Bei der Lawinensuche lag die Herzfrequenz beim Finden des Figuranten im 2. Durchgang geringfügig über der Anzeige im 1. Durchgang (siehe Abbildung 6). Während des 1. Belastungsdurchgangs im Winter zeigte sich bereits während des Findens ein signifikanter Abfall der Herzfrequenz gegenüber den vorhergehenden 2 min, der sich in den anschließenden 2 min fortsetzte ( $p \leq 0,05$ ). Im 2. Durchgang zeigte sich nur innerhalb der auf das Finden folgenden 2 min ein signifikanter Abfall der Herzfrequenz ( $p \leq 0,05$ ).



**Abbildung 6:** Herzfrequenz (bpm) während dem Finden der beiden Figuranten im 1. und 2. Durchgang der Lawinensuche und in der unmittelbaren zeitlichen Umgebung. Angegeben sind Mittelwerte aus den Bereichen 2 min vor und nach dem Finden, sowie die Herzfrequenz während dem Finden (N = 11-15; \*  $p \leq 0,05$ ).

### Vergleich der Sommer- und der Winterarbeit

Während der Anzeige der 4 Figuranten im Sommer bzw. 2 Figuranten im Winter zeigte die Herzfrequenz keine signifikanten Unterschiede.

### **4.1.3 Einfluss der Pausen- und Erholungszeit auf die Herzfrequenz**

Bei den 4 Belastungsformen war die Herzfrequenz bereits nach 20 min Pause (1. Durchgang) bzw. nach 30 min Erholungszeit (2. Durchgang) gegenüber den Belastungswerten signifikant abgesunken ( $p \leq 0,001$ ). In dieser Zeit hatte die Herzfrequenz annähernd wieder Ausgangswerte erreicht und unterschied sich nicht mehr wesentlich von den Ruhewerten (siehe *Abbildung 1*).

In den folgenden 1,5 h Erholungszeit kam es bei allen 4 Belastungsformen zu einem weiteren Absinken der Herzfrequenz. Nur bei der Lauf- und Suchbelastung im Sommer traten jedoch statistisch nachweisbare Veränderungen auf. Nach der Laufbelastung im Sommer lag der Mittelwert der letzten 60 min Erholungszeit signifikant unter der durchschnittlichen Herzfrequenz in den ersten 30 min Erholungszeit ( $p \leq 0,05$ ).

Nach der Suchbelastung im Sommer war die Herzfrequenz innerhalb 1 h Erholungszeit soweit

abgesunken, dass sie signifikant unter dem Ruhewert ( $p \leq 0,05$ ) lag. Auf diesem Niveau blieb die Herzfrequenz bis zum Ende der Erholungszeit nach 2 h ( $p \leq 0,05$ ).

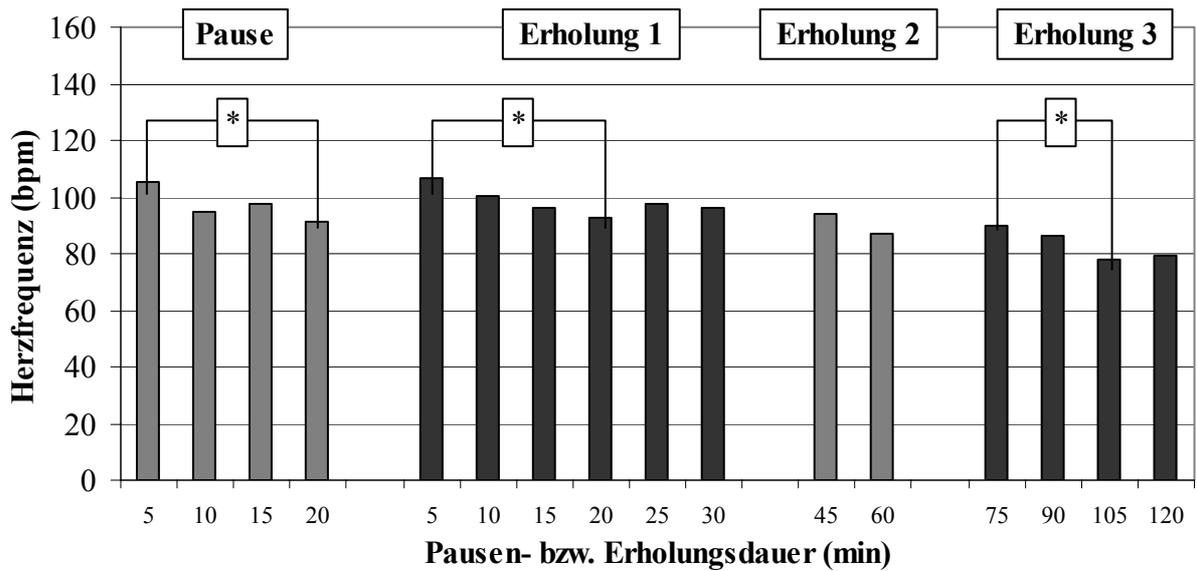
### **Detailbetrachtung der Herzfrequenz während der Pause und der Erholungszeit**

Nur bei der Laufbelastung im Sommer zeigte sich eine signifikante Veränderung der Herzfrequenz innerhalb der 20-minütigen Pause (*siehe Abbildung 7*). Hier war die Herzfrequenz nach 20 min Pause gegenüber den ersten 5 min signifikant abgefallen ( $p \leq 0,05$ ). Bei den übrigen Belastungsformen war innerhalb der Pause keine signifikante Veränderung der Herzfrequenz nachzuweisen.

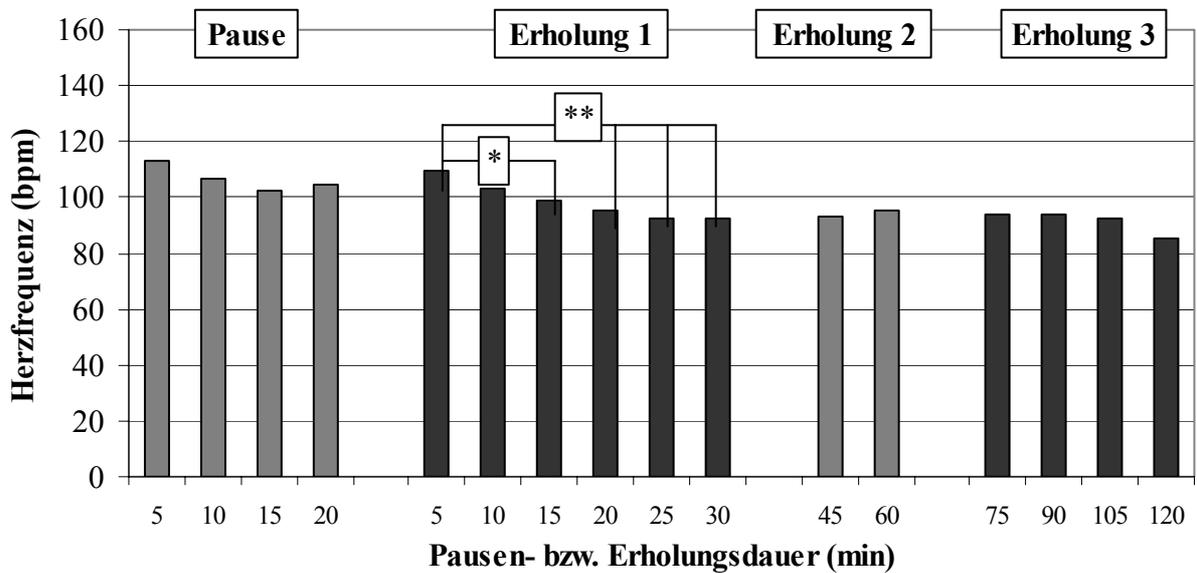
Bei der Detailbetrachtung der ersten 30 min Erholungszeit nach Ende des 2. Belastungsdurchgangs waren signifikante Veränderungen bei allen Belastungsformen, mit Ausnahme der Laufbelastung im Winter, nachzuweisen. Bei der Laufbelastung im Sommer und der Suchbelastung im Winter (*siehe Abbildung 10*) unterschied sich die Herzfrequenz des 5-min und des 20-min-Erholungswertes signifikant voneinander ( $p \leq 0,05$ ). Die Herzfrequenz war zu diesem Zeitpunkt in beiden Fällen signifikant um 14 bpm abgefallen. Ähnliche Verhältnisse findet man in der Erholungszeit der Suchbelastung im Sommer. Hier fiel die Herzfrequenz schneller ab, so dass sich bereits der 15-min-Erholungswert ( $p \leq 0,05$ ), wie auch der 20-min-Erholungswert signifikant ( $p \leq 0,01$ ) vom 5-min-Erholungswert unterschieden (*siehe Abbildung 8*).

Bei der Detailbetrachtung der restlichen 1,5 h Erholungszeit veränderte sich die Herzfrequenz innerhalb der Belastungsformen nur noch in geringem Maße. Nur bei der Laufbelastung im Sommer sank die Herzfrequenz innerhalb der 2. Erholungsstunde noch einmal beträchtlich ab. Nach 105 min war die Herzfrequenz gegenüber dem Wert nach 75 min signifikant abgesunken ( $p \leq 0,05$ ) (*siehe Abbildung 7*).

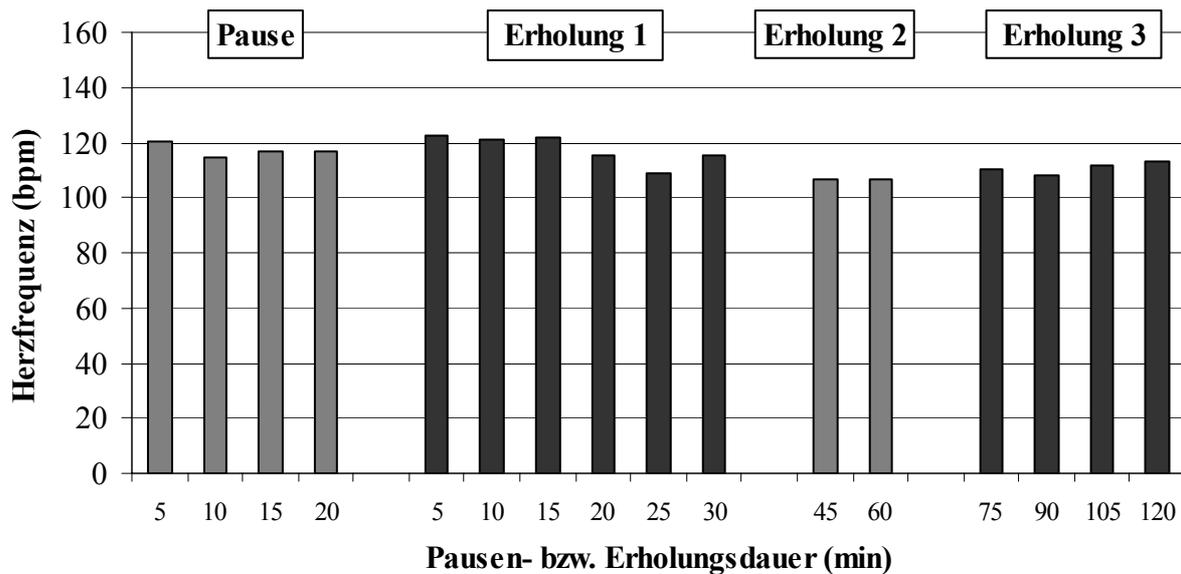
Bei der Laufbelastung im Winter zeigten sich keine signifikanten Veränderungen in der Detailbetrachtung der Pausen- und Erholungszeit (*siehe Abbildung 9*).



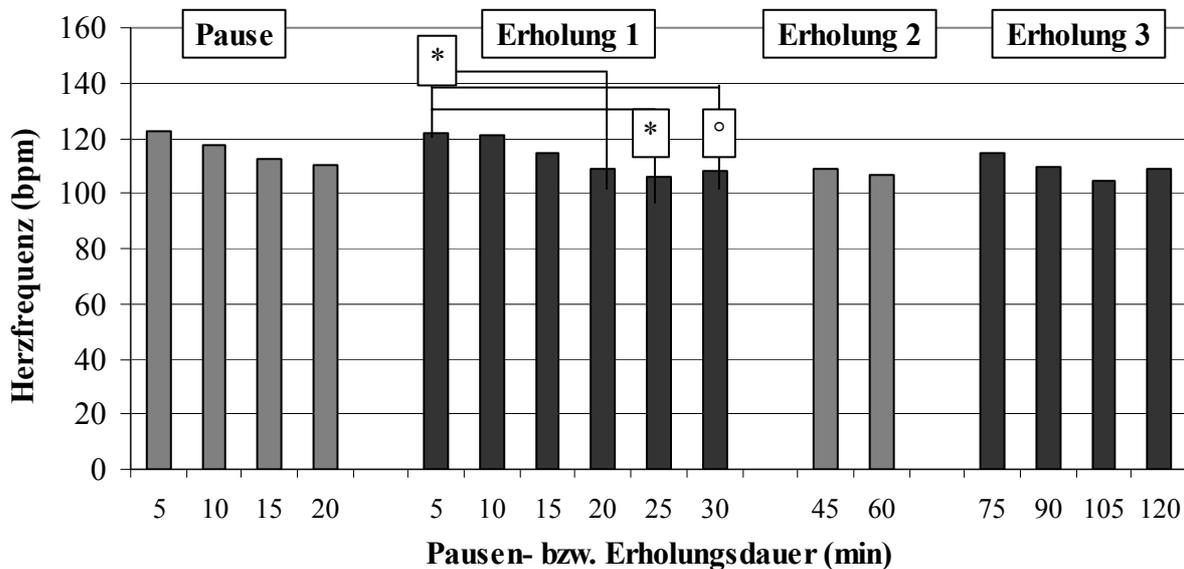
**Abbildung 7:** Herzfrequenz (bpm) während der Pausen- bzw. Erholungszeit bei der Laufbelastung im Sommer. Angegeben sind Mittelwerte, die aus jeweils 5 min bzw. 15 min gebildet wurden (\*  $p \leq 0,05$ ;  $N = 18-22$ ).



**Abbildung 8:** Herzfrequenz (bpm) während der Pausen- bzw. Erholungszeit bei der Suchbelastung im Sommer. Angegeben sind Mittelwerte, die aus jeweils 5 min bzw. 15 min gebildet wurden (\*  $p \leq 0,05$ ; \*\*  $p \leq 0,01$ ;  $N = 19-22$ ).



**Abbildung 9:** Herzfrequenz (bpm) während der Pausen- bzw. Erholungszeit bei der Laufbelastung im Winter. Angegeben sind Mittelwerte, die aus jeweils 5 min bzw. 15 min gebildet wurden (N = 18-20).



**Abbildung 10:** Herzfrequenz (bpm) während der Pausen- bzw. Erholungszeit bei der Suchbelastung im Winter. Angegeben sind Mittelwerte, die aus jeweils 5 min bzw. 15 min gebildet wurden ( $^{\circ}$   $p=0,06$ ; \*  $p\leq 0,05$ ; N = 18-20).

### **Vergleich der Lauf- und der Suchbelastung**

Im Sommer zeigte sich in der Pausen- und Erholungszeit nach der Laufbelastung ein stärkerer Abfall der Herzfrequenz als nach der Suchbelastung. Nach dem 1. Durchgang in der 20-minütigen Pause handelte es sich um einen signifikanten Unterschied ( $p \leq 0,05$ ) (*siehe Abbildung 4*).

Im Winter ließen sich in der Pausen- und Erholungszeit keine signifikanten Unterschiede zwischen der Lauf- und der Suchbelastung feststellen.

### **Vergleich der Sommer- und der Winterarbeit**

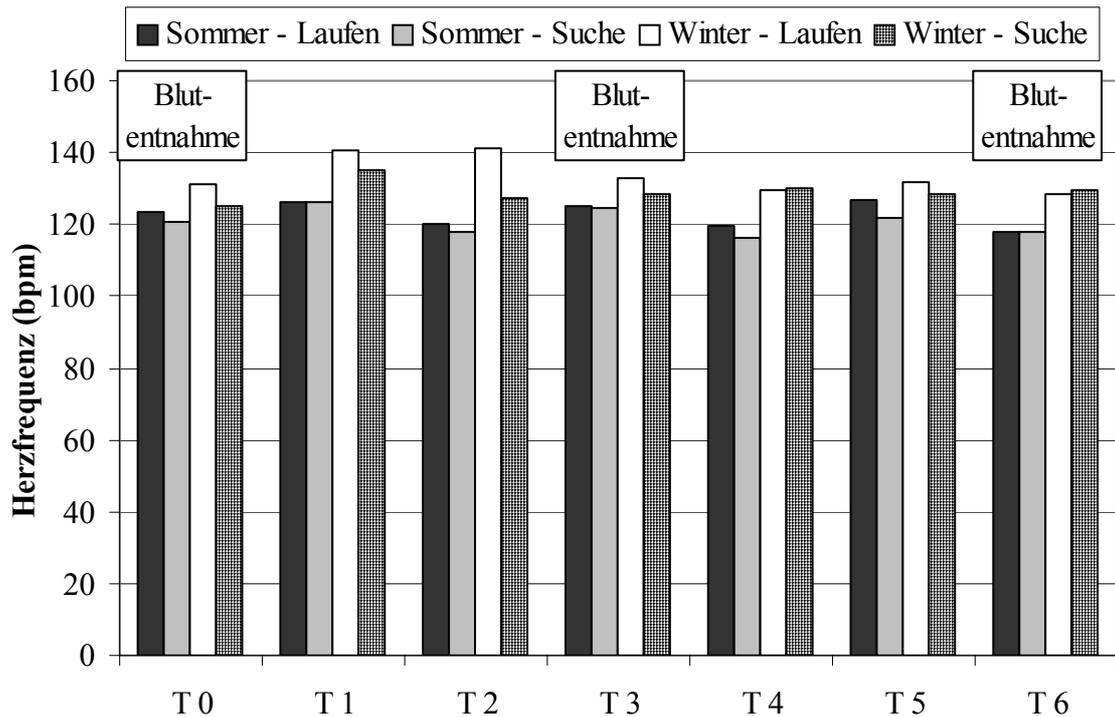
Bei der Laufbelastung fiel die Herzfrequenz im Sommer sowohl nach dem 1. Durchgang innerhalb der 20-minütigen Pause ( $p \leq 0,05$ ), als auch nach dem 2. Durchgang innerhalb der ersten 30 min Erholungszeit ( $p \leq 0,001$ ) signifikant stärker ab als im Winter (*siehe Abbildung 4*). Dagegen konnten nach der Suchbelastung keine signifikanten Unterschiede im Abfall der Herzfrequenz in der Pausen- und Erholungszeit zwischen der Sommer- und der Winterarbeit festgestellt werden.

#### **4.1.4 Probennahmen**

Während der Probennahmen lag die durchschnittliche Herzfrequenz im Sommer bei der Lauf- und der Suchbelastung zwischen  $116,2 \pm 22,8$  und  $126,8 \pm 22,4$  bpm. Bei den Versuchen im Winter lag die Herzfrequenz während der Probennahmen mit  $125,11 \pm 19,5$  bis  $141,0 \pm 24,0$  bpm in beiden Belastungsformen etwas höher.

Die Herzfrequenz während der 7 Probennahmen innerhalb einer Belastungsform unterschied sich, unabhängig davon, ob die Probennahme mit einer Blutentnahme verbunden war oder nicht, zu keinem Zeitpunkt signifikant voneinander (*siehe Abbildung 11*).

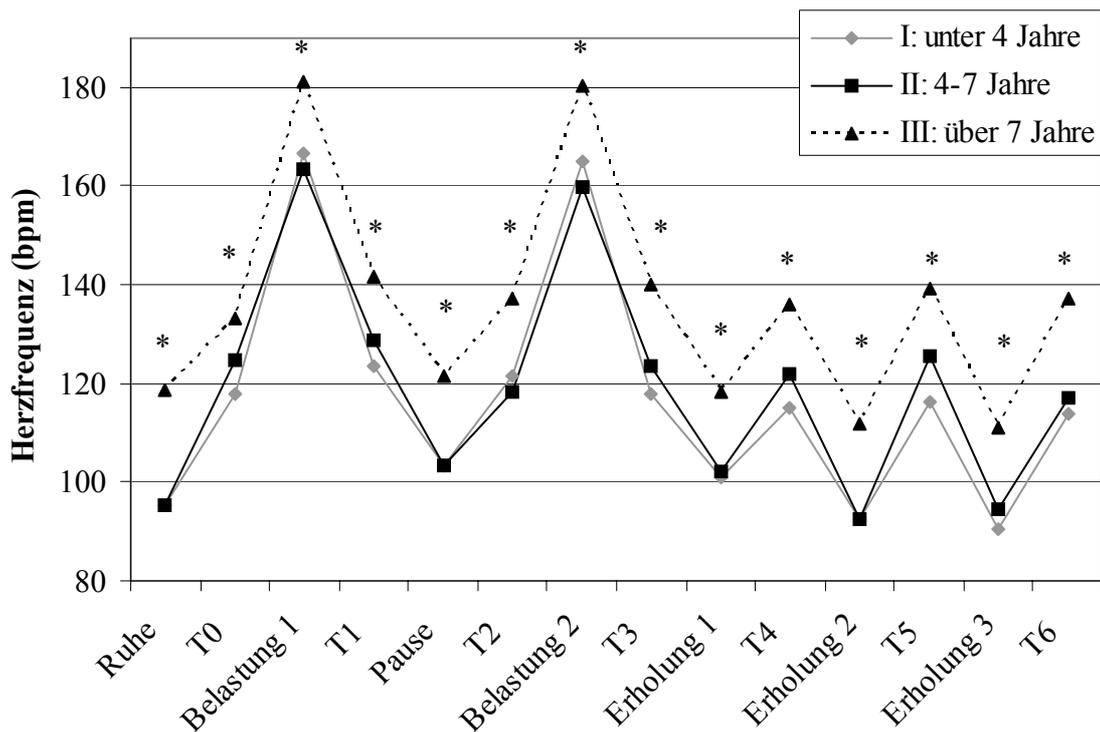
Die Herzfrequenz während der Probennahmen lag bei allen 4 Belastungsformen stets signifikant unter der Belastungsherzfrequenz ( $p \leq 0,001$ ), jedoch über der durchschnittlichen Ruhe-, Pausen- und Erholungsherzfrequenz (*siehe Abbildung 1*).



**Abbildung 11:** Mittlere Herzfrequenz (bpm) während der 7 Probennahmen mit und ohne Blutentnahme bei den 4 Belastungsformen (Probenzeitpunkt: T0: Ruhe; T1: nach den ersten 20 min Belastung, T2: nach 20 min Pause; T3: nach den zweiten 20 min Belastung; T4: nach 30 min Erholung; T5: nach 60 min Erholung; T6: nach 120 min Erholung; Sommer: N = 20-22; Winter: N = 16-20).

#### 4.1.5 Einfluss des Alters auf die Herzfrequenz

Die Herzfrequenz der über 7 Jahre alten Hunde (III) lag während des gesamten Untersuchungszeitraums signifikant über den Herzfrequenzen der unter 4-jährigen (I) und der 4-7 Jahre (II) alten Hunde ( $p \leq 0,05$  bis 0,001). Die Altersklassen I und II hingegen unterschieden sich zu keinem Zeitpunkt signifikant voneinander (*siehe Abbildung 12*).



**Abbildung 12:** Herzfrequenz (bpm) in Abhängigkeit vom Alter der Hunde. Angegeben sind Mittelwerte aus den 4 Belastungsformen während der Ruhe- und Belastungszeit, während der 7 Probenentnahmen, sowie in der Pausen- und Erholungszeit (Probenzeitpunkt: T0: Ruhe; T1: nach den ersten 20 min Belastung, T2: nach 20 min Pause; T3: nach den zweiten 20 min Belastung; T4: nach 30 min Erholung; T5: nach 60 min Erholung; T6: nach 120 min Erholung; \* signifikante Unterschiede der Altersklasse III zu I und II;  $p \leq 0,05$  bis  $0,001$ ; Altersklasse I:  $N = 7$ ; II:  $N = 8$ ; III:  $N = 7$ ).

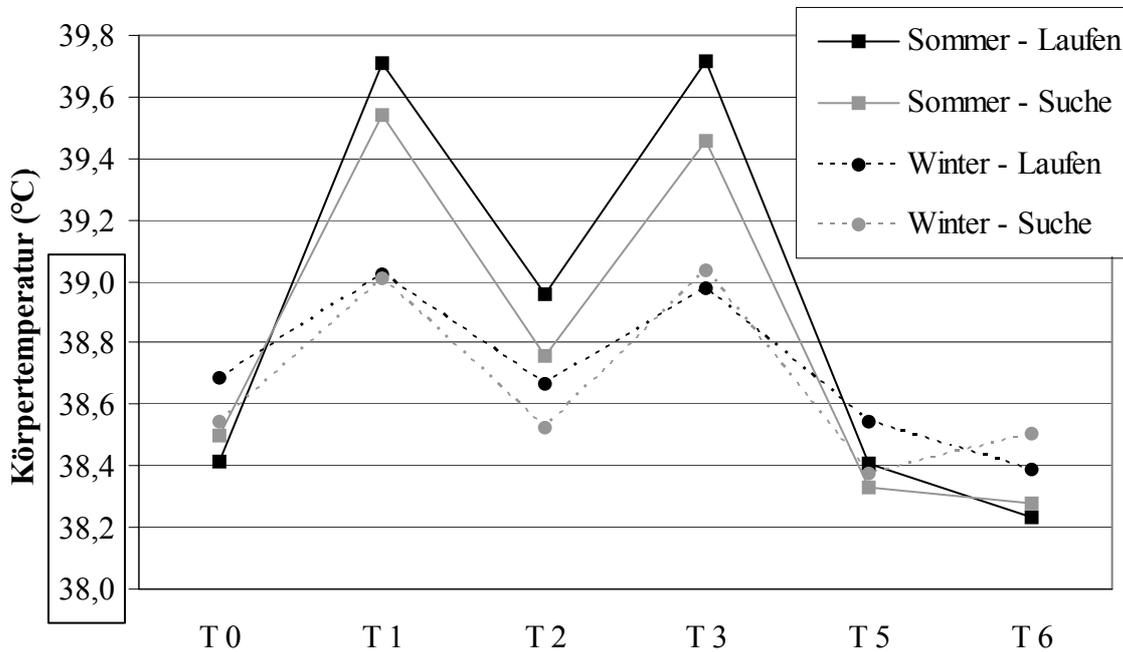
## 4.2 Rektale Körpertemperatur

### 4.2.1 Einfluss der Belastungsform auf die Körpertemperatur

Die Ruhekörpertemperatur lag zwischen  $38,42 \pm 0,38^\circ\text{C}$  und  $38,50 \pm 0,33^\circ\text{C}$  im Sommer und im Winter mit  $38,55 \pm 0,36^\circ\text{C}$  bis  $38,69 \pm 0,35^\circ\text{C}$  etwas höher.

Die Körpertemperatur stieg bei allen 4 Belastungsformen nach beiden Durchgängen signifikant ( $p \leq 0,05$ ) gegenüber dem Ruhe- bzw. Pausenwert an (siehe Abbildung 13). Dabei erreichte die Belastungskörpertemperatur nach beiden Durchgängen im Sommer Werte zwischen  $39,46 \pm 0,43^\circ\text{C}$  und  $39,71 \pm 0,61^\circ\text{C}$ . Im Winter lagen die Werte zwischen  $38,98 \pm 0,47^\circ\text{C}$  und  $39,04 \pm 0,39^\circ\text{C}$ . Innerhalb einer Belastungsform konnte kein signifikanter

Unterschied der durchschnittlichen Körpertemperatur nach Belastung zwischen dem 1. und 2. Durchgang festgestellt werden.



**Abbildung 13:** Mittelwerte der rektalen Körpertemperatur (°C) zu den 6 Probenzeitpunkten bei den 4 Belastungsformen (Probenzeitpunkt: T0: Ruhe; T1: nach den ersten 20 min Belastung, T2: nach 20 min Pause; T3: nach den zweiten 20 min Belastung; T5: nach 60 min Erholung; T6: nach 120 min Erholung; Sommer: N = 21-22; Winter: N = 18-20). Referenzwerte sind schwarz umrahmt.

### Vergleich der Lauf- und der Suchbelastung

Der belastungsbedingte Anstieg der Körpertemperatur zeigte nach keinem Durchgang weder im Sommer noch im Winter signifikante Unterschiede zwischen der Lauf- und Suchbelastung (siehe Abbildung 14).

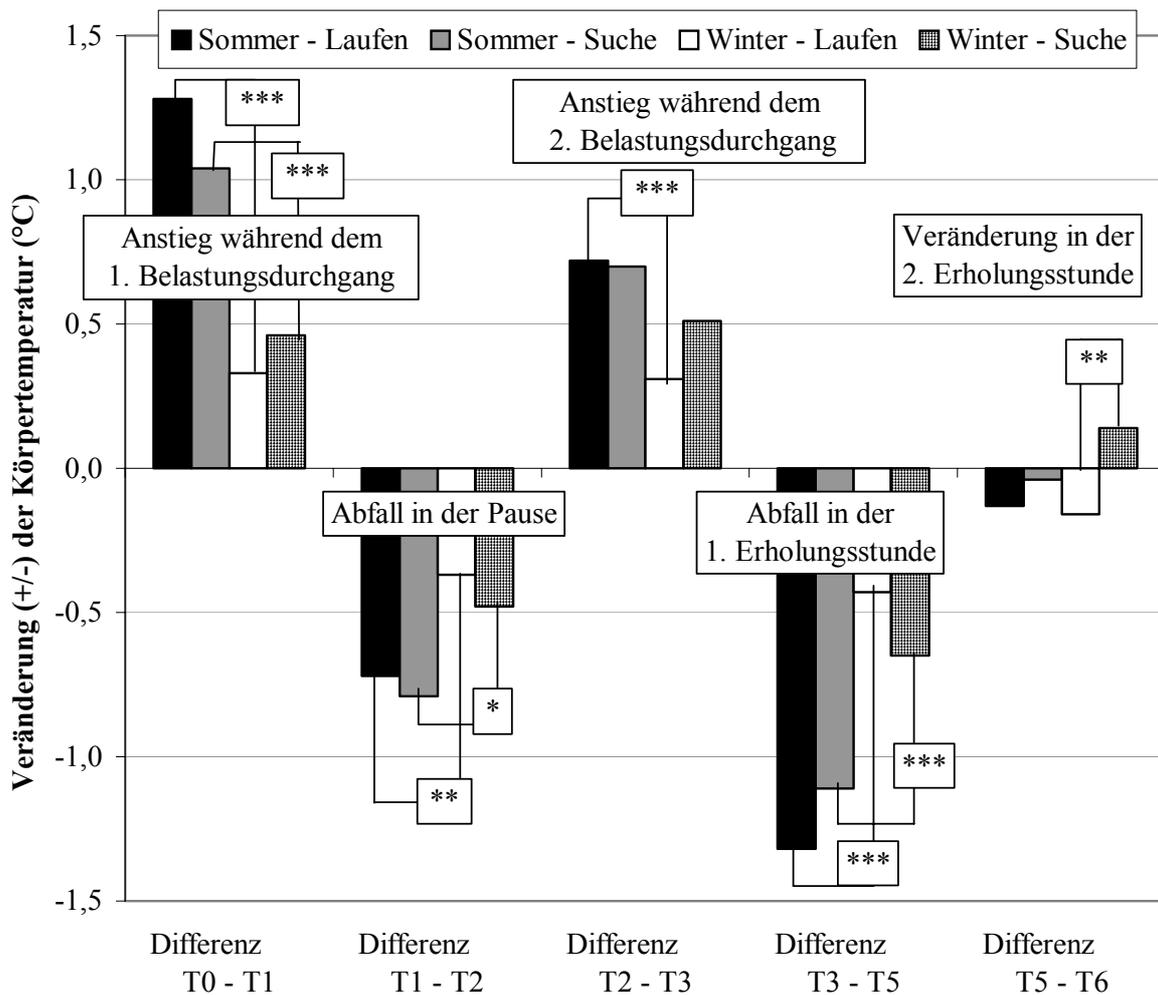
### Vergleich der Sommer- und der Winterarbeit

Beim Vergleich des belastungsbedingten Anstiegs der Körpertemperatur zeigte sich, dass sowohl die Laufbelastung als auch die Suchbelastung im Sommer einen stärkeren Anstieg der Körpertemperatur bewirkte als die entsprechenden Belastungsformen im Winter (siehe Abbildung 14).

Nach beiden Durchgängen der 20-minütigen Laufbelastung war die Körpertemperatur im Sommer signifikant ( $p \leq 0,001$ ) stärker gestiegen als nach der Laufbelastung im Winter. Der Anstieg der Körpertemperatur war bei der Laufbelastung im Sommer nach der 1. Belastung

mit 1,3°C viermal und nach der 2. Belastung mit 0,7°C mehr als doppelt so hoch wie bei der Laufbelastung im Winter (0,3°C bzw. 0,3°C).

Bei der Suchbelastung unterschied sich der Anstieg der Körpertemperatur im Sommer nur nach der ersten 20-minütigen Belastung signifikant ( $p < 0,001$ ) von der im Winter. Hier verursachte die Suchbelastung im Sommer mit 1,0°C einen doppelt so hohen Anstieg der Körpertemperatur verglichen mit dem Anstieg der Körpertemperatur nach der Suchbelastung im Winter (0,5°C).



**Abbildung 14:** Darstellung des belastungsbedingten Anstiegs bzw. Abfalls der Körpertemperatur (°C) in der Pausen- und Erholungszeit, sowie signifikanter Unterschiede zwischen den 4 Belastungsformen (Probenzeitpunkt: T0: Ruhe; T1: nach den ersten 20 min Belastung; T2: nach 20 min Pause; T3: nach den zweiten 20 min Belastung; T4: nach 30 min Erholung; T5: nach 60 min Erholung; T6: nach 120 min Erholung; \*  $p \leq 0,05$ ; \*\*  $p \leq 0,01$ ; \*\*\*  $p \leq 0,001$ ; Sommer: N = 21-22; Winter: N = 18-20).

#### **4.2.2 Einfluss der Pausen- und Erholungszeit auf die Körpertemperatur**

Bei allen 4 Belastungsformen war die durchschnittliche Körpertemperatur nach 20 min Pause ( $p \leq 0,01$ ) bzw. nach 60 min Erholungszeit ( $p \leq 0,001$ ) gegenüber den Belastungswerten signifikant abgesunken (*siehe Abbildung 13*).

Im Sommer lag die Körpertemperatur jedoch nach 20 min Pause sowohl bei der Laufbelastung als auch bei der Suchbelastung noch signifikant über den Ruhewerten ( $p \leq 0,05$ ). Im Winter hatte die Körpertemperatur nach 20 min Pause bei beiden Belastungsformen die Ruhewerte erreicht.

Nach den ersten 60 min Erholungszeit war die Körpertemperatur bei allen 4 Belastungsformen deutlich aber nicht signifikant unter die Ruhewerte abgefallen. Nach weiteren 60 min Erholungszeit war die Körpertemperatur bei allen Belastungsformen, mit Ausnahme der Suche im Winter, weiter abgefallen. Bei der Laufbelastung im Winter war der Abfall der Körpertemperatur in der 2. Stunde der Erholungszeit so stark, dass die Körpertemperatur nach 120 min Erholungszeit signifikant ( $p \leq 0,05$ ) unter dem Ruhewert lag.

#### **Vergleich der Lauf- und der Suchbelastung**

Nach der 20-minütigen Pause war kein Unterschied zwischen dem Abfall der Körpertemperatur nach der Lauf- und der Suchbelastung festzustellen (*siehe Abbildung 14*). In der Erholungszeit kam es im Winter zu einem signifikanten Unterschied zwischen der Lauf- und Suchbelastung ( $p \leq 0,01$ ). Bei beiden Belastungsformen kam es nach 60 min Erholungszeit zu einem Abfall der Körpertemperatur (Laufen:  $-0,4^\circ\text{C}$ , Suchen:  $-0,7^\circ\text{C}$ ), der sich bei der Laufbelastung im Winter in den anschließenden 60 min Erholungszeit fortsetzte ( $-0,2^\circ\text{C}$ ). Dagegen stieg die Körpertemperatur bei der Suchbelastung im Winter in den zweiten 60 min Erholungszeit gering an.

#### **Vergleich der Sommer- und der Winterarbeit**

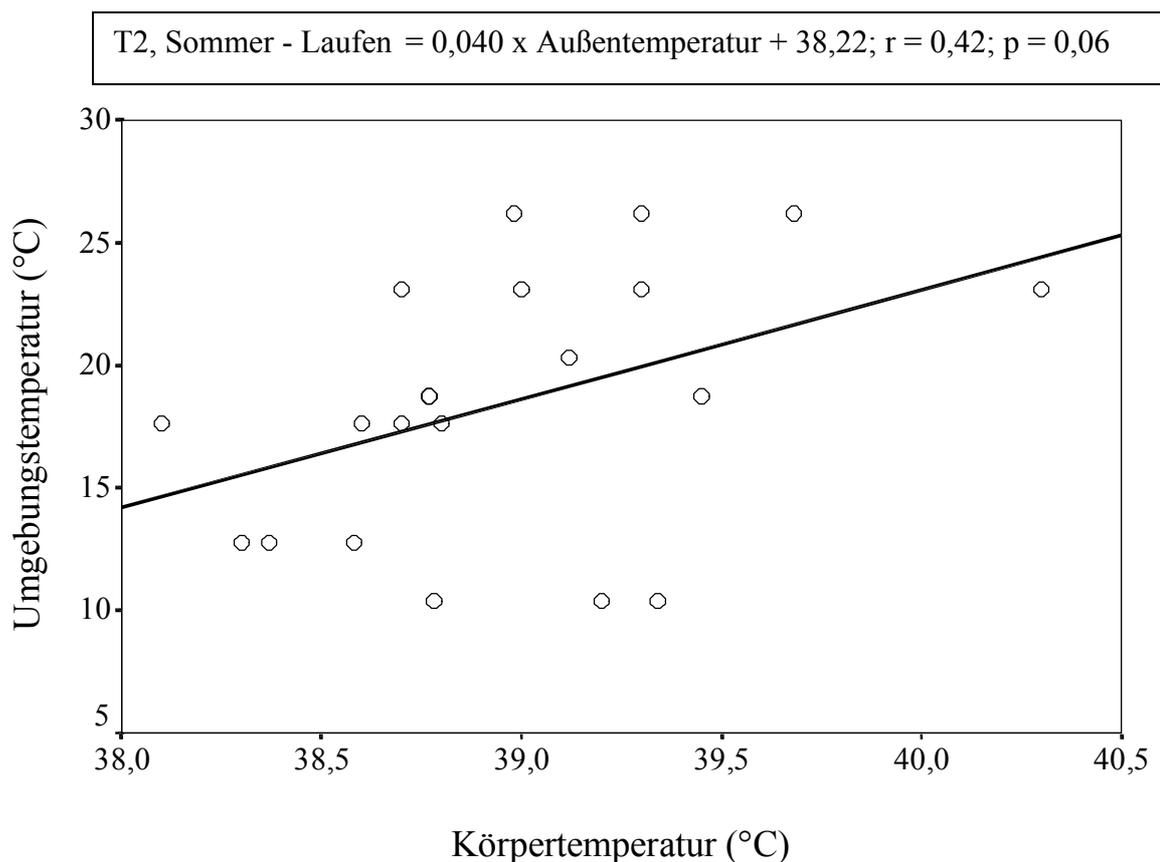
Bei der Lauf- und Suchbelastung kam es im Sommer nach 20 min Pause und nach 60 min Erholung zu einem signifikant stärkeren Abfall der Körpertemperatur als bei den entsprechenden Belastungsformen im Winter (*siehe Abbildung 14*). Der Abfall der Körpertemperatur nach 20 min Pause war bei der Lauf- und Suchbelastung im Sommer mit  $-0,7^\circ\text{C}$  bis  $-0,8^\circ\text{C}$  fast doppelt so hoch wie bei der entsprechenden Belastungsform im Winter ( $-0,4^\circ\text{C}$  bis  $-0,5^\circ\text{C}$ ;  $p \leq 0,05$ ). Nach 60 min Erholung war der Abfall der Körpertemperatur bei der Laufbelastung im Sommer dreimal so hoch wie im Winter und bei der Suchbelastung im Sommer fast doppelt so hoch wie bei der Suchbelastung im Winter ( $p \leq 0,001$ ).

### 4.2.3 Korrelation zwischen der Körpertemperatur und der Umgebungstemperatur

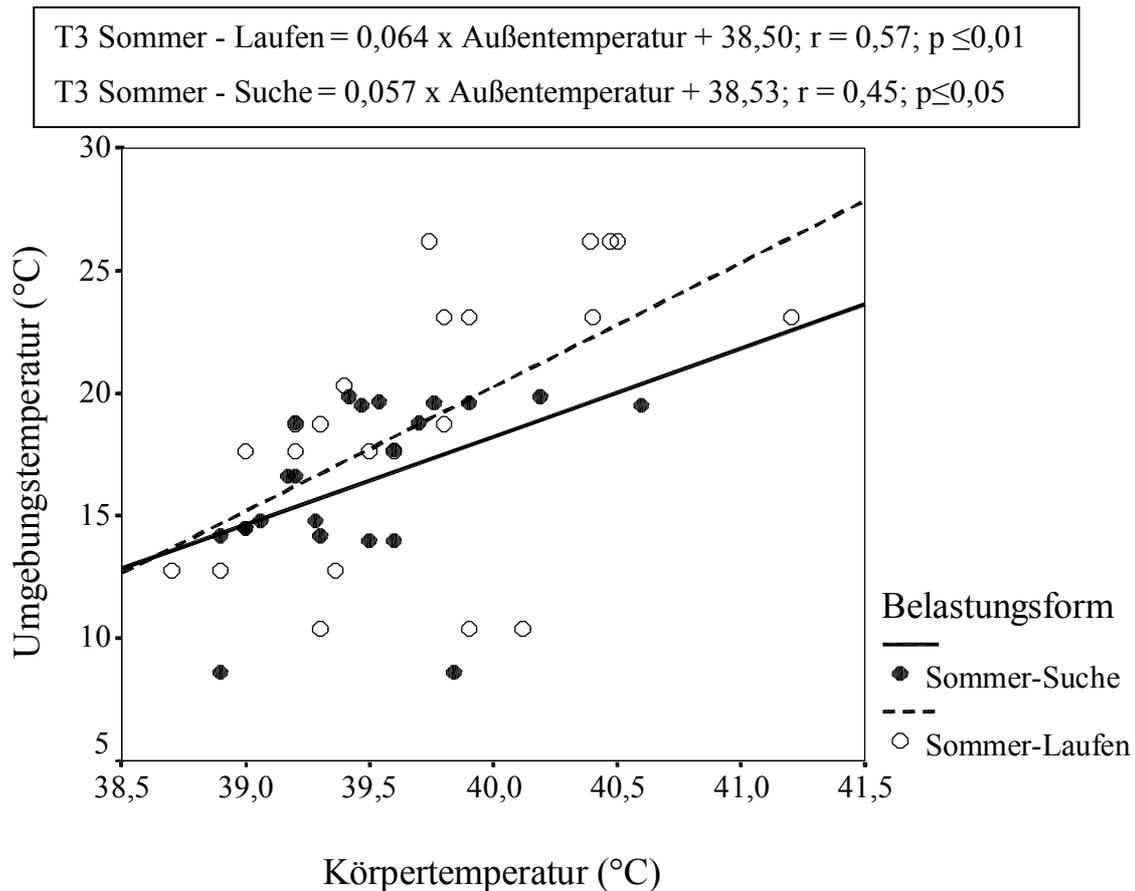
Um den Einfluss der Außentemperatur auf die Körpertemperatur während der 4 Belastungsformen feststellen zu können, wurde die Korrelation zwischen diesen beiden Parametern berechnet. Mit Ausnahme der Laufbelastung im Winter konnte bei allen Belastungsformen ein Zusammenhang zwischen der Körpertemperatur und der Außentemperatur nachgewiesen werden.

Eine tendenziell positive Korrelation mit der Außentemperatur wurde sowohl in der Pause (T2) nach der ersten ( $p=0,06$ ) als auch nach der zweiten 20-minütigen Laufbelastung (T3) im Sommer ( $p\leq 0,01$ ) bestimmt (siehe Abbildung 15 und 16).

Auch bei der Suchbelastung im Sommer konnte nach der zweiten 20-minütigen Suchbelastung (T3) eine positive Korrelation mit der Außentemperatur berechnet werden ( $p\leq 0,05$ ) (siehe Abbildung 16).



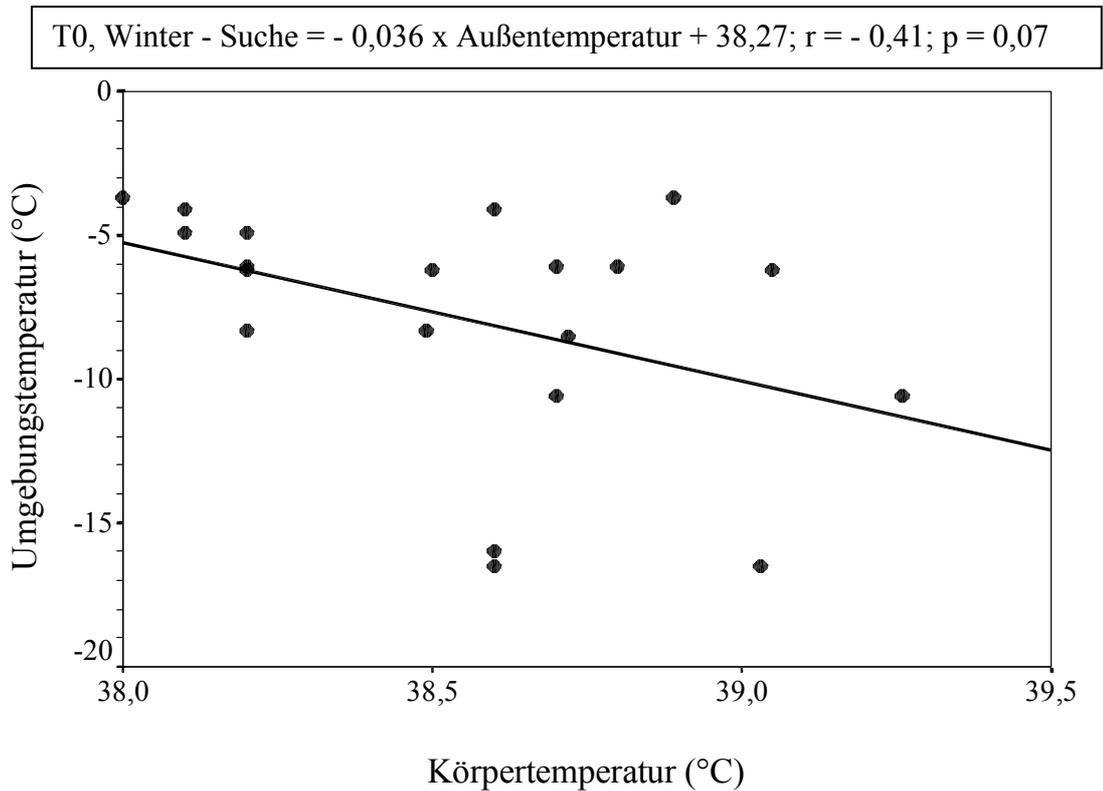
**Abbildung 15:** Korrelation zwischen der Außentemperatur und der Körpertemperatur mit Regressionsgerade bei der Laufbelastung im Sommer nach der Pause (T2).



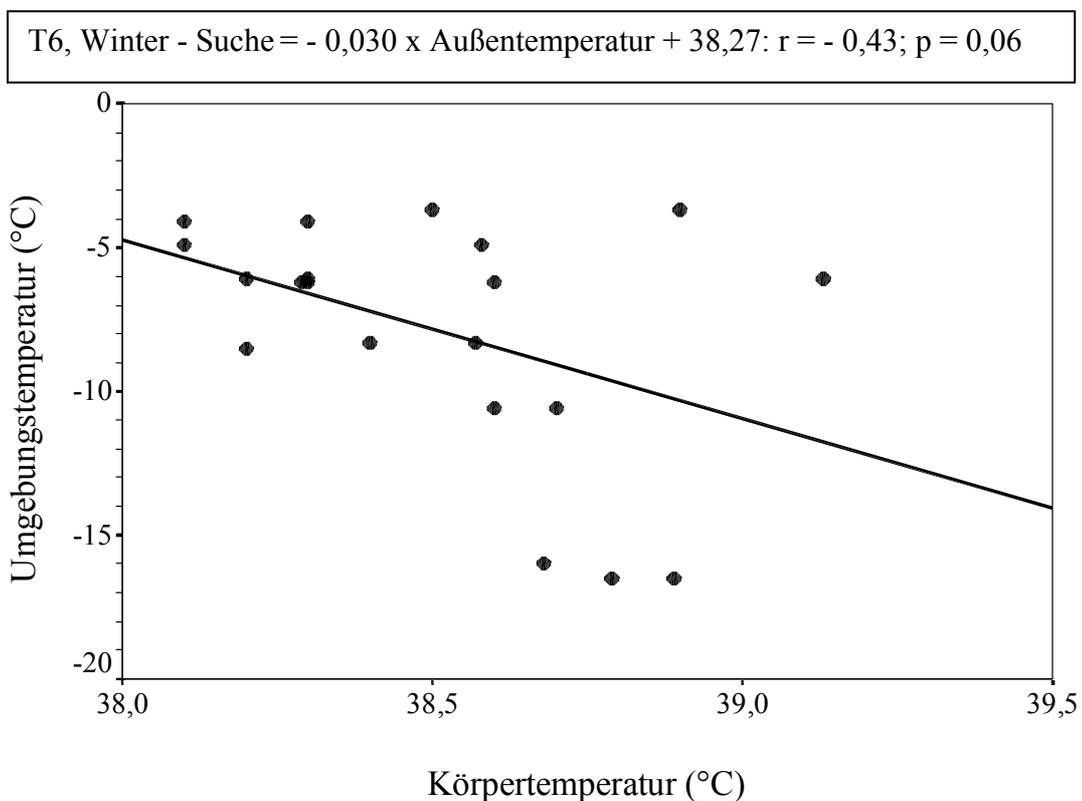
**Abbildung 16:** Korrelation zwischen der Außentemperatur und der Körpertemperatur mit Regressionsgerade für die Lauf- und die Suchbelastung im Sommer nach dem 2. Belastungsdurchgang (T3).

Dagegen konnte bei der Suchbelastung im Winter tendentiell eine negative Korrelation der Körpertemperatur nach 2 h Erholungszeit (T6) mit der Außentemperatur bestimmt werden ( $p=0,06$ ). Die Ruhekörpertemperatur (T0) bei der Suchbelastung im Winter war nicht signifikant ( $p=0,07$ ) aber deutlich negativ mit der Außentemperatur korreliert.

Zu den übrigen Probenzeitpunkten der 4 Belastungsformen konnten keine Korrelationen nachgewiesen werden.



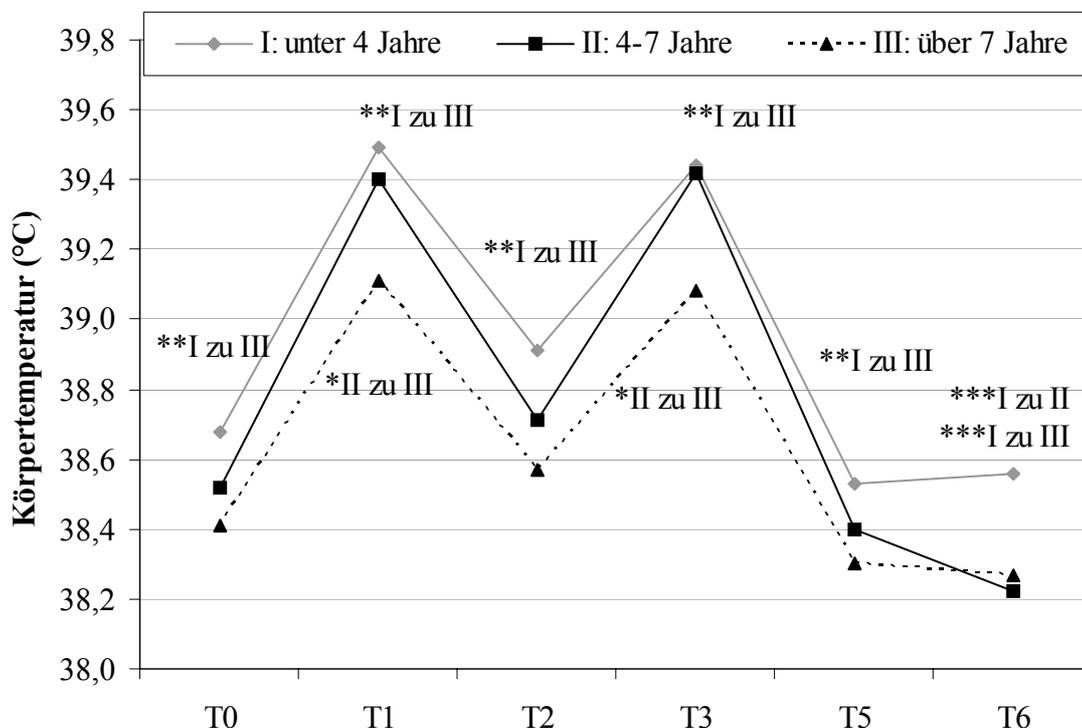
**Abbildung 17:** Korrelation zwischen der Außentemperatur und der Körpertemperatur mit Regressionsgerade für die Suchbelastung im Winter in Ruhe (T0).



**Abbildung 18:** Korrelation zwischen der Außentemperatur und der Körpertemperatur mit Regressionsgerade für die Suchbelastung im Winter nach 120 min Erholung (T6).

#### 4.2.4 Einfluss des Alters auf die Körpertemperatur

Die Körpertemperatur zeigte eine deutliche Abhängigkeit vom Alter (*siehe Abbildung 19*). Die über 7-jährigen Hunde (III) wiesen mit Ausnahme des Probenzeitpunktes T6 nach 2 h Erholung stets die geringste Körpertemperatur auf. Die unter 4 Jahre alten Hunde (I) wiesen zu allen Probenzeitpunkten die höchste Körpertemperatur auf. Die Körpertemperatur der über 7 Jahre alten Hunde lag zu allen Probenzeitpunkten signifikant unter der Körpertemperatur von den unter 4-jährigen Hunden ( $p \leq 0,01$ ). Nach beiden Belastungsdurchgängen (T1, T3) lag die Körpertemperatur der über 7-jährigen Hunde auch signifikant unter den 4 bis 7-jährigen (II) Hunden ( $p \leq 0,05$ ). Nach 2 h Erholung lag die Körpertemperatur der unter 4-jährigen Hunde signifikant über der beiden anderen Altersklassen ( $p \leq 0,01$ ).



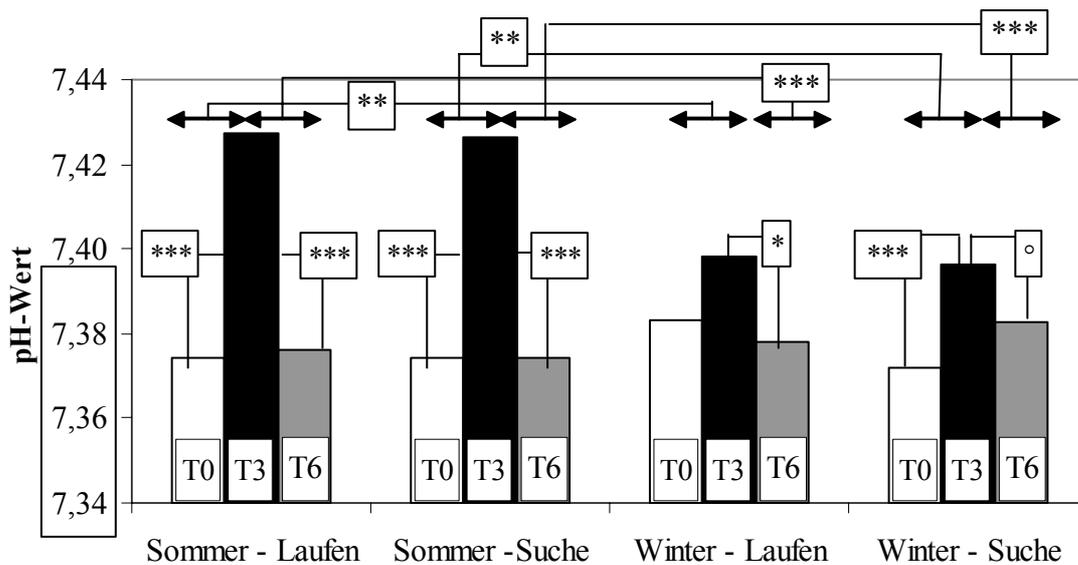
**Abbildung 19:** Körpertemperatur (°C) zu den 6 Probenzeitpunkten in Abhängigkeit vom Alter der Hunde. Angegeben sind Mittelwerte aus den 4 Belastungsformen (Probenzeitpunkt: T0: Ruhe; T1: nach den ersten 20 min Belastung, T2: nach 20 min Pause; T3: nach den zweiten 20 min Belastung; T5: nach 60 min Erholung; T6: nach 120 min Erholung; \*  $p \leq 0,05$ ; \*\*  $p \leq 0,01$ ; \*\*\*  $p \leq 0,001$ ; Altersklasse I: N = 7; II: N = 8; III: N = 7)

## 4.3 Blutparameter

### 4.3.1 Einfluss der Belastungsform auf die Blutparameter

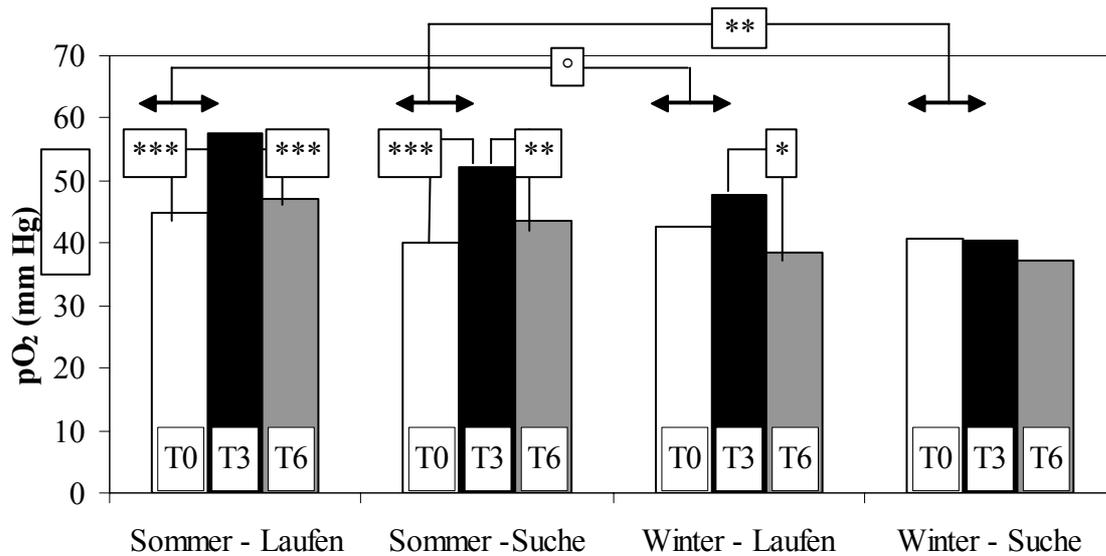
#### Blutgase

Der pH-Wert lag in Ruhe bei den 4 Belastungsformen zwischen  $7,37 \pm 0,02$  und  $7,38 \pm 0,02$ . Nach jeder Belastungsform stieg der pH-Wert an (siehe Abbildung 20) und der pH-Belastungswert (T3) lag mit Ausnahme der Laufbelastung im Winter signifikant über dem Ruhewert (T0) ( $p \leq 0,001$ ).



**Abbildung 20:** pH-Wert bei den 4 Belastungsformen in Ruhe (T0), nach beiden Belastungsdurchgängen (T3) und nach 2 h Erholung (T6). Angegeben sind Mittelwerte, sowie signifikante Unterschiede innerhalb und zwischen den Belastungsformen (Sommer: N = 22, Winter: 19-20; °  $p=0,06$ ; \*  $p \leq 0,05$ ; \*\*  $p \leq 0,01$ ; \*\*\*  $p \leq 0,001$ ). Ruhe- bzw. Referenzwerte aus der Literatur sind schwarz umrahmt.

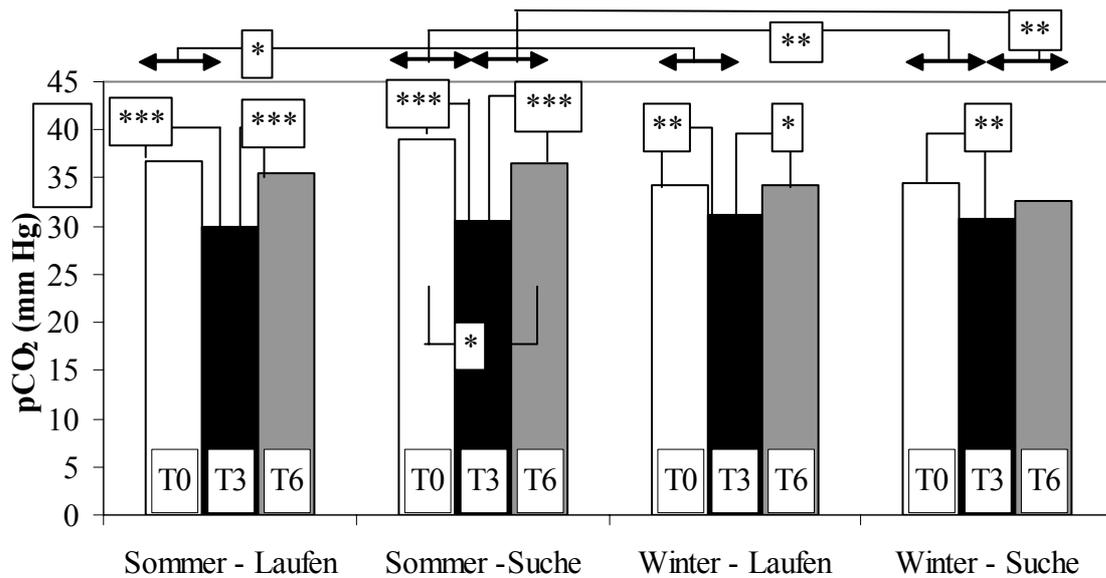
Der Sauerstoffpartialdruck ( $pO_2$ ) lag in Ruhe bei allen 4 Belastungsformen bei Werten zwischen  $39,97 \pm 9,63$  mm Hg und  $44,83 \pm 11,14$  mm Hg. Nach der Lauf- und der Suchbelastung im Sommer war der  $pO_2$  gegenüber dem Ruhewert signifikant angestiegen ( $p \leq 0,001$ ) (siehe Abbildung 21).



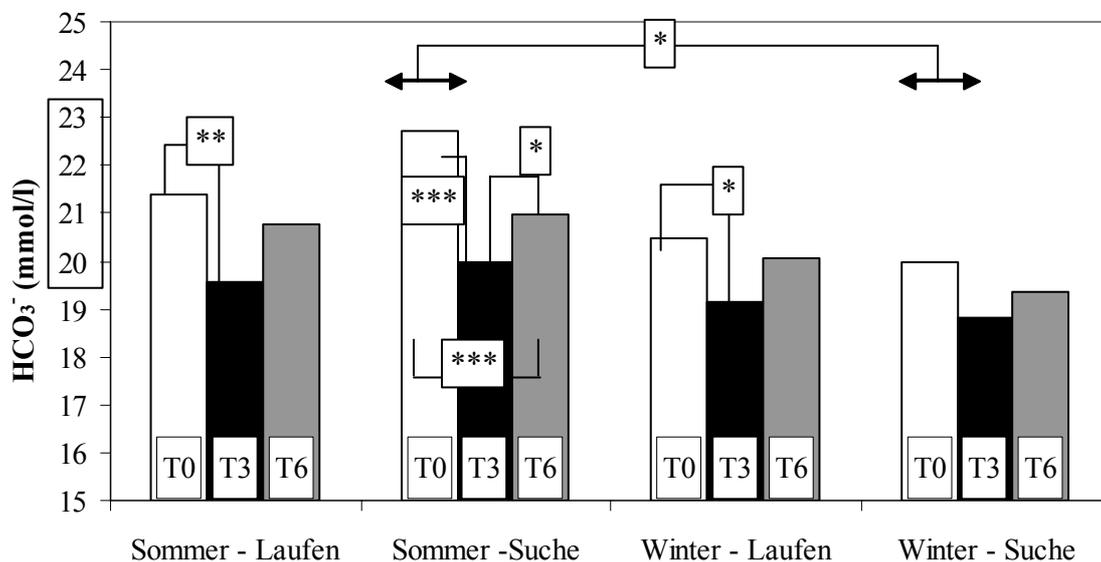
**Abbildung 21:** Sauerstoff-Partialdruck ( $pO_2$ ; mm Hg) bei den 4 Belastungsformen in Ruhe (T0), nach beiden Belastungsdurchgängen (T3) und nach 2 h Erholung (T6). Angegeben sind Mittelwerte, sowie signifikante Unterschiede innerhalb und zwischen den Belastungsformen (Sommer: N = 22, Winter: 19-20; ° = 0,06; \*  $p \leq 0,05$ ; \*\*  $p \leq 0,01$ ; \*\*\*  $p \leq 0,001$ ). Ruhe- bzw. Referenzwerte aus der Literatur sind schwarz umrahmt.

Der Kohlendioxidpartialdruck ( $pCO_2$ ) lag in Ruhe zwischen  $34,37 \pm 3,4$  mm Hg und  $39,07 \pm 3,62$  mm Hg. Alle 4 Belastungsformen verursachten zum Zeitpunkt T3 eine signifikante Erniedrigung des  $pCO_2$  gegenüber dem Ruhewert (*siehe Abbildung 22*) ( $p \leq 0,01$ ).

Die Bikarbonat-Konzentration ( $HCO_3^-$ ) lag in Ruhe zwischen  $19,97 \pm 3,26$  mmol/l und  $22,74 \pm 1,66$  mmol/l. Mit Ausnahme der Suchbelastung im Winter kam es zu einem signifikanten Abfall des  $HCO_3^-$  nach den Belastungsformen (*siehe Abbildung 23*) ( $p \leq 0,05$ ).

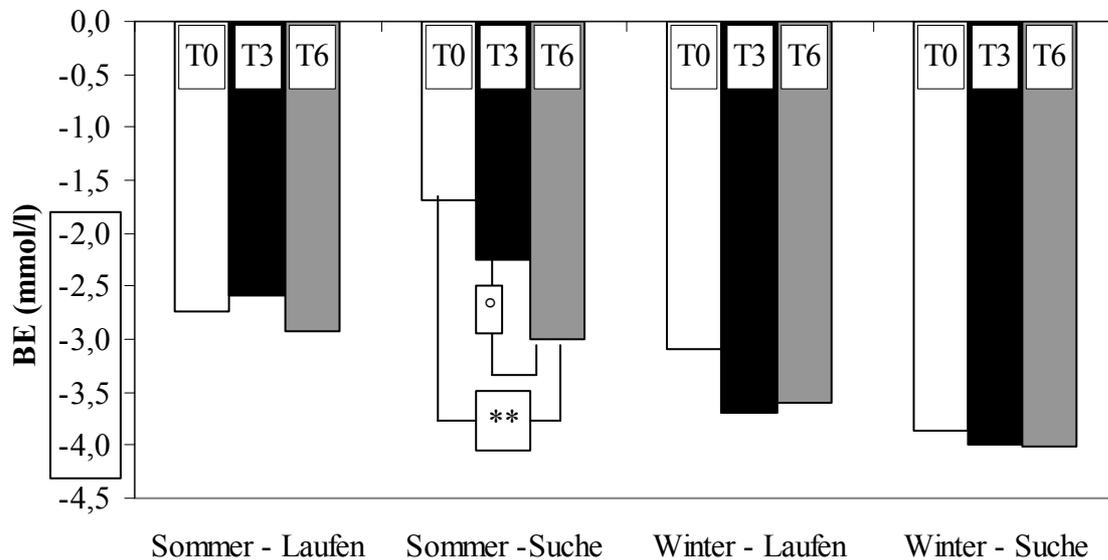


**Abbildung 22:** Kohlendioxid-Partialdruck (pCO<sub>2</sub>; mm Hg) bei den 4 Belastungsformen in Ruhe (T0), nach beiden Belastungsdurchgängen (T3) und nach 2 h Erholung (T6). Angegeben sind Mittelwerte, sowie signifikante Unterschiede innerhalb und zwischen den Belastungsformen (Sommer: N = 22, Winter: 19-20; \* p≤0,05; \*\*p ≤0,01; \*\*\* p≤0,001). Ruhe- bzw. Referenzwerte aus der Literatur sind schwarz umrahmt.



**Abbildung 23:** Bikarbonatkonzentration (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>; mmol/l) bei den 4 Belastungsformen in Ruhe (T0), nach beiden Belastungsdurchgängen (T3) und nach 2 h Erholung (T6). Angegeben sind Mittelwerte, sowie signifikante Unterschiede innerhalb und zwischen den Belastungsformen (Sommer: N = 22, Winter: 19-20; \* p≤0,05; \*\*p ≤0,01; \*\*\* p≤0,001). Ruhe- bzw. Referenzwerte aus der Literatur sind schwarz umrahmt.

Die Ruhewerte des Basenexzess (BE) lagen bei allen 4 Belastungsformen bei  $-1,69 \pm 1,35$  mmol/l bis  $-3,87 \pm 2,71$  mmol/l. Der BE veränderte sich nach keiner Belastung signifikant (siehe Abbildung 24).

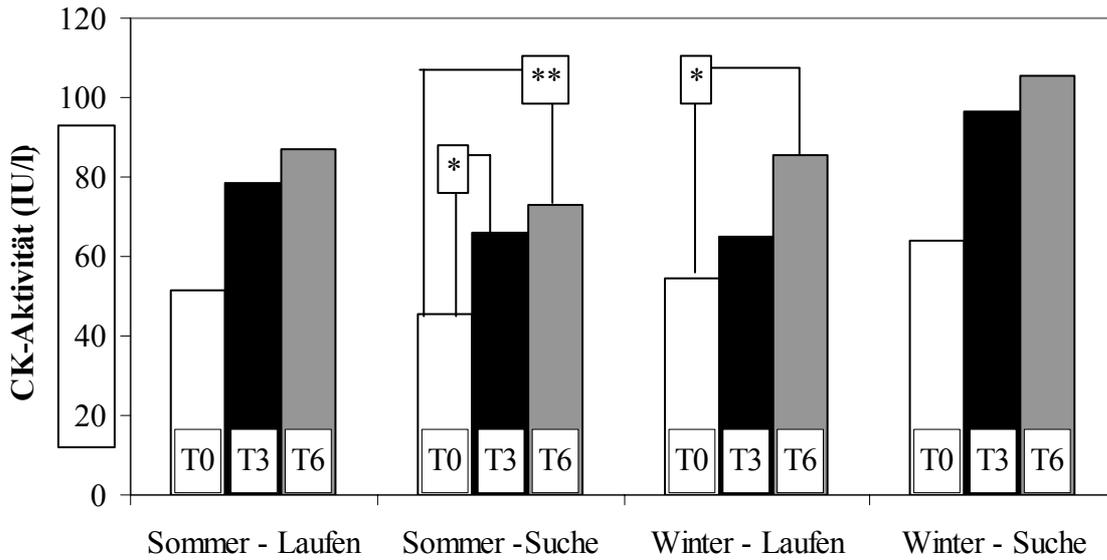


**Abbildung 24:** Basenexzess (BE; mmol/l) bei den 4 Belastungsformen in Ruhe (T0), nach beiden Belastungsdurchgängen (T3) und nach 2 h Erholung (T6) Angegeben sind Mittelwerte, sowie signifikante Unterschiede innerhalb der Belastungsformen (Sommer: N = 22, Winter: 19-20; °p = 0,06; \*\*p ≤ 0,01). Ruhe- bzw. Referenzwerte aus der Literatur sind schwarz umrahmt.

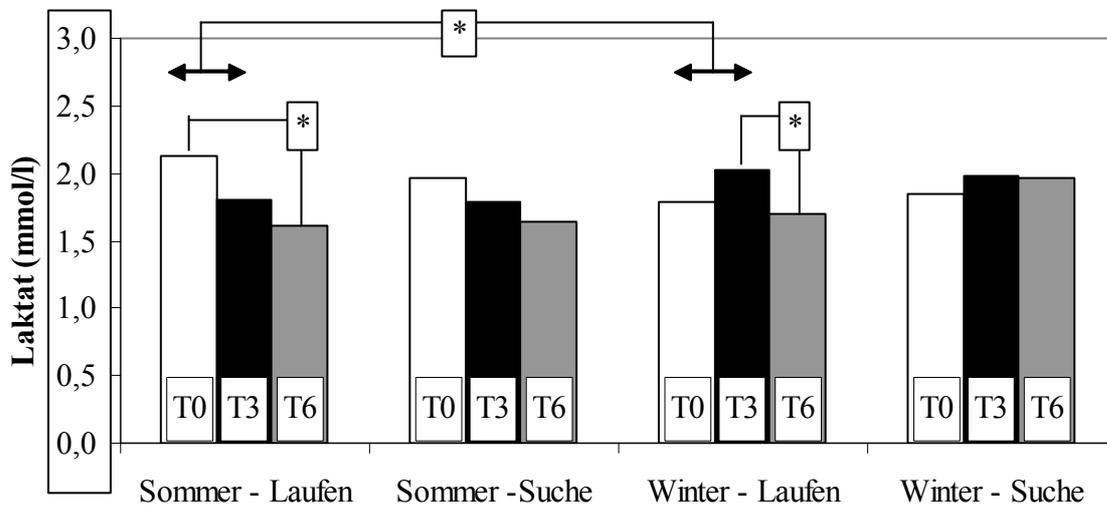
### Muskelstoffwechsel

In Ruhe erreichte die Kreatinkinase-Aktivität (CK) bei allen Belastungsformen durchschnittlich Werte zwischen  $45,44 \pm 15,85$  IU/l und  $63,94 \pm 44,36$  IU/l. Nach den 4 Belastungsformen konnte ein Anstieg der CK beobachtet werden, jedoch nur der CK-Belastungswert (T3) nach der Suchbelastung im Sommer lag signifikant über dem Ruhewert ( $p \leq 0,05$ ) (siehe Abbildung 25).

Die Laktat-Werte in Ruhe lagen bei allen 4 Belastungsformen zwischen  $1,80 \pm 0,36$  mmol/l und  $2,13 \pm 1,14$  mmol/l und veränderten sich unmittelbar nach Belastung nicht signifikant (siehe Abbildung 26).



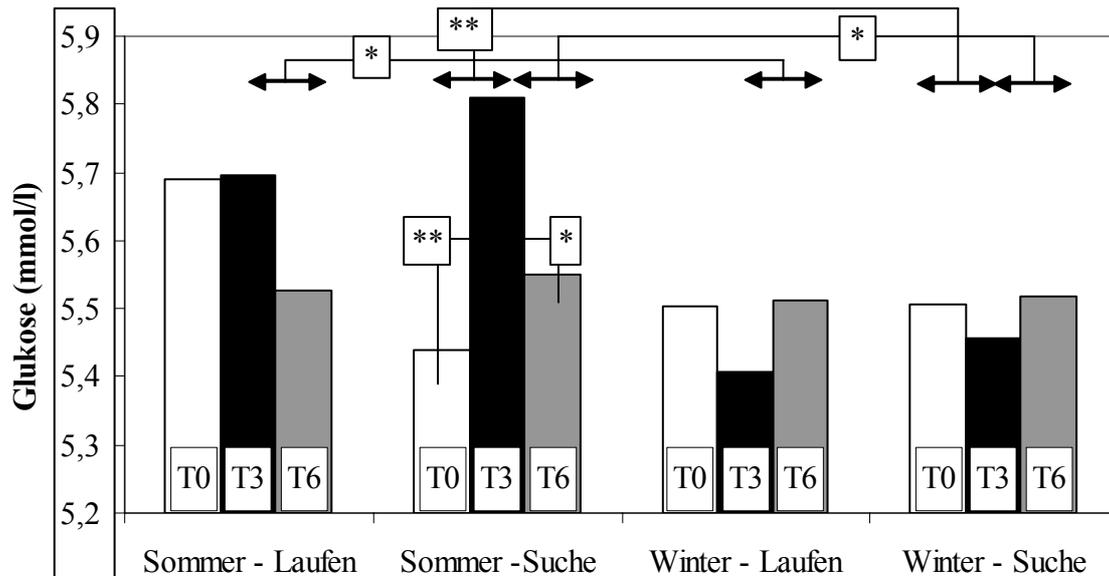
**Abbildung 25:** Kreatinkinase-Aktivität (CK; IU/l) bei den 4 Belastungsformen in Ruhe (T0), nach beiden Belastungsdurchgängen (T3) und nach 2 h Erholung (T6). Angegeben sind Mittelwerte, sowie signifikante Unterschiede innerhalb der Belastungsformen (Sommer: N = 22, Winter: 19-20; \*  $p \leq 0,05$ ; \*\*  $p \leq 0,01$ ). Referenzwerte aus der Literatur sind schwarz umrahmt.



**Abbildung 26:** Laktatkonzentration (mmol/l) bei den 4 Belastungsformen in Ruhe (T0), nach beiden Belastungsdurchgängen (T3) und nach 2 h Erholung (T6). Angegeben sind Mittelwerte, sowie signifikante Unterschiede innerhalb und zwischen den Belastungsformen (Sommer: N = 22, Winter: 19-20; \*  $p \leq 0,05$ ). Ruhe- bzw. Referenzwerte aus der Literatur sind schwarz umrahmt.

## Glukosestoffwechsel

In Ruhe erreichte die Glukose bei allen 4 Belastungsformen Werte zwischen  $5,43 \pm 0,47$  mmol/l und  $5,69 \pm 0,37$  mmol/l. Nur nach der Suchbelastung im Sommer kam es zu einem signifikanten Anstieg der Glukose auf  $5,81 \pm 0,43$  mmol/l ( $p \leq 0,01$ ) (siehe Abbildung 27).



**Abbildung 27:** Glukosekonzentration (mmol/l) bei den 4 Belastungsformen in Ruhe (T0), nach beiden Belastungsdurchgängen (T3) und nach 2 h Erholung (T6) (Sommer: N=21-22; Winter: N=19-20; \*  $p \leq 0,05$ ; \*\*  $p \leq 0,01$ ). Ruhe- bzw. Referenzwerte aus der Literatur sind schwarz umrahmt.

Die untersuchten Hämatologischen Parameter (Hkt, Hb), die untersuchten Proteine (TP, Alb, Glob), sowie die Parameter des Leber- (ALT, AP, Bil, Chol) und des Nierenstoffwechsels (BUN, Krea) zeigten nach keiner der 4 Belastungsformen signifikante belastungsbedingte Veränderungen (siehe Tabellen 20-22).

### Vergleich der Lauf- und der Suchbelastung

Beim Vergleich der Lauf- und Suchbelastung konnten nur im Glukosestoffwechsel und der ALT-Aktivität signifikante Unterschiede beobachtet werden. Die Glukosekonzentration stieg nach der Suchbelastung im Sommer signifikant stärker an als nach der Laufbelastung im Sommer. Der Anstieg nach der Suchbelastung im Sommer war mit  $0,37$  mmol/l fast 40-mal stärker als der Anstieg bei der Laufbelastung im Sommer mit  $0,01$  mmol/l ( $p \leq 0,05$ ) (siehe

Abbildung 27). Die ALT-Aktivität stieg nach der Laufbelastung im Winter mit 6,0 IU/l signifikant stärker an als nach der Suchbelastung im Winter mit 0,7 IU/l ( $p \leq 0,05$ ) (siehe Tabelle 21).

### **Vergleich der Sommer- und der Winterarbeit**

Signifikante Unterschiede zwischen der Sommer- und der Winterarbeit traten bei einigen untersuchten Parametern der Blutgase, der Protein- und Glukosekonzentrationen, des Muskel- und des Leberstoffwechsels auf.

#### Blutgase

Der pH und der  $pO_2$  stiegen bei der Lauf- und der Suchbelastung im Sommer signifikant stärker an als bei der entsprechenden Belastung im Winter. Der Anstieg von pH und  $pO_2$  war dabei im Sommer mehr als doppelt so stark verglichen mit dem Anstieg der beiden Parameter im Winter. So stieg der pH nach der Lauf- und der Suchbelastung im Sommer um 0,05 und im Winter um 0,02 an ( $p \leq 0,01$ ) (siehe Abbildung 20).

Der  $pO_2$  stieg nach der Laufbelastung im Sommer um 12,7 mm Hg und im Winter um 5,1 mm Hg ( $p = 0,06$ ). Nach der Suchbelastung im Sommer stieg der  $pO_2$  um 12,3 mm Hg, wohingegen er sich im Winter kaum veränderte ( $p \leq 0,01$ ) (siehe Abbildung 21).

Der  $pCO_2$  fiel nach der Lauf- und der Suchbelastung im Sommer signifikant stärker ab als nach der entsprechenden Belastung im Winter. Der  $pCO_2$ -Abfall war nach der Laufbelastung im Sommer mit -6,8 mm Hg doppelt so stark wie der  $pCO_2$ -Abfall im Winter mit -3,2 mm Hg ( $p \leq 0,05$ ). Auch nach der Suchbelastung fiel der  $pCO_2$  im Sommer mit - 8,6 mm Hg mehr als doppelt so stark ab wie im Winter mit -3,7 mm Hg ( $p \leq 0,01$ ) (siehe Abbildung 22).

Nach der Suchbelastung zeigte auch die Bikarbonatkonzentration signifikante Unterschiede zwischen der Sommer- und der Winterarbeit ( $p \leq 0,05$ ). Im Sommer fiel diese mit -2,7 mmol/l doppelt so stark ab wie im Winter mit -1,2 mmol/l.

#### Muskelstoffwechsel

Bei der Laktat-Konzentration kam es nach den Laufbelastungen zu einer unterschiedlichen Entwicklung. Im Sommer fiel der Laktat-Wert nach der Laufbelastung um 0,34 mmol/l, wohingegen es im Winter nach der Laufbelastung zu einem Anstieg von 0,24 mmol/l kam ( $p \leq 0,05$ ) (siehe Abbildung 26).

### Glukosestoffwechsel

Die Glukosekonzentration zeigte bei den Suchbelastungen signifikante Unterschiede zwischen der Sommer- und der Winterarbeit. Im Sommer stieg diese nach Belastung um fast 0,37 mmol/l an. Im Gegensatz dazu fiel sie im Winter um etwa 0,05 mmol/l ab ( $p \leq 0,01$ ) (siehe Abbildung 27).

### Leberstoffwechsel:

Bei der ALT-Aktivität kam es nach den Laufbelastungen zu einer unterschiedlichen Entwicklung. Nach der Laufbelastung im Winter stieg die ALT-Aktivität um 6 IU/l, wohingegen sie im Sommer nach der Laufbelastung um 0,2 IU/l abfiel ( $p \leq 0,01$ ) (siehe Tabelle 21).

### Proteine:

Nach der Laufbelastung im Sommer fiel die Alb- Konzentration um 1,1 g/l ab, wohingegen sie im Winter um 1,5 g/l anstieg, so dass sich der belastungsbedingte Anstieg der Alb-Konzentration zwischen den beiden Laufbelastungen signifikant unterschied ( $p \leq 0,05$ ) (siehe Tabelle 20).

## **4.3.2 Einfluss der Erholungszeit auf die Blutparameter**

### Blutgase

Bei allen 4 Belastungsformen war der pH-Wert nach 120 min Erholungszeit (T6) gegenüber dem Belastungswert (T3) abgefallen und hatte die Ruhewerte (T0) erreicht (siehe Abbildung 20). Dieser Abfall war sowohl bei der Lauf- und der Suchbelastung im Sommer ( $p \leq 0,001$ ), als auch bei der Laufbelastung im Winter ( $p \leq 0,05$ ) signifikant. Im Fall der Suchbelastung im Winter lag der Abfall des pH-Wertes an der Signifikanzgrenze ( $p \leq 0,06$ ).

Auch der  $pO_2$ -Wert sank mit Ausnahme der Suchbelastung im Winter in der Erholungszeit T6) signifikant gegenüber dem Belastungswert (T3) ab und erreichte die Ruhewerte ( $p \leq 0,05$ ) (siehe Abbildung 21).

Analog stieg der  $pCO_2$ -Wert mit Ausnahme der Suchbelastung im Winter in der 120-minütigen Erholungszeit signifikant gegenüber dem Belastungswert an ( $p \leq 0,05$ ). Dabei erreichte der  $pCO_2$ -Erholungswert im Fall der Laufbelastung im Sommer und Winter den Ruhewert. Im Fall der Suchbelastung im Sommer lag der  $pCO_2$ -Erholungswert noch signifikant unter dem Ruhewert ( $p \leq 0,05$ ) (siehe Abbildung 22).

Der  $\text{HCO}_3^-$ -Erholungswert stieg nur bei der Suchbelastung im Sommer gegenüber dem Belastungswert signifikant an ( $p \leq 0,05$ ), lag dabei aber immer noch signifikant unter dem Ruhewert ( $p \leq 0,001$ ) (*siehe Abbildung 23*).

Der BE veränderte sich nur bei der Suchbelastung im Sommer signifikant. Hier lag der Erholungswert (T6) tendentiell über dem Belastungswert (T3) ( $p \leq 0,06$ ) und signifikant über dem Ruhewert ( $p \leq 0,001$ ) (*siehe Abbildung 24*).

### Muskelstoffwechsel

Die CK-Aktivität stieg bei allen 4 Belastungsformen nach der 120-minütigen Erholungszeit weiter an. Jedoch unterschied sich nur bei der Suchbelastung im Sommer ( $p \leq 0,01$ ) und bei der Laufbelastung im Winter ( $p \leq 0,05$ ) der CK-Erholungswert (T6) signifikant vom Ruhewert (T0) (*siehe Abbildung 25*).

Die Laktat-Konzentration fiel im Sommer auch während der 120-minütigen Erholungszeit weiter ab, so dass der Laktat-Erholungswert bei der Laufbelastung im Sommer signifikant unter dem Ruhewert lag ( $p \leq 0,05$ ). Auch bei der Laufbelastung im Winter fiel der Laktat-Wert nach der 120-minütigen Erholungszeit ab. Da der Laktat-Wert hier nach Belastung zunächst gestiegen war, kam es zu einem signifikanten Abfall der Laktat-Konzentration zwischen T3 und T6 ( $p \leq 0,05$ ) und die Erholungswerte lagen auf dem Niveau der Ruhewerte (*siehe Abbildung 26*).

### Glukosestoffwechsel

Nach der 120-minütigen Erholungszeit konnten im Glukosestoffwechsel nur nach der Suchbelastung im Sommer signifikante Veränderungen beobachtet werden. Die Glukose war hier nach der Erholungszeit (T6) signifikant gegenüber dem Belastungswert (T3) gefallen ( $p \leq 0,05$ ) und hatte annähernd die Ruhewerte erreicht (*siehe Abbildung 27*).

Die untersuchten Hämatologischen Parameter (Hkt, Hb), die untersuchten Proteine (TP, Alb, Glob), sowie die Parameter des Leber- (ALT, AP, Bil, Chol) und Nierenstoffwechsels (BUN, Krea) zeigten nach keiner der 4 Belastungsformen signifikante Veränderungen in der Erholungszeit (*siehe Tabellen 20-22*).

### Vergleich der Lauf- und der Suchbelastung

Bei den Blutparametern konnten in der Erholungszeit keine signifikanten Unterschiede zwischen der Lauf- und Suchbelastung beobachtet werden.

### Vergleich der Sommer- und der Winterarbeit

Beim Vergleich der Veränderung der Parameter in der Erholungszeit zwischen Sommer- und Winterarbeit traten nur beim pH-Wert, dem  $p\text{CO}_2$ , bei der Glukose- und der Bil-Konzentration signifikante Unterschiede auf.

#### Blutgase:

Der pH-Wert fiel in der Erholungszeit nach der Lauf- und der Suchbelastung im Sommer signifikant stärker im Winter. Dabei war der Abfall von -0,05 nach der Laufbelastung im Sommer mehr als doppelt so hoch und nach der Suchbelastung fünfmal so hoch wie im Winter ( $p \leq 0,001$ ) (*siehe Abbildung 20*).

Außerdem zeigte der  $p\text{CO}_2$  in der Erholungszeit nach der Suchbelastung im Sommer einen signifikanten dreimal so großen Anstieg wie im Winter ( $p \leq 0,01$ ) (*siehe Abbildung 22*).

#### Glukosestoffwechsel:

Nach der Lauf- und der Suchbelastung im Sommer fiel die Glukose in der Erholungszeit um 0,17 mmol/l bzw. um 0,26 mmol/l ab, wohingegen sie im Winter in der Erholungszeit um 0,11 mmol/l bzw. um 0,05 mmol/l anstieg. Dadurch unterschieden sich die Erholungswerte im Sommer signifikant von denen im Winter ( $p \leq 0,05$ ) (*siehe Abbildung 27*).

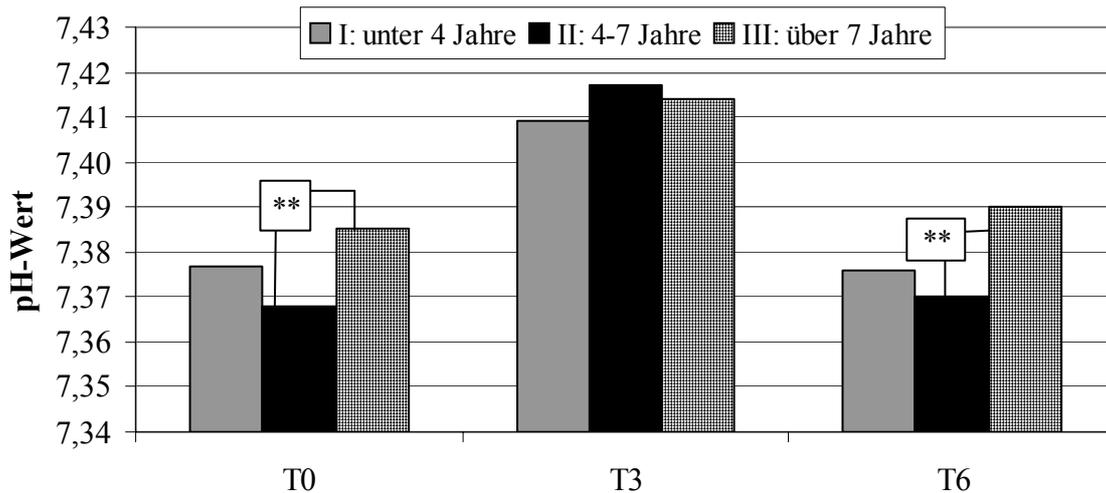
#### Leberstoffwechsel:

Die Bil- Konzentration stieg in der Erholungszeit nach der Suchbelastung im Sommer um 0,47  $\mu\text{mol/l}$  an, wohingegen sie im Winter um 0,02  $\mu\text{mol/l}$  abfiel. Sommer- und Winterarbeit unterschieden sich signifikant ( $p \leq 0,05$ ) (*siehe Tabelle 21*).

### **4.3.3 Einfluss des Alters auf ausgewählte Blutparameter**

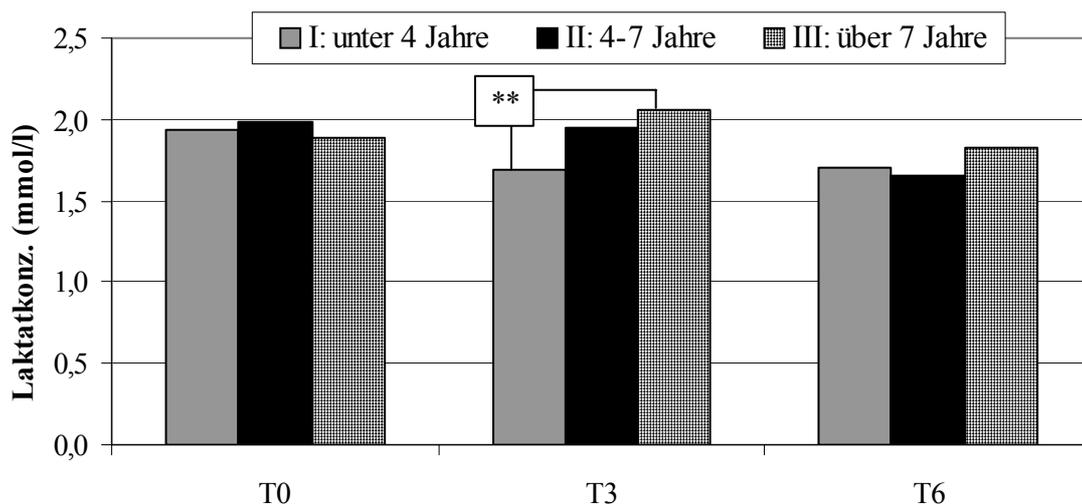
Bei den Blutparametern zeigten sich teilweise deutliche Unterschiede zwischen den 3 Altersklassen.

In Ruhe und nach 2 h Erholung lagen die pH-Werte der älteren Hunde (III) signifikant über der mittleren Altersklasse (II) ( $p \leq 0,01$ ). Die mittlere Altersklasse wies zu diesen Zeitpunkten die geringsten und nach Belastung die höchsten pH-Werte auf (*siehe Abbildung 28*).



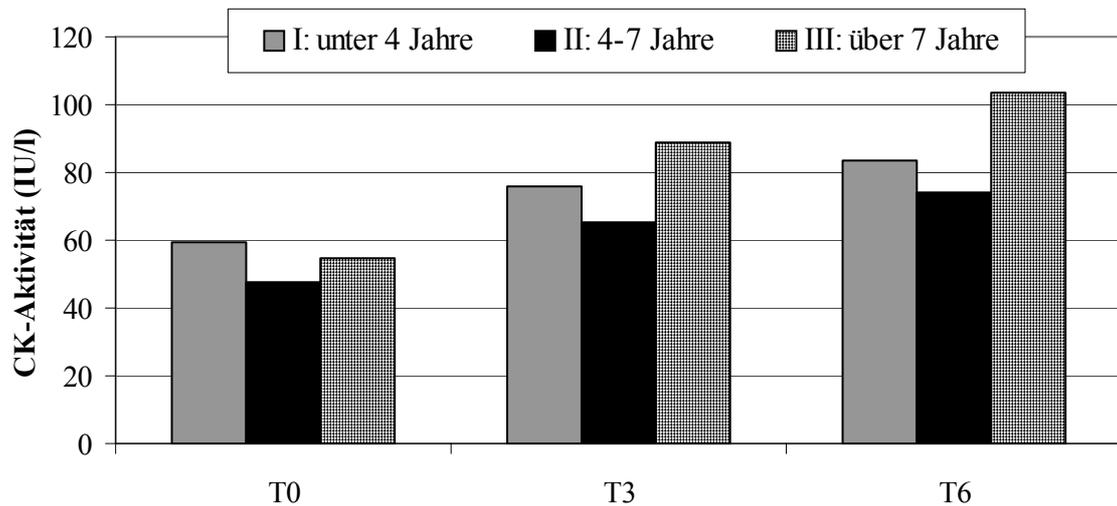
**Abbildung 28:** pH-Werte zu den 3 Probenzeitpunkten in Abhängigkeit vom Alter der Hunde. Angegeben sind Mittelwerte aus den 4 Belastungsformen (Probenzeitpunkt: T0: Ruhe; T3: nach den zweiten 20 min Belastung; T6: nach 120 min Erholung; \*\*  $p \leq 0,01$ ; Altersklasse I: N = 7; II: N = 8; III: N = 7).

Nur bei den über 7-jährigen Hunden (III) zeigte sich ein Anstieg der Laktatkonzentration nach den beiden Belastungsdurchgängen, wohingegen die Laktatwerte bei den anderen Altersklassen (I und II) nach Belastung abfielen (*siehe Abbildung 29*). Die Laktatkonzentration der alten Hunde unterschied sich nach Belastung (T3) signifikant von den unter 4-jährigen Hunden ( $p \leq 0,01$ ).



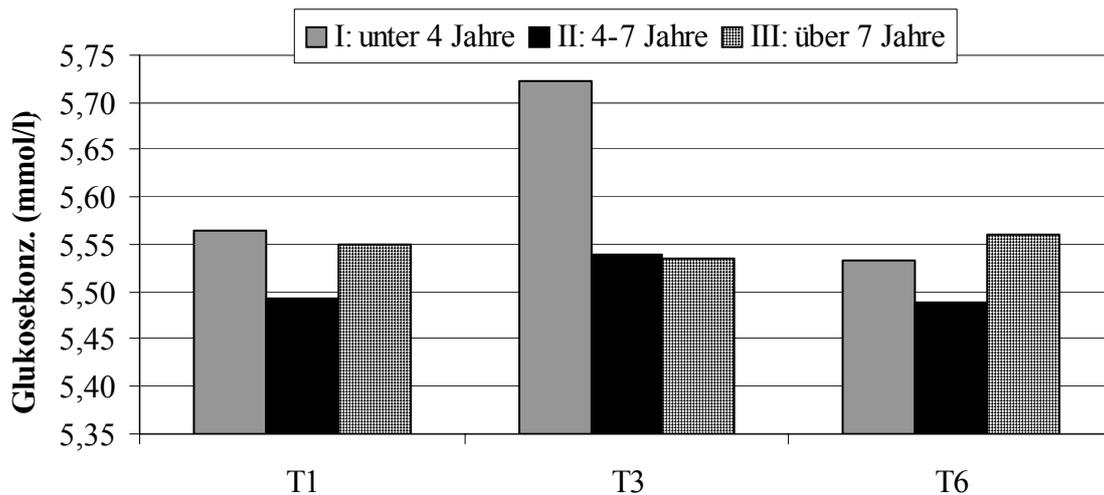
**Abbildung 29:** Laktatkonzentration (mmol/l) zu den 3 Probenzeitpunkten in Abhängigkeit vom Alter der Hunde. Angegeben sind Mittelwerte aus den 4 Belastungsformen (Probenzeitpunkt: T0: Ruhe; T3: nach den zweiten 20 min Belastung; T6: nach 120 min Erholung; \*\*  $p \leq 0,01$ ; Altersklasse I: N = 7; II: N = 8; III: N = 7)

Bei der CK-Aktivität konnten keine signifikanten Unterschiede bei den 3 Altersklassen nachgewiesen werden. Jedoch hatten die über 7-Jährigen Hunde (III) bereits unmittelbar nach Belastung wie auch nach 2 h Erholung höhere Werte als die beiden anderen Altersklassen (I und II) (siehe Abbildung 30).



**Abbildung 30:** CK-Aktivität (IU/l) zu den 3 Probenzeitpunkten in Abhängigkeit vom Alter der Hunde. Angegeben sind Mittelwerte aus den 4 Belastungsformen (Probenzeitpunkt: T0: Ruhe; T3: nach den zweiten 20 min Belastung; T6: nach 120 min Erholung; Altersklasse I: N = 7; II: N = 8; III: N = 7)

Bei der Glukosekonzentration konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den 3 Altersklassen festgestellt werden. Jedoch war die Glukosekonzentration bei den Junghunden unter 4 Jahren (I) unmittelbar nach den Belastungen deutlich höher als bei den anderen beiden Altersklassen (II und III). Bei den über 7-jährigen Hunden (III) hingegen fielen die Glukosewerte nach Belastung gering ab (siehe Abbildung 31).



**Abbildung 31:** Glukosekonzentration (mmol/l) zu den 3 Probenzeitpunkten in Abhängigkeit vom Alter der Hunde. Angegeben sind Mittelwerte aus den 4 Belastungsformen (Probenzeitpunkt: T0: Ruhe; T3: nach den zweiten 20 min Belastung; T6: nach 120 min Erholung; Altersklasse I: N = 7; II: N = 8; III: N = 7)

#### 4.4 Endokrine Parameter

##### 4.4.1 Qualitätskontrollen des Lumineszenz Immunoassay (LIA)

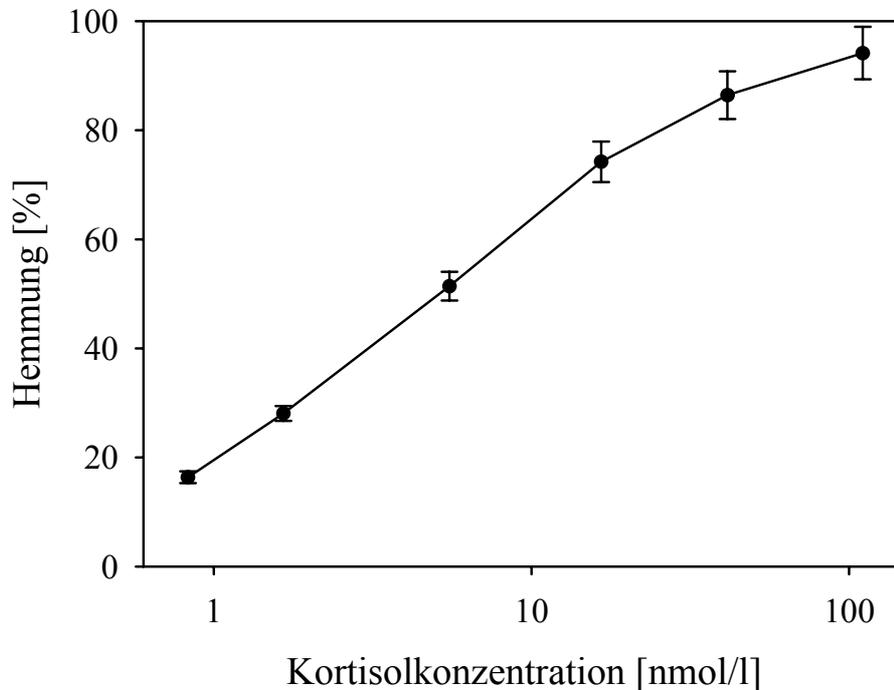
In diesen Untersuchungen wurde die **Präzision** der Methode durch die unten angegebenen intra- und interspezifischen Variationskoeffizienten bei humanen und kaninen Speichelkortisolproben überprüft (*siehe Tabelle 16*).

**Tabelle 16:** Intra- und interspezifische Variation (VK) in Abhängigkeit von der Kortisol-Konzentration in humanen bzw. caninen Speichelproben (M ± SD).

Intraspezifische Variation					
		M (nmol/l)	SD (nmol/l)	N	VK (%)
Pool	canin	2,38	0,10	6	4,06

Interspezifische Variation					
		M (nmol/l)	SD (nmol/l)	N	VK (%)
Kontrolle 1	human	4,55	0,33	7	7,50
Kontrolle 2	human	23,71	0,92	7	3,83
Pool	canin	2,33	0,25	7	10,70

Die **Richtigkeit** wurde durch die mitgelieferten Kortisolkontrollen nachgewiesen. Die Messwerte lagen stets innerhalb des angegebenen Referenzbereiches von 2,70-4,99 nmol/l für Kontrolle 1 und 19,87-29,53 nmol/l für Kontrolle 2.



**Abbildung 32:** Logarithmische Darstellung der Standardkurve des Lumineszenz-Immunoassays (LIA) ( $M \pm SEM$ ): Hemmung der Lumineszenz in Abhängigkeit von der Kortisolkonzentration der Standardlösungen (0,8 / 1,7 / 5,5 / 16,6 / 41,4 / 110,4 nmol/l) ( $r = 0,99$ ;  $p \leq 0,01$ ;  $N = 7$ ).

#### 4.4.2 Einfluss der Belastungsform auf die Speichelkortisol-Konzentration

Aus *Abbildung 33 und Tabelle 24* ist ersichtlich, dass die Speichelkortisol-Konzentration in Ruhe bei den Laufbelastungen im Sommer und im Winter ähnliche Werte zwischen  $2,16 \pm 1,22$  nmol/l und  $2,28 \pm 2,84$  nmol/l annahm. Die Ruhewerte der Suchbelastungen lagen mit  $1,48 \pm 0,63$  nmol/l bis  $1,75 \pm 0,94$  nmol/l geringfügig darunter. Im Sommer stellten die Ruhewerte bei der Lauf- und der Suchbelastung auch die Minimalwerte dar.

Nach der ersten 20-minütigen Laufbelastung im Sommer kam es zu einem signifikanten Anstieg des Speichelkortisols auf 5,25 nmol/l ( $p \leq 0,001$ ). Dieser Wert stellte auch den höchsten bei allen 4 Belastungsformen gemessenen Wert dar. Nach der ersten 20-minütigen Suchbelastung im Sommer und im Winter war nur ein leichter Anstieg des Speichelkortisols festzustellen. Die Speichelkortisol-Werte nach der 1. Laufbelastung im Winter unterschieden

sich nicht von den Ruhe-Werten.

Nach der zweiten 20-minütigen Laufbelastung im Sommer stieg der Speichelkortisol-Wert verglichen mit dem Pausenwert geringfügig an. Bei den anderen 3 Belastungsformen konnte nach der zweiten 20-minütigen Belastung ein Abfall des Speichelkortisols beobachtet werden. Bei der Suchbelastung im Winter handelte es sich um einen signifikanten Abfall gegenüber dem Pausenwert ( $p \leq 0,05$ ). Im Winter stellte der Belastungswert nach dem 2. Durchgang bei der Lauf- und der Suchbelastung den Minimalwert dar.

In keiner Belastungsform konnte ein signifikanter Unterschied zwischen der Speichelkortisol-Konzentration nach dem 1. und 2. Belastungsdurchgang nachgewiesen werden.

### **Vergleich der Lauf- und der Suchbelastung**

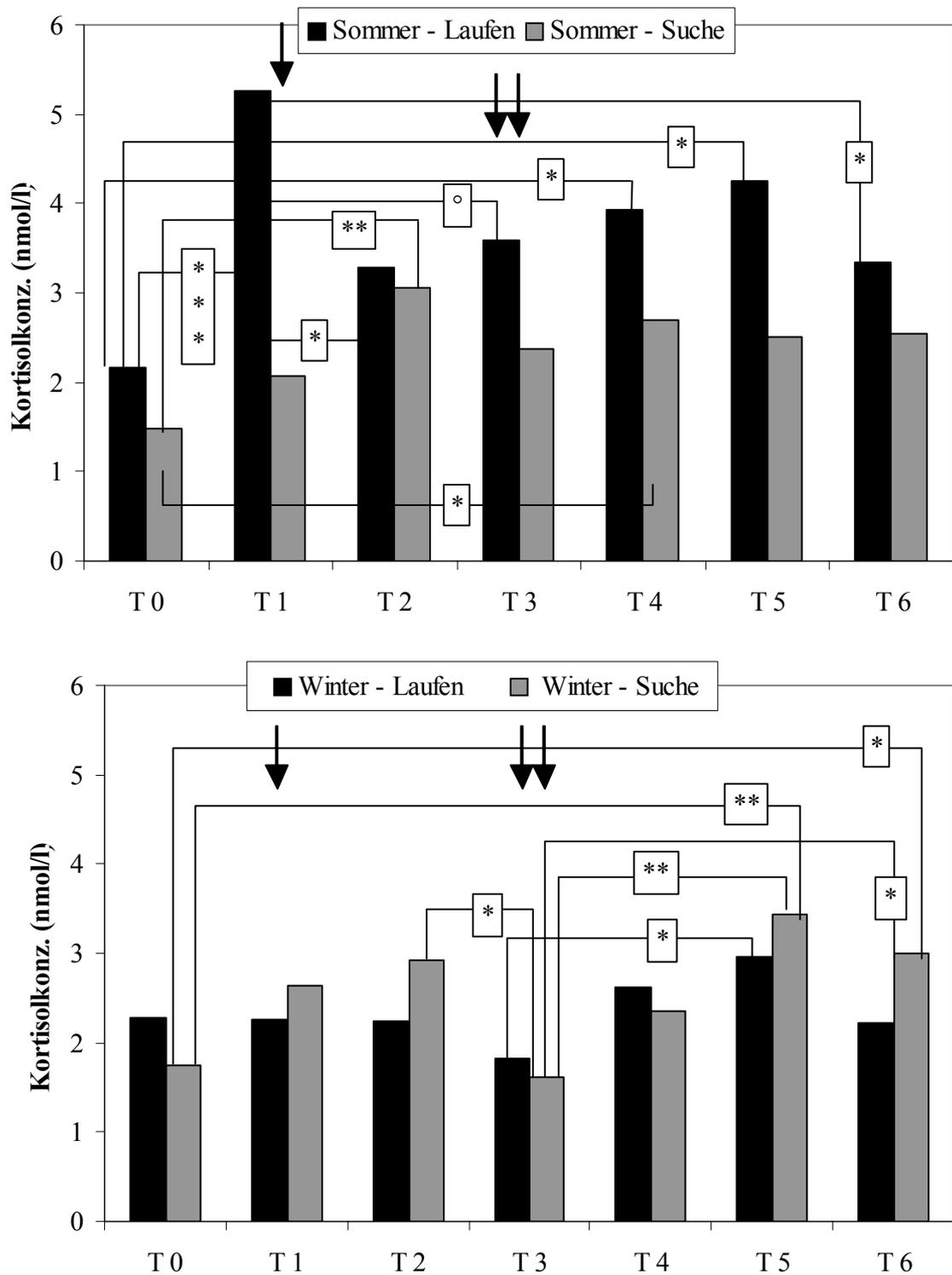
Beim Vergleich der Speichelkortisol-Werte in *Abbildung 34* dass die Speichelkortisol-Konzentration bei der Laufbelastung im Sommer zu allen Probenzeitpunkten über den Werten der Suchbelastung im Sommer lag. So unterschied sich im Sommer der starke belastungsbedingte Anstieg der Kortisolkonzentration nach dem 1. Durchgang bei der Laufbelastung signifikant von der Suchbelastung ( $p \leq 0,001$ ).

Im Winter hingegen lag die Speichelkortisol-Konzentration bei der Suchbelastung meist über der Laufbelastung.

### **Vergleich der Sommer- und der Winterarbeit**

Aus *Abbildung 34* ist ersichtlich, dass die belastungsbedingte Kortisolkonzentration nach der Laufbelastung im Sommer stets höher lag als bei der Laufbelastung im Winter. Nach den ersten 20 min Laufbelastung im Sommer stieg der Kortisolwert um 3,10 nmol/l an und im Winter nur um 0,22 nmol/l. Sommer- und Winterbelastung unterschieden sich hier signifikant ( $p \leq 0,01$ ). Nach der 2. Laufbelastung unterschied sich die relative Veränderung gegenüber dem Pausenwert zwischen Sommer und Winter nicht wesentlich.

Nach der ersten 20-minütigen Suchbelastung kam es im Sommer und im Winter zu einem Anstieg der Speichelkortisol-Werte. Nach der zweiten 20-minütigen Belastung fiel die Speichelkortisol-Konzentration sowohl bei der Suchbelastung im Sommer als auch bei der Suchbelastung im Winter ab.



**Abbildung 33:** Mittelwerte der Speichelkortisol-Konzentration (nmol/l) zu den 7 Probenzeitpunkten bei den 4 Belastungsformen (Probenzeitpunkt: T0: Ruhe; T1: nach den ersten 20 min Belastung (↓), T2: nach 20 min Pause; T3: nach den zweiten 20 min Belastung (↓↓); T4: nach 30 min Erholung; T5: nach 60 min Erholung; T6: nach 120 min Erholung; Sommer: N = 19-22; Winter: N = 16-20; ° p=0,06; \* p≤0,05; \*\* p≤0,01; \*\*\* p≤0,001).

#### **4.4.3 Einfluss der Pausen- und Erholungszeit auf die Speichelkortisol-Konzentration**

In der Pausen- und Erholungszeit konnte keine einheitliche Entwicklung der Speichelkortisol-Konzentration bei den 4 Belastungsformen beobachtet werden.

Bei der Laufbelastung im Sommer kam es nach dem 1. Belastungsdurchgang in der 20-minütigen Pause zu einem signifikanten Abfall der Kortisolkonzentration gegenüber dem Belastungswert ( $p \leq 0,05$ ). Bei der Suchbelastung im Sommer dagegen erreichte die Speichelkortisol-Konzentration nach der Pause mit  $3,06 \pm 3,17$  nmol/l das Maximum. Der Pausenwert lag bei der Suchbelastung im Sommer signifikant über dem Ruhewert ( $p \leq 0,01$ ). Bei der Lauf- und Suchbelastung im Winter veränderten sich die Kortisol-Werte in der Pause verglichen mit den Werten nach dem 1. Belastungsdurchgang nicht wesentlich (*siehe Abbildung 33*).

In der Erholungszeit nach der zweiten 20-minütigen Belastung zeigten sich bei der Laufbelastung im Sommer die höchsten Kortisolwerte (*siehe Abbildung 33 und 34*). Hier kam es in der Erholungszeit zu einem kontinuierlichen Anstieg des Speichelkortisols. Bereits nach 30 min Erholungszeit lag die Kortisolkonzentration signifikant über dem Ruhewert und erreichte nach 60 min mit  $4,26 \pm 2,69$  nmol/l ein weiteres Maximum ( $p \leq 0,05$ ). In der anschließenden Erholungszeit fielen die Speichelkortisol-Werte langsam ab, lagen aber nach 120 min Erholungszeit noch deutlich über dem Ruhewert.

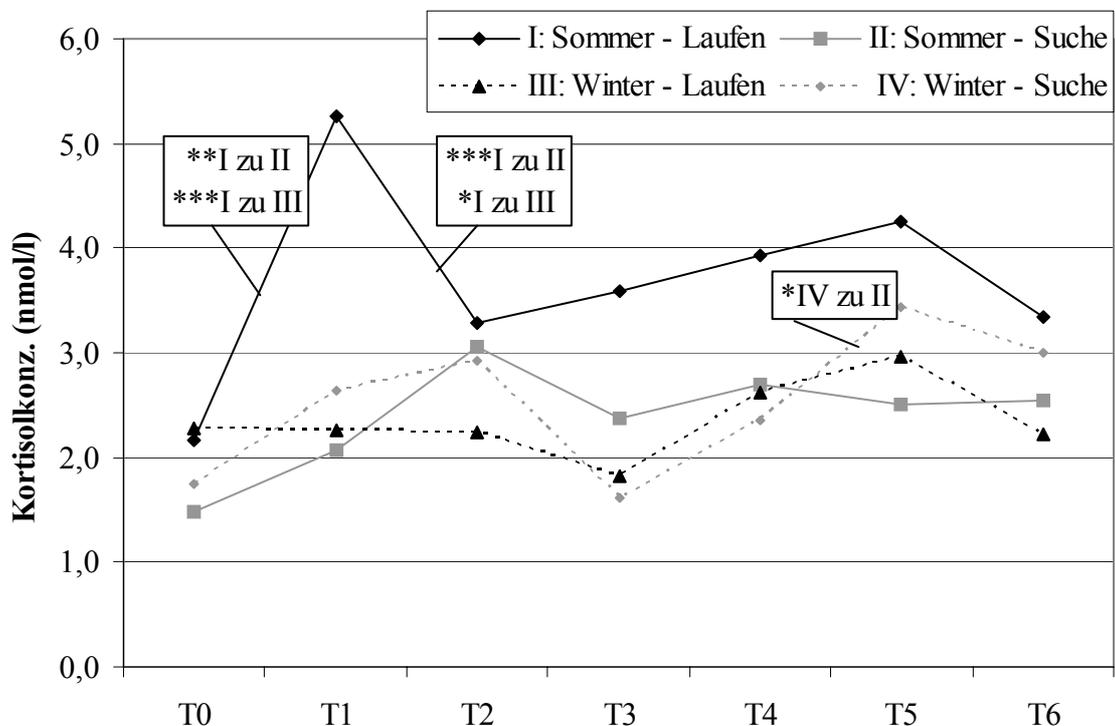
Bei der Suchbelastung im Sommer stieg die Speichelkortisol-Konzentration nach dem 2. Durchgang in 30 min Erholungszeit ebenfalls an und lag mit  $2,69 \pm 2,8$  nmol/l signifikant über dem Ruhewert ( $p \leq 0,05$ ). In der weiteren Erholungszeit der Suchbelastung im Sommer sank die Speichelkortisol-Konzentration, lag aber nach 120 min Erholungszeit noch über dem Ruhewert (*siehe Abbildung 33*).

Lauf- und Suchbelastung im Winter zeigten eine synchrone Entwicklung der Kortisol-Werte in der Erholungszeit. Bei beiden Belastungsformen stieg die Speichelkortisol-Konzentration innerhalb der ersten 60 min Erholungszeit an und erreichte dann bei der Laufbelastung im Winter ein Maximum von  $2,96 \pm 1,78$  nmol/l und bei der Suchbelastung im Winter ein Maximum von  $3,44 \pm 2,01$  nmol/l. Sowohl nach der Lauf- als auch nach der Suchbelastung im Winter lagen diese Speichelkortisol-Werte signifikant über den Werten unmittelbar nach der 2. Lauf- bzw. Suchbelastung ( $p \leq 0,05$ ). Bei der Suchbelastung lag das Maximum auch signifikant über dem Ruhewert ( $p \leq 0,01$ ). Nach den zweiten 60 min Erholungszeit fiel die Speichelkortisol-Konzentration in beiden Fällen deutlich ab, lag bei der Suchbelastung im Winter jedoch noch tendentiell über dem Ruhewert ( $p=0,06$ ) (*siehe Abbildung 33*).

### Vergleich der Lauf- und der Suchbelastung

Aus *Abbildung 34* ist ersichtlich, dass die Speichelkortisol-Konzentration in der Pausen- und Erholungszeit nach der Laufbelastung im Sommer stets höher lag als zu den entsprechenden Zeitpunkten der Suchbelastung.

Der Verlauf der Speichelkortisol-Konzentration in der 20-minütigen Pause unterschied sich signifikant zwischen der Lauf- und der Suchbelastung im Sommer. Die Speichelkortisol-Konzentration war bei der Laufbelastung im Sommer im Vergleich zum Belastungswert um 1,96 nmol/l abgesunken. Bei der Suchbelastung im Sommer dagegen stieg der Kortisol-Wert nach der Pause im Vergleich zum Belastungswert um 1,03 nmol/l an ( $p \leq 0,001$ ). In der weiteren Erholungszeit nach dem 2. Durchgang zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen der Lauf- und der Suchbelastung.



**Abbildung 34:** Speichelkortisol-Konzentration (nmol/l) zu den 7 Probenzeitpunkten bei den 4 Belastungsformen. Angegeben sind Mittelwerte und signifikante Unterschiede zwischen den Belastungsformen (Probenzeitpunkt: T0: Ruhe; T1: nach den ersten 20 min Belastung; T2: nach 20 min Pause; T3: nach den zweiten 20 min Belastung ; T4: nach 30 min Erholung; T5: nach 60 min Erholung; T6: nach 120 min Erholung; Sommer: N = 19-22; Winter: N = 16-20; \*  $p \leq 0,05$ ; \*\*  $p \leq 0,01$ ; \*\*\*  $p \leq 0,001$ ).

### **Vergleich der Sommer- und der Winterarbeit**

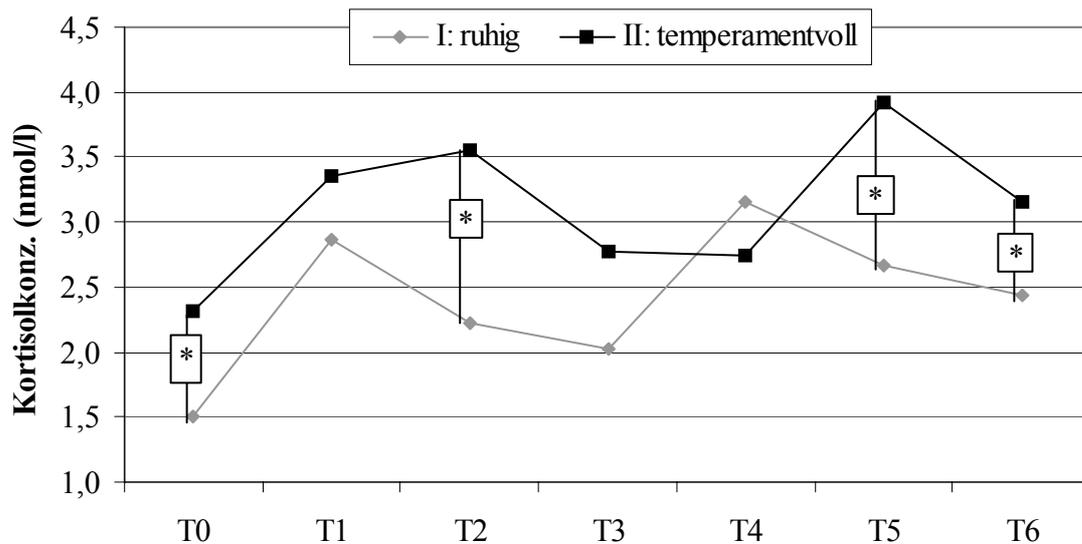
In der 20-minütigen Pause nach der 1. Laufbelastung zeigten sich im Sommer signifikant stärkere Veränderungen als im Winter ( $p \leq 0,05$ ). Die Kortisolkonzentration fiel bei der Laufbelastung im Sommer während der Pause um 1,96 nmol/l ab, wohingegen sie im Winter nur gering abfiel.

In der Erholungszeit kam es zu einem signifikanten Unterschied zwischen der Suchbelastung im Sommer und der Suchbelastung im Winter. Nach 30 min Erholungszeit stieg die Speichelkortisol-Konzentration zunächst sowohl bei der Suchbelastung in Sommer als auch bei der Suchbelastung im Winter an. Nach 60 min Erholungszeit fiel die Speichelkortisol-Konzentration bei der Suchbelastung im Sommer dann geringfügig ab und stieg bei der Suchbelastung im Winter um 1,22 nmol/l an. Sommer- und Winterarbeit unterschieden sich hier signifikant voneinander ( $p \leq 0,05$ ). Nach weiteren 60 min Erholungszeit veränderte sich der Speichelkortisol-Wert bei der Suchbelastung im Sommer nicht wesentlich, während er bei der Suchbelastung im Winter um 0,8 nmol/l abfiel (*siehe Abbildung 34*).

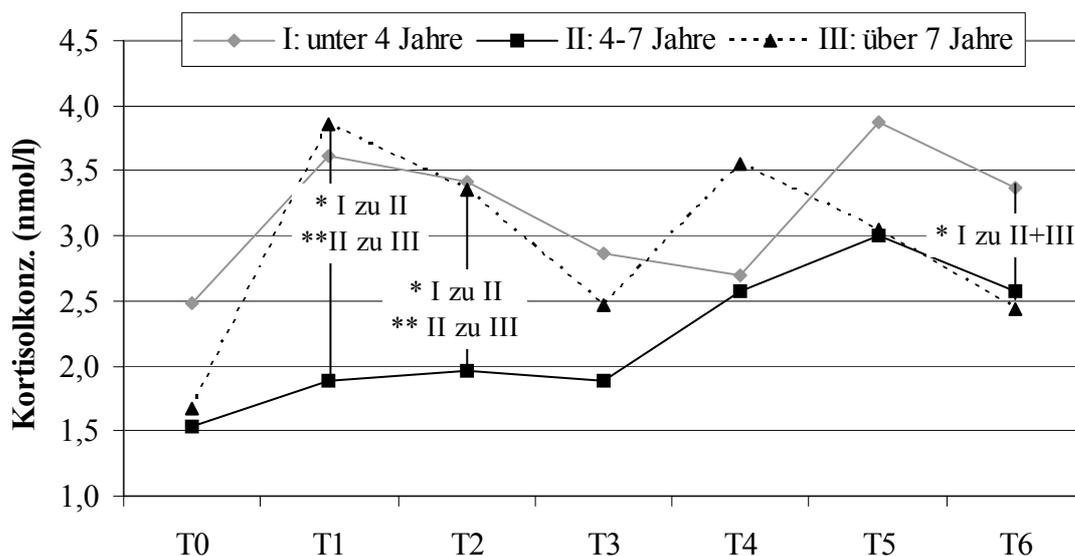
### **4.4.4 Einfluss von Alter und Temperament auf die Speichelkortisol-Konzentration**

Die Kortisolwerte der Hunde, die während der Untersuchungen als temperamentvoll aufgefallen waren, lagen fast ausnahmslos über den Werten der Hunde, die ausgeglichen und ruhig wirkten. Besonders in der Pausen- und Erholungszeit lag die Speichelkortisol-Konzentration der als temperamentvoll klassifizierten Hunde signifikant über den Kortisolwerten der als ruhig bezeichneten Hunde ( $p \leq 0,01$ ) (*siehe Abbildung 35*).

Auch ein Zusammenhang der Speichelkortisol-Konzentration und dem Alter der Hunde konnte nachgewiesen werden. Die Kortisolwerte der älteren und jüngeren Hunde lagen meist über den Werten der mittleren Altersklasse. Unmittelbar nach dem 1. Belastungsdurchgang, sowie nach der 20-minütigen Pause und nach 2 h Erholung lag die Speichelkortisol-Konzentration der 4 bis 7 Jahr alten Hunde (II) signifikant unter denen der jüngeren (I) und älteren (III) Hunde ( $p \leq 0,05$ ) (*siehe Abbildung 36*).



**Abbildung 35:** Speichelkortisol-Konzentration (nmol/l) zu den 7 Probenzeitpunkten in Abhängigkeit vom Temperament der Hunde. Angegeben sind Mittelwerte aus den 4 Belastungsformen (Probenzeitpunkt: T0: Ruhe; T1: nach den ersten 20 min Belastung, T2: nach 20 min Pause; T3: nach den zweiten 20 min Belastung; T4: nach 30 min Erholung; T5: nach 60 min Erholung; T6: nach 120 min Erholung; \*,  $p \leq 0,05$ ; Gruppe I: N = 11; II: N = 11).



**Abbildung 36:** Speichelkortisol-Konzentration (nmol/l) zu den 7 Probenzeitpunkten in Abhängigkeit vom Alter der Hunde. Angegeben sind Mittelwerte aus den 4 Belastungsformen (Probenzeitpunkt: T0: Ruhe; T1: nach den ersten 20 min Belastung, T2: nach 20 min Pause; T3: nach den zweiten 20 min Belastung; T4: nach 30 min Erholung; T5: nach 60 min Erholung; T6: nach 120 min Erholung; \* $p \leq 0,05$ ; \*\* $p \leq 0,01$ ; Altersklasse I: N = 7; II: N = 8; III: N = 7).

## **4.5 Ethologische Parameter**

### **4.5.1 Aktivitätsindex der Suchbelastungen**

#### **Vergleich der alpinen Trümmersuche und der Flächensuche**

Beide Durchgänge der Suchbelastung im Sommer wurden in die Teilbereiche alpine Trümmersuche (1. Teil der Suchbelastung) und Flächensuche (2. Teil der Suchbelastung) untergliedert und der Aktivitätsindex getrennt für beide Teilbereiche berechnet. Aus *Abbildung 37* ist ersichtlich, dass zwischen der alpinen Trümmersuche und der Flächensuche grundlegende Unterschiede in der Zusammensetzung der Lokomotion auftraten. Bei der alpinen Trümmersuche kam es in beiden Durchgängen zu einem größeren Anteil an „Schritt“ und einem geringeren Anteil an „Galopp“ in der Gesamtbeobachtungszeit. In beiden Durchgängen unterschieden sich die errechneten Aktivitätsindizes zwischen der alpinen Trümmersuche und der Flächensuche signifikant ( $p \leq 0,001$ ). Der Aktivitätsindex bei der Flächensuche lag stets signifikant über dem Aktivitätsindex der Trümmersuche.

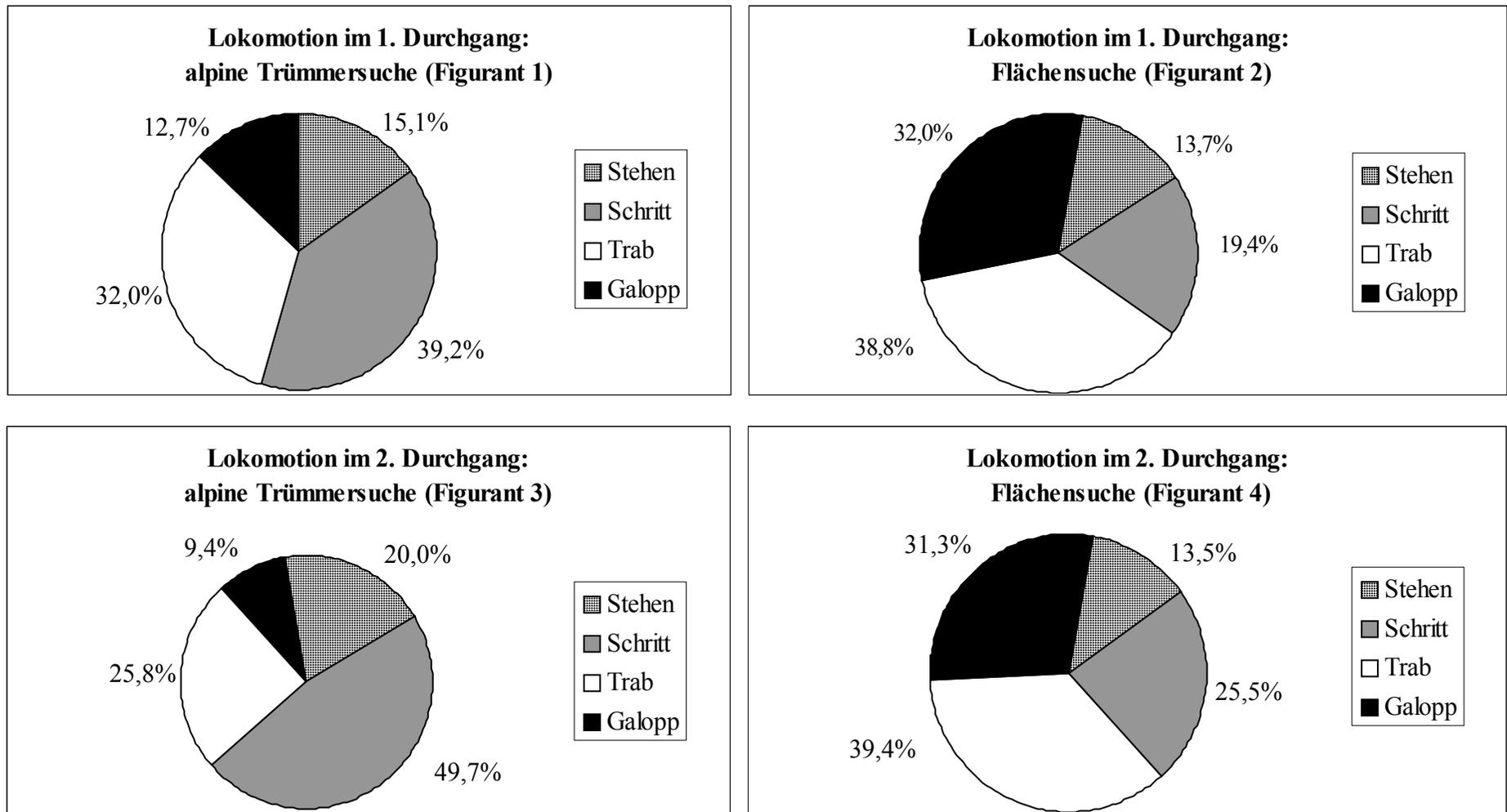
#### **Vergleich des 1. und 2. Durchgangs einer Suchbelastung**

Bei der alpinen Trümmersuche im Sommer zeigte sich zwischen dem 1. und 2. Durchgang eine Verschiebung in der Zusammensetzung der Lokomotion. Der Anteil an „Galopp“ und „Trab“ verringerte sich um 4% bzw. 7% zugunsten der Anteile „Stehen“ (+ 5%) und „Schritt“ (+ 11%). Daher lag bei der alpinen Trümmersuche der Aktivitätsindex des 1. Durchgangs signifikant über dem Aktivitätsindex des 2. Durchgangs ( $p \leq 0,05$ ). Bei der Flächensuche veränderten sich die prozentuale Zusammensetzung der Bewegungsformen und die Aktivitätsindizes zwischen dem 1. und 2. Durchgang nicht wesentlich (*siehe Abbildung 37*).

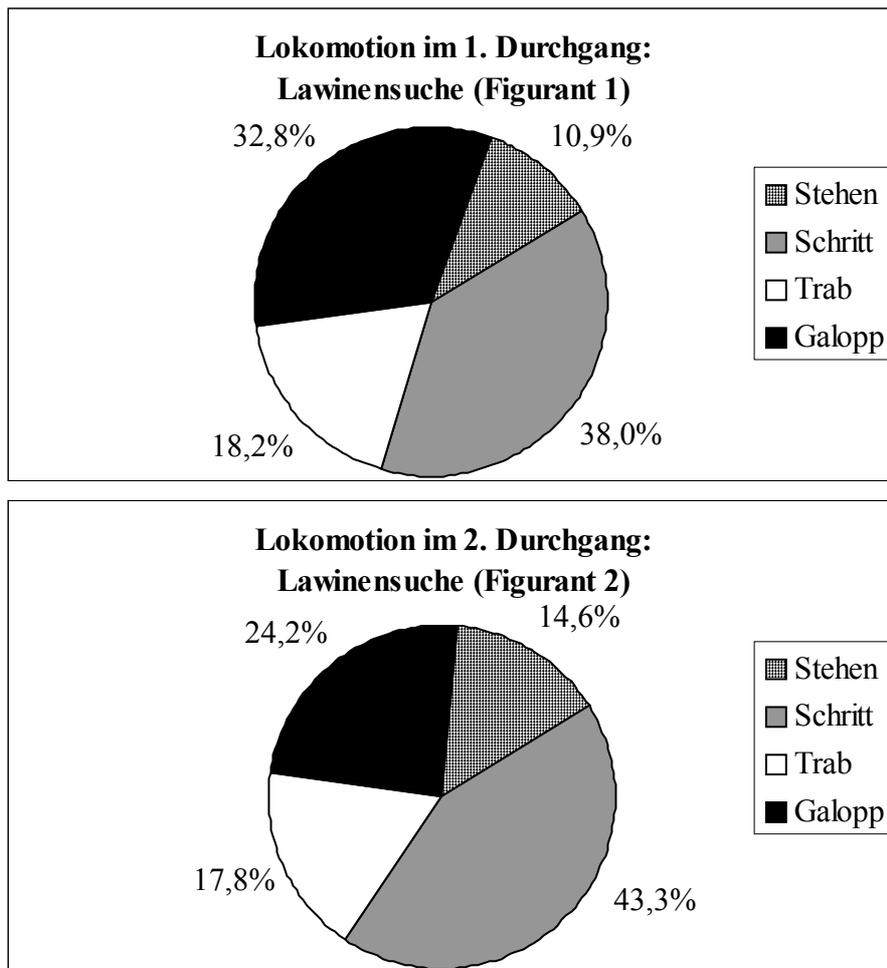
Im Winter zeigten sich Unterschiede in der Zusammensetzung der Lokomotion zwischen dem 1. und 2. Durchgang, die aus *Abbildung 38* ersichtlich sind. Der Anteil an „Galopp“ verringerte sich um 7% zugunsten der Anteile „Stehen“ (+5%) und „Schritt“ (+10%). Die statistische Auswertung ergab im 1. Durchgang einen signifikant höheren Aktivitätsindex als im 2. Durchgang ( $p \leq 0,001$ ).

#### **Vergleich der Sommer- und der Winterarbeit**

In beiden Durchgängen zeigten sich keine signifikanten Unterschiede der Aktivitätsindizes zwischen den Suchbelastungen im Sommer und im Winter. Jedoch lag der Aktivitätsindex bei der alpinen Trümmersuche stets unter dem Aktivitätsindex der Lawinensuche und bei der Flächensuche stets über dem entsprechenden Aktivitätsindex bei der Lawinensuche.



**Abbildung 37:** Prozentuale Zusammensetzung der Lokomotion während der Suchbelastung im Sommer bei den einzelnen Figuranten im 1. und 2. Durchgang. Der Vollständigkeit wegen sei erwähnt, dass bei der Flächensuche im 1. Durchgang 0,4% „Liegen“ und 0,4% „Sitzen“ und im 2. Durchgang 0,3% „Liegen“ auftraten (N = 20-22).

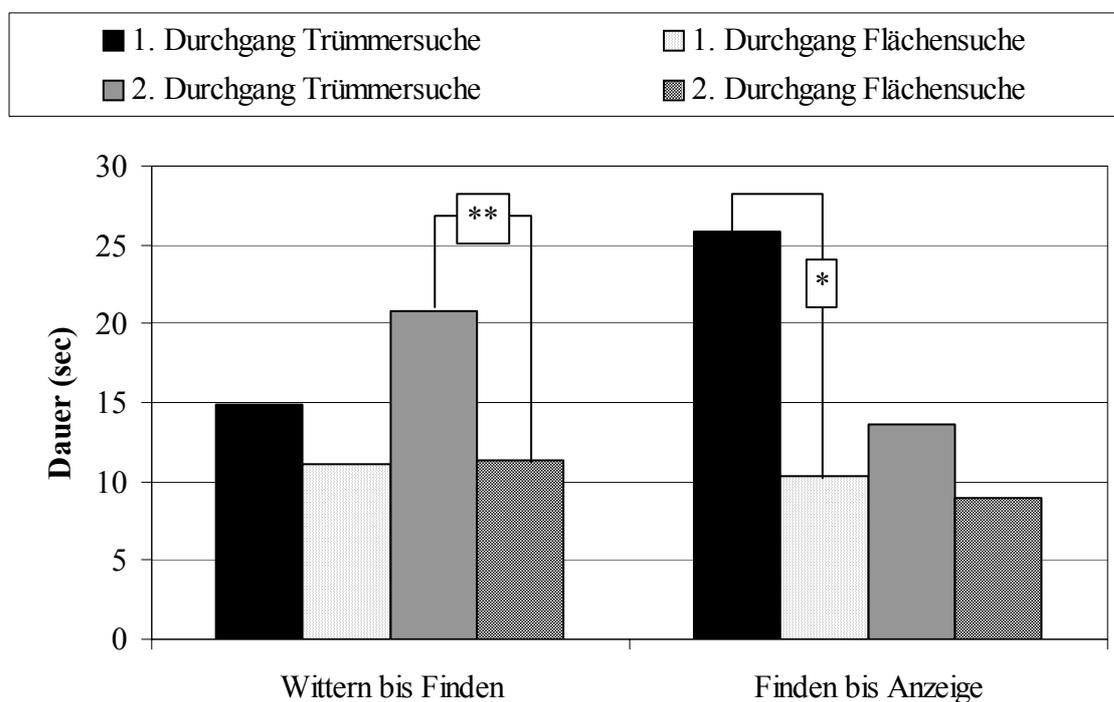


**Abbildung 38:** Prozentuale Zusammensetzung der Lokomotion während der Suchbelastung im Winter bei den einzelnen Figuranten im 1. und 2. Durchgang. Der Vollständigkeit wegen sei erwähnt, dass bei der Lawinensuche im 1. Durchgang 0,03% „Sitzen“ und im 2. Durchgang 0,08% „Sitzen“ auftraten (N = 18-20).

## 4.5.2 Anzeige der Figuranten

### Vergleich der alpinen Trümmersuche und der Flächensuche

Bei der alpinen Trümmersuche im Sommer benötigten die Hunde für den Zeitabschnitt „Wittern bis Finden“ in beiden Durchgängen eine längere Zeitspanne als bei der Flächensuche, jedoch war dieser Unterschied nur im 2. Durchgang signifikant ( $p \leq 0,01$ ). Der Zeitabschnitt „Finden bis Anzeige“ war bei der alpinen Trümmersuche deutlich länger als bei der Flächensuche. Nur im 1. Durchgang handelte es sich um signifikante Unterschiede ( $p \leq 0,05$ ).



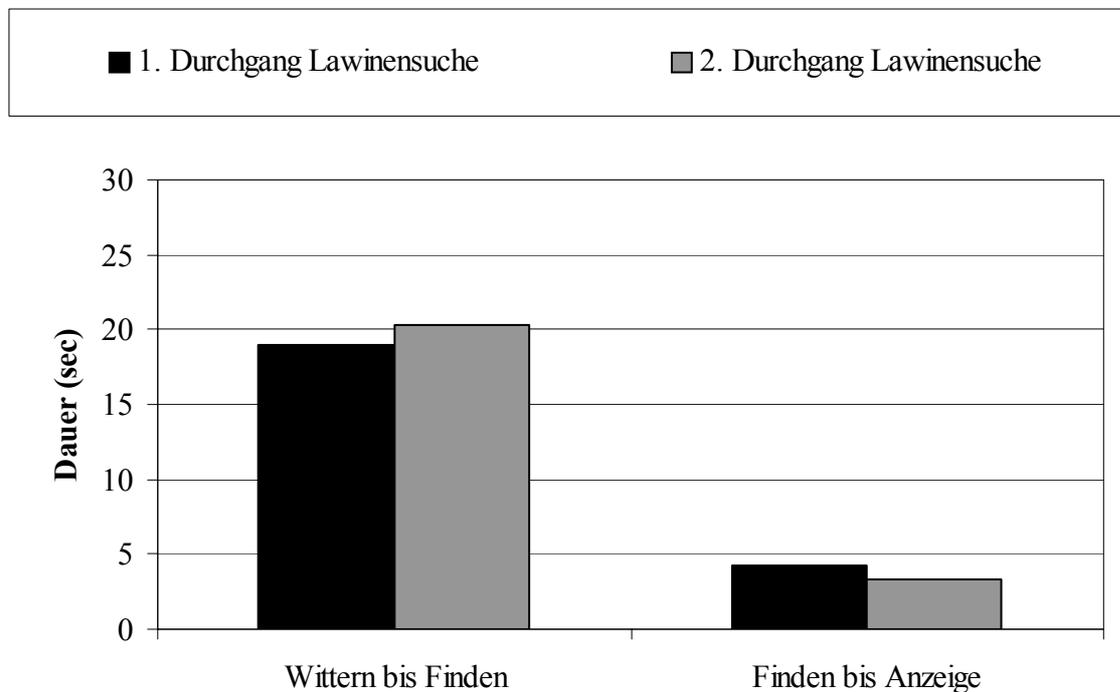
**Abbildung 39:** Mittlere Dauer (sec) der Teilabschnitte der Anzeige: „Wittern bis Finden“ und „Finden bis Anzeigen“ bei der alpinen Trümmer- und Flächensuche im Sommer während des 1. und 2. Durchgangs (N = 14-21; \*  $p \leq 0,05$ ; \*\*  $p \leq 0,01$ ).

### Vergleich des 1. und 2. Durchgangs einer Suchbelastung

Weder bei der Trümmer- oder bei der Flächensuche im Sommer, noch bei der Lawinensuche im Winter veränderte sich die Zeitspanne der Teilabschnitte der Anzeige zwischen dem 1. und 2. Durchgang signifikant. Trotzdem zeigten sich bei der Trümmersuche im Zeitabschnitt „Wittern bis Finden“ und „Finden bis Anzeige“ große Unterschiede zwischen dem 1. und 2. Durchgang. Im 1. Durchgang benötigten die Hunde weniger Zeit vom „Wittern bis Finden“, aber mehr Zeit vom „Finden bis Anzeigen“ als im 2. Durchgang.

### Vergleich der Sommer- und der Winterarbeit

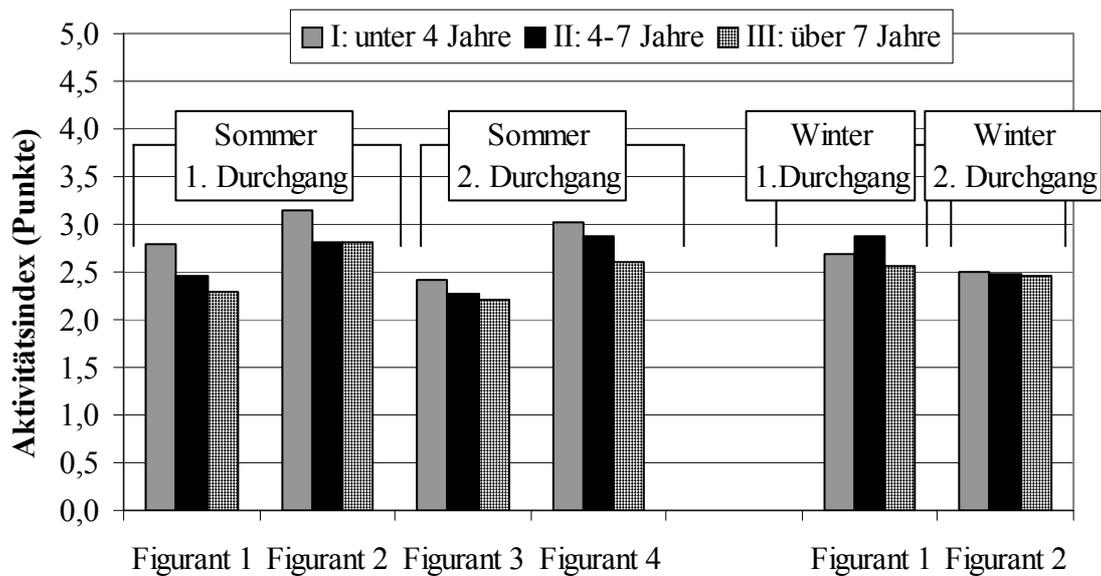
Während des 1. Durchgangs war der Zeitabschnitt „Wittern bis Finden“ bei der Flächensuche im Sommer signifikant kürzer als bei der Lawinensuche im Winter ( $p \leq 0,001$ ). Die alpine Trümmersuche unterschied sich im Zeitabschnitt „Wittern bis Finden“ in keinem Durchgang von der Lawinensuche. Sowohl bei der alpinen Trümmersuche als auch bei der Flächensuche im Sommer benötigten die Hunde in beiden Durchgängen eine längere Zeitspanne bis zur Anzeige der Figuranten („Finden bis Anzeige“) als bei der Lawinensuche im Winter. Nur im 1. Durchgang lag die benötigte Zeitspanne jedoch signifikant über der Zeitspanne im Winter ( $p \leq 0,001$ ).



**Abbildung 40:** Mittlere Dauer (sec) der Teilabschnitte der Anzeige: „Wittern bis Finden“ und „Finden bis Anzeige“ bei der Lawinensuche im Winter während des 1. und 2. Durchgangs (N= 16-17).

### 4.5.3 Einfluss des Alters auf den Aktivitätsindex

Der Aktivitätsindex zeigte keine signifikanten Unterschiede zwischen den 3 Altersklassen. Aus *Abbildung 37* ist jedoch ersichtlich, dass die unter 4-jährigen Hunde (I) im Sommer stets die höchsten Aktivitätsindizes und die über 7-jährigen Hunde durchgehend die geringsten Aktivitätsindizes aufwiesen.



**Abbildung 41:** Aktivitätsindex während der beiden Durchgänge der Suchbelastungen im Sommer und im Winter in Abhängigkeit vom Alter der Hunde. Angegeben sind Mittelwerte aus den 4 Belastungsformen (Altersklasse I und III: N = 7; III: N = 8).

## 5. DISKUSSION

### 5.1 Diskussion der Methoden

#### 5.1.1 Versuchsaufbau

**Hunde:** Die 22 Rettungshunde der Bergwacht Bayern waren hinsichtlich Alter, Rasse, Geschlecht, Temperament, Trainingszustand und Einsatzerfahrung heterogen zusammengesetzt. Im Winter fielen 2 Hunde krankheitsbedingt aus. Große individuelle Variationen und die relativ geringe Tierzahl können daher statistisch signifikante Ergebnisse verhindert haben. Dies sollte bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden. Aber auch andere Autoren verwendeten in Studien über Stress eine heterogene Hundepopulation (ORTH ET AL., 1988; MURASE ET AL., 1988; BEERDA ET AL., 1998).

**Versuchsaufbau:** Generell war der Versuchsaufbau geeignet, mögliche Unterschiede zwischen einer Such- und einer Laufbelastung durch die Nasenarbeit zu untersuchen. Zudem waren mithilfe des Versuchsaufbaus unterschiedliche Belastungen bei der Sommer- und der Winterarbeit zu erkennen. Bei den standardisierten Lauf- und Suchbelastungen spielten jedoch auch äußere, nicht zu beeinflussende Faktoren eine wichtige Rolle bei der Stressbelastung der Rettungshunde. In dieser Untersuchung unter Feldbedingungen zählten klimatische Faktoren wie Windgeschwindigkeit, Niederschläge, Sonneneinstrahlung und andere Umwelteinflüsse wie Wildspuren oder Passanten zu diesen nicht vorhersehbaren und nicht kontrollierbaren Stressoren. Im Winter war es aufgrund der Wetterbedingungen nicht immer möglich, identische Suchflächen und Laufstrecken einzuhalten.

**Belastungsdauer:** Die Belastungsdauer von 2 x 20 min wurde gewählt, um eine submaximale Belastung zu erhalten. Der Versuchsaufbau diente nicht der Simulierung einer maximalen Belastung.

#### 5.1.2 Methoden

##### Messung der Herzfrequenz

Die Hunde wurden durch das Tragen der Herzfrequenzmessgeräte in ihrem Bewegungsablauf nicht beeinträchtigt und widmeten dem Gurt kaum Beachtung. Sie gewöhnten sich bis auf gelegentliches Kratzen oder Schütteln rasch an das Tragen der Elektrodengurte. Es kam jedoch gelegentlich zu einem Ausfall der Herzfrequenzmessungen, wenn die Hunde sich schüttelten, bei der Lawinensuche im Schnee wälzten oder bei der Trümmersuche auf Felsbrocken sprangen und abrutschten. Beim Loben durch den Hundeführer mit Klopfen auf

den Brustkorb, sowie durch Festhalten am Geschirr kam es ebenfalls zu Fehlmessungen. Ebenso verloren die Elektroden im Liegen manchmal den Kontakt zum Brustkorb.

Ein Nachteil des Polar Sport Tester™ liegt darin, dass damit maximal 240 Schläge pro Minute gemessen werden können. In der Literatur gibt es Angaben über belastungsbedingte Herzfrequenzen, die maximal im Bereich von 250-300 bpm liegen (*siehe Tabelle 1*). Wenn in dieser Untersuchung höhere Herzfrequenzen aufgetreten sein sollten, ist daher anzunehmen, dass diese vom Polar Sport Tester™ maximal als 240 bpm angegeben wurden oder als Ausfall der Messung interpretiert wurden. Anders verhielt es sich mit der minimal messbaren Herzfrequenz, die beim Polar Sport Tester™ bei 10 bpm liegt. Hier wurden selbst geringe Herzfrequenzen aufgezeichnet.

Insgesamt stellt die Herzfrequenzmessung mit dem Polar Sport Tester™ eine sensitive, einfache, nicht invasive Möglichkeit dar, die Herzfrequenz über längere Zeit kontinuierlich telemetrisch aufzuzeichnen.

### **Messung der rektalen Körpertemperatur**

Die Messung der rektalen Körpertemperatur wurde von den Hunden gut toleriert. Nur 2 Hunde wehrten sich zunächst gegen die Messung. Daher ist eine Verfälschung der Ergebnisse aufgrund psychischer Erregung durch die Messung auszuschließen.

Insgesamt stellte die Temperaturmessung eine einfache, schnelle, aussagekräftige und nicht invasive Möglichkeit zur Beurteilung der Belastung von Hunden dar, die auch unter Praxisbedingungen vom Hundeführer jederzeit durchführbar ist.

### **Messung von Blutparametern**

Die Blutuntersuchungen ermöglichten eine umfassende Kontrolle physiologischer Belastungsvorgänge der Nieren- und Leberfunktion, des Wasserhaushalts, des Muskelstoffwechsels und des Säure-Basenhaushalts. Die Nachteile einer Blutentnahme lagen im Zeit-, Personal-, Kosten- und Laboraufwand und der Invasivität. Wenn man die Herzfrequenz während der Blutentnahme als Kriterium ansetzte, erwies sich die Blutentnahme als geringerer Stress für die Hunde als erwartet. Es zeigten sich kaum Abwehrbewegungen, Übersprungshandlungen oder Schmerzäußerungen bei den Hunden. Die Invasivität der Blutentnahme stellt jedoch eindeutig einen Nachteil in der Akzeptanz dieser Methode bei Untersuchungen mit Privathunden dar. Unter Praxisbedingungen, um einen schnellen Überblick über die Belastungsintensität der Hunde beim Training zu erlangen, ist die Blutentnahme nicht geeignet.

Der Zeitpunkt der Blutentnahme dürfte sehr gut dem in der Literatur genannten Zeitpunkt der zu erwartenden maximalen Laktatwerte entsprechen. Nach SNOW ET AL. (1988), ROSE AND BLOOMBERG (1989), NOLD ET AL. (1991), PIESCHL ET AL. (1992) und TOLL ET AL. (1995) sind etwa 5 min nach Belastungsende Maximalwerte zu erwarten. Da vor der Blutprobenentnahme stets die Temperaturmessung und Speichelentnahme durchgeführt wurden, dürfte die Laktatmessung in dieser Untersuchung ebenfalls in diesem Zeitraum stattgefunden haben.

Die venöse Blutgasuntersuchung in dieser Untersuchung diente der Abschätzung der relativen belastungsbedingten Veränderung der Parameter. Auch STRASSER ET AL. (1993) verwendeten bei ihrer Untersuchungen mit Rauschgiftsuchhunden die venöse Untersuchung des Blutgas- und Säure-Basen-Haushaltes.

Da alle Blutanalysen unmittelbar vor Ort ausgewertet wurden, ist mit keiner Verfälschung der Werte durch einen Metabolismus beim Transport und der Lagerung zu rechnen.

### **Messung der Speichelkortisol-Konzentration**

Der Vorteil der Kortisolmessung im Speichel liegt in der einfachen und nicht invasiven Probennahme, die eine höhere Probenfrequenz ermöglicht. Das Kortisol in Speichelproben ist relativ stabil und Speichel kann gut aufbewahrt werden. Laut Angabe von IBL-Hamburg können humane Speichelproben 5 Tage bei Raumtemperatur, 10 Tage bei 2 bis 8°C, und bei -20°C noch länger aufbewahrt werden.

In dieser Untersuchung wurde mit dem Lumineszenz-Immunoassay (LIA) anstelle des häufig verwendeten Radioimmunoassays eine relativ neue Methode beim Hund verwendet. Infolge der geringen Kortisolmengen im Hundespeichel ist eine sehr sensitive Analysemethode notwendig. Die Speichelkortisolwerte der Hunde lagen daher oft an der Nachweisgrenze des LIAs (funktionelle Sensibilität = 0,8 nmol/l). Im niedrigen und hohen Konzentrationsbereich wird die Hemmkurve flacher, d.h. Konzentrationsunterschiede können weniger gut differenziert werden (*siehe Abbildung 32*). Besonders bei geringer Probenkonzentration ist daher in dieser Untersuchung mit einer hohen Fehlerquote zu rechnen. Aufgrund der hohen Kreuzreaktion des LIAs (57%) mit Prednisolon wurde darauf geachtet, dass die Hunde nicht mit Steroiden vorbehandelt waren.

Durch episodische Kortisolsekretion treten ultradiane Fluktuationen auf, die statistisch signifikante Ergebnisse verhindern können (KEMPPAINEN AND SARTIN, 1984; BENTON AND YATES, 1990; BEERDA ET AL., 1996). Die gemessenen Kortisolwerte sind abhängig davon, ob die Probennahme zum Zeitpunkt eines Fluktuationsmaximums erfolgte oder nicht. Daher kann beim einzelnen Hund nicht mit Sicherheit gesagt werden, ob die gemessenen

Kortisolwerte einen episodischen Peak darstellten oder bereits eine Stressreaktion anzeigten. Die Existenz eines circadianen Rhythmus beim Hund ist fraglich bis unwahrscheinlich (THUN ET AL., 1990; BEERDA ET AL., 1996), kann jedoch nicht ausgeschlossen werden. Einige Autoren entdeckten bei Hunden trotz einer relativ homogenen Versuchsgruppe verschiedene bis gegensätzliche diurnale Muster (MURASE ET AL. 1988). Andere Autoren entdeckten Hinweise auf eine Altersabhängigkeit dieser Rhythmik (PALAZZOLO AND QUADRI, 1987 A).

Die Speichelkortisol-Konzentration repräsentiert nur die freie Fraktion des Kortisolgehaltes im Plasma, welche abhängig von der Bindung des Kortisols durch Transkortin und Albumin ist (KIRSCHBAUM UND HELLHAMMER, 1989; QUISSEL, 1993). Wenn die Kortisol-Transportproteine des Blutes gesättigt sind oder die Konzentration der Transportproteine sich während Belastung ebenfalls veränderte, hätte dies folglich Auswirkungen auf das Verhältnis Speichel- zu Plasmakortisol. Die Speichelkortisol-Konzentration muss daher auch in Zusammenhang mit der Konzentration von Transkortin und Albumin im Blut betrachtet werden (VINING ET AL, 1983; VINING AND MCGINLEY, 1987).

In einer weiteren noch unveröffentlichten Untersuchung wurde die Kortisolkonzentration der 3 Blutproben mit den entsprechenden Speichelkortisolproben verglichen. Die Speichelkortisol-Konzentration betrug zwischen 4,3% und 7,7% der im Blut gemessenen Gesamtkortisol-Konzentration. Damit stimmen die ermittelten Speichelkortisolwerte mit Literaturangaben von 5-12% überein (VINCENT AND MICHELL 1992; BEERDA ET AL., 1996). Nach Belastung (T3) konnte eine Korrelation zwischen den Speichelkortisolwerten und der Gesamtkortisolkonzentration im Blut nachgewiesen werden ( $r = 0,56-0,81$ ;  $p \leq 0,05$  bis  $0,001$ ). Beim Mensch, Schaf und Schwein wurde die Unabhängigkeit der Speichelkortisol-Konzentration von der Speichelflussrate nachgewiesen (VINING AND MCGINLEY, 1987; PAROTT ET AL., 1989; KIRSCHBAUM UND HELLHAMMER 1989; BEERDA ET AL., 1996). Beim Hund erfolgte dieser Nachweis bisher nicht. Es ist denkbar, dass die Verhältnisse beim Hund anders liegen, da Hunde bei Wärmebelastung im Gegensatz zu den oben genannten Tieren und dem Menschen hauptsächlich durch Hecheln thermoregulieren. Dabei tritt nach physischer Aktivität eine verstärkte Salivation auf.

Der Zeitplan der Speichelentnahme erfolgte in Anlehnung an andere Untersuchungen, in denen sich stressbedingte Veränderung der Kortisolkonzentration im Speichel zeigten (KEMPPAINEN AND SARTIN, 1984; VINCENT AND MICHELL, 1992).

## **Messung ethologischer Parameter**

Um aussagekräftige Daten zu erhalten, wurde für die Suchbelastungen im Sommer und im Winter ein praxisnahes Gelände gewählt. Die Größe der abzusuchenden Fläche und das unübersichtliche Gelände erschwerten jedoch insbesondere im Sommer die Videoaufnahmen. Das abzusuchende Feld war nicht in einer Kameraeinstellung einsehbar. Hundeführer und Hund konnten nicht gleichzeitig gefilmt werden. Daher konnte der Einfluss der Einwirkung des Hundeführers auf das Verhalten des Hundes nicht ausgewertet werden. Mimik, sowie Ohren- und Rutenhaltung der Hunde waren auf den Videoaufnahmen selten zu erkennen, da die Distanz zum Hund meist zu groß war. Häufig verließ der Hund das Kamerafeld, wenn er die bewachsenen, schwer zugänglichen Seitenbereiche absuchte. Auch Witterungseinflüsse (Regen, Schneefall, starker Wind) erschwerten die Filmaufnahmen und führten einige Male zu einem Kameraausfall. Die Hunde reagierten auf eine im Gelände stehende Kameraperson teilweise etwas irritiert. Teilweise betrachteten sie die Kameraperson als zusätzlichen anzuzeigenden Figuranten und wurden dafür auch belohnt.

## **5.2 Diskussion der Ergebnisse**

### **5.2.1 Herzfrequenz**

#### **5.2.1.1 Einfluss der Belastungsform auf die Herzfrequenz**

Die gemessenen Ruheherzfrequenzen lagen mit durchschnittlich 91 bis 112 bpm im Referenzbereich (SPÖRRI, 1987; v. ENGELHARD, 2000). Auf die Körpergröße, Rasse und den Trainingszustand der untersuchten Hunde bezogen, lagen die Herzfrequenzwerte allerdings im oberen Bereich. Da die Messung nicht in der gewohnten häuslichen Umgebung stattfand, wurde die Herzfrequenz durch verschiedene psychische Stressoren erhöht. Besonders deutlich wurde dies bei der Suchbelastung im Sommer. Hier lag die Ruheherzfrequenz signifikant über der Ruheherzfrequenz der Laufbelastung im Sommer. Sowohl bei der Laufbelastung als auch bei der Suchbelastung waren andere Hunde und Personen anwesend, wodurch die Ruheherzfrequenz der untersuchten Hunde erhöht wurde (sozialer Stress). Bei der Suche kamen aber noch weitere ritualisierte Vorbereitungen der Hundeführer hinzu, z.B. durch das Tragen der Bergwachtkleidung und anderer Ausrüstungsgegenstände, die bei den Hunden eine Erwartungshaltung auslöste, welche die weitere Erhöhung der Ruheherzfrequenz bewirkt haben dürfte. Dies ist vergleichbar mit den Beobachtungen von VAN CITTERS AND FRANKLIN, (1969) an Schlittenhunden, welche unmittelbar vor dem Rennstart eine Herzfrequenz zwischen 120 bpm und 150 bpm nachweisen konnten. Die Erholungswerte der Herzfrequenz

nach 1 h und 2 h Erholung lagen bei der Suchbelastung im Sommer signifikant unter dem Ruhewert. Dies lässt vermuten, dass diese Erholungswerte bei der Suchbelastung im Sommer die wahren Ruhewerte reflektieren. Die Herzfrequenz im Winter lag generell auf einem höheren Niveau als im Sommer (*siehe Abbildung 1 und Kap.5.2.1.4*). Im Winter waren bei den Ruhewerten keine Unterschiede zwischen Lauf- und Suchbelastung festzustellen, da die Hunde in beiden Fällen relativ isoliert in Containern ruhten und sie vom Aufbruch anderer Hundeführer und Hunde wenig bemerkten.

Wie schon von anderen Autoren berichtet (ENGELAND ET AL., 1990; BEERDA ET AL., 1997, 1998), reagierte die Herzfrequenz auch in dieser Untersuchung sowohl auf akute psychische wie physische Belastung mit einem sensitiven aber unspezifischen Anstieg.

### **Einfluss einer psychischen Belastung auf die Herzfrequenz**

Veränderungen der Herzfrequenz während der Probennahmen und der Anzeige der Figuranten wurden vorwiegend auf den Einfluss von psychischen Stressoren zurückgeführt. In körperlichen Ruhe-, Pausen- und Erholungsphasen trat der Einfluss von psychischem Stress auf die Herzfrequenz besonders deutlich hervor und war als solches zu identifizieren. Bei gleichzeitiger physischer Aktivität hingegen wurde der Einfluss von psychischem Stress auf die Herzfrequenz von derselben überlagert und konnte nicht von ihr abgegrenzt werden.

### **Herzfrequenz während der Probennahmen**

In dieser Untersuchung zeigten die Hunde bei den 7 Probennahmen eine Herzfrequenz von durchschnittlich 116 bpm bis 127 bpm im Sommer und 125 bpm bis 141 bpm im Winter. Damit lag die Herzfrequenz im Sommer 6% bis 40% und im Winter 18% bis 26% über den Ruhewerten. Die gemessenen Herzfrequenzen lagen aber unter den von BEERDA ET AL. (1998) beobachteten Herzfrequenz von 146 bpm bis 183 bpm nach verschiedenen Stressoren (Elektroschock, Zwangsmaßnahmen). Die durchschnittliche Herzfrequenz nach psychischem Stress lag unter der Herzfrequenz nach physischem Stress, obwohl einzelne Spitzenwerte in den Herzfrequenzkurven kurzzeitig die Herzfrequenz nach körperlicher Anstrengung erreichten oder überstiegen.

Gemessen an der Herzfrequenz, war das Ausmaß des psychischen Stresses bei der Probennahme unabhängig davon, ob eine Blutentnahme erfolgte oder nicht. Da die 3 Proben mit Blutentnahme mit einer längeren Probenzeit verbunden waren, war auch kein Einfluss der Probendauer auf die Herzfrequenz zu erkennen. Die Herzfrequenz während der 7 Probennahmen zeigte kaum Unterschiede. Wiederholte Probennahmen resultierten weder in

einem weiteren Anstieg, noch in einem Abfall der Herzfrequenz. Zudem konnte zwischen den Proben, denen eine physische Belastung vorausging und den Proben, denen eine Ruhephase vorausging, kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Die Herzfrequenz wurde also unmittelbar nach einer physischen Belastung durch eine zusätzliche psychische Belastung nicht stärker erhöht. Die Herzfrequenz sank bereits während der Probennahme gegenüber den vorhergehenden Belastungswerten signifikant ab, war gegenüber dem Ruhewert jedoch noch signifikant erhöht. Erfolgte die Probennahme dagegen nach einer Ruhephase, so stieg die Herzfrequenz während der Probennahme gegenüber den vorausgegangenen Pausen- und Erholungswerten deutlich an (*siehe Abbildung 1*).

### **Herzfrequenz während der Anzeige der Figuranten**

Die Anzeige beinhaltet die Herzfrequenz vom ersten Wittern des Figuranten bis zum Loben des Hundes im Sommer bzw. bis zum Ausgraben des Figuranten und Loben des Hundes im Winter. Daher fließen in die Herzfrequenz bei der Anzeige sowohl physische Belastungen (Laufen zum Figuranten, Scharren im Schnee), als auch psychische Belastungen (Auffinden des Figuranten, Loben des Hundes) ein.

Im Sommer wurde pro Durchgang auf 2 Figuranten gesucht, wobei 1 Figurant im Trümmerbereich und 1 Figurant in der Fläche versteckt waren. Dieser Versuchsaufbau ermöglichte im Sommer einen Vergleich zwischen 2 verschiedenen Geländestrukturen bei der Suche (*siehe Abbildung 42*). Die Herzfrequenz beim Finden des 1. Figuranten pro Durchgang lag im Sommer mit durchschnittlich 169 bpm bis 171 bpm in beiden Durchgängen geringfügig über der Herzfrequenz beim Finden des 2. Figuranten mit 162 bpm bis 165 bpm. Dies kann zum einen darauf zurückgeführt werden, dass die physische Belastung und daher auch die Herzfrequenz bis zum Finden des 1. Figuranten bei der Trümmersuche höher war als bei der Flächensuche (*siehe Abbildung 2 und 3*). Zum anderen ist auch denkbar, dass die Verstecke der Figuranten bei der Trümmer- und Flächensuche einen unterschiedlichen Schwierigkeitsgrad für die Hunde darstellten und infolgedessen unterschiedlichen psychischen Stress bei den Hunden erzeugten (*siehe Kap. 5.2.5.2*). Sowohl bei der Suche im Sommer als auch im Winter unterschied sich die Herzfrequenz während des Findens der Figuranten nicht signifikant. Die Herzfrequenz blieb im Sommer in beiden Durchgängen, bezogen auf die Trümmer- bzw. Flächensuche, konstant.

Im 1. Durchgang sank die Herzfrequenz bereits während des Findens der Figuranten gegenüber den vorhergehenden 2 min um durchschnittlich 4 bpm bis 7 bpm im Sommer und um 17 bpm im Winter ab. Dieser Abfall der Herzfrequenz war auf das Ende der physischen

Belastung zurückzuführen, wenn der Hund am Figuranten angelangt war und diesen verwies. Da die Dauer des Findens durch das Ausgraben des Figuranten im Winter länger war als im Sommer (Sommer: Ø 2-4 min; Winter: Ø 5-10 min), kam es im Winter auch zu einem stärkeren Abfall der Herzfrequenz. Jedoch fiel die Herzfrequenz nicht in dem Umfang ab, wie es nach dem Ende einer physischen Belastung zu erwarten gewesen wäre. Dies war wiederum auf die psychische Belastung der Hunde durch das Auffinden des Figuranten, die Anzeige und das Lob zurückzuführen. Der Einfluss der psychischen Belastung wird erkennbar, wenn man die Herzfrequenz beim Finden mit der Herzfrequenz nach dem Ende einer physischen Belastung vergleicht. So fiel die Herzfrequenz bei den Probennahmen (Dauer: 5 bis 10 min) der Suchbelastung im Sommer gegenüber den Belastungswerten bis zu 40 bpm und im Winter bis zu 46 bpm. Im 2. Durchgang fiel der Abfall der Herzfrequenz während dem Finden gegenüber den vorhergehenden 2 min im Winter geringer aus und fehlte im Sommer völlig. Dies könnte durch die stärkere physische Belastung der Hunde in der zweiten 20-minütigen Suchbelastung verursacht worden sein.

In beiden Durchgängen der Sommer- und der Winterarbeit fiel die Herzfrequenz nach dem Finden in den anschließenden 2 min ab. Der schwächere Abfall der Herzfrequenz nach dem Finden des Figuranten bei der Trümmersuche, lässt sich dadurch erklären, dass hier die Suche sofort fortgesetzt wurde und der Hund mit der Flächensuche begann. Dagegen war nach dem Finden des Figuranten bei der Lawinen- und Flächensuche die Suche beendet und die Herzfrequenz fiel signifikant ab (*siehe Abbildung 42*).

### **Einfluss einer physischen Belastung auf die Herzfrequenz**

Bei allen 4 Belastungsformen konnte nach beiden Durchgängen infolge der physischen Belastung eine signifikante Herzfrequenzsteigerung beobachtet werden. Die Belastungsherzfrequenz der untersuchten Rettungshunde lag mit durchschnittlich 164 bpm bis 176 bpm unter der von Windhunden (197 bis 256 bpm: GRANDJEAN ET AL., 1983; ILKIW ET AL., 1989) und Schlittenhunden (160 bis 211 bpm: READY AND MORGAN, 1984) berichteten Herzfrequenz nach Kurz- und Langdistanz-Rennen. Bei diesen Belastungsformen wurde von einer Verdopplung bis Verdreifachung der Ruheherzfrequenz berichtet (KOLB ET AL., 2002). Die Herzfrequenz der Rettungshunde lagen nach beiden Durchgängen der 20-minütigen Lauf- und Suchbelastung in einer Größenordnung, die mit der Herzfrequenz nach einer 10-minütigen Apportierarbeit (150 bpm: MATWICHUK ET AL., 1984) und einer 15-minütigen Suchgiftsuche (140 bpm: STRASSER ET AL., 1993) vergleichbar ist. Nach Unterteilung der Rettungshunde in 3 Altersklassen zeigte sich, dass die über 7 Jahre alten Hunde während des

gesamten Versuchszeitraums signifikant höhere Herzfrequenzen aufwiesen als die unter 4-jährigen und 4 bis 7-jährigen Hunde (*siehe Abbildung 12*). Besonders während der Belastungsphasen lag die Herzfrequenz der älteren Hunde deutlich höher als die der anderen Altersklassen und erreichte bis zu 180 bpm. Daraus lässt sich eine stärkere physische Belastung der älteren Hunde erkennen. Dagegen konnte zwischen den Junghunden und der mittleren Altersklasse kein Unterschied in der Herzfrequenz beobachtet werden. Dieser Umstand sollte beachtet werden und Einsatz- und Trainingszeiten sollten dem Alter der Hunde angepasst werden.

Zwischen beiden Durchgängen der 4 Belastungsformen konnte kein signifikanter Unterschied in der Belastungsherzfrequenz nachgewiesen werden. Eine zweite 20-minütige Belastung resultierte nicht in einer höheren Herzfrequenz als im 1. Belastungsdurchgang. Daraus lässt sich ableiten, dass eine zweite 20-minütige Belastung nach einer 20-minütigen Pause sowohl im Sommer als auch im Winter keine maximale Belastung für die untersuchten Rettungshunde darstellte. Weder bei den Laufbelastungen noch bei der Flächen-, Trümmer- und Lawinensuche wurden extreme Herzfrequenzen erreicht. Die maximale Leistungskapazität des kardiovaskulären Systems wurde nicht ausgeschöpft.

### **Detaillierte Betrachtung der beiden 20-minütigen Belastungsdurchgänge**

Bereits innerhalb der ersten 5 min Belastung (I. Intervall) war sowohl bei der Lauf- als auch bei der Suchbelastung ein Anstieg der Herzfrequenz auf durchschnittlich 165 bis 170 bpm im Sommer und auf 167 bis 174 bpm im Winter zu bemerken (*siehe Abbildung 2 und 3*). Auch SMULYAN ET AL. (1965) hatten bei Laufbandversuchen an Laborhunden und VAN CITTERS AND FRANKLIN (1969) bei Schlittenhunden im Rennen innerhalb der 1. Belastungsminute von einem sofortigen Anstieg der Herzfrequenz berichtet.

Während der beiden 20-minütigen Belastungen konnte kein kontinuierlicher Anstieg beobachtet werden, wie dies bei WAGNER ET AL. (1977) bei Untersuchungen an Hunden auf dem Laufband der Fall war. Vielmehr spielten sich die Veränderungen der Herzfrequenz bei der Lauf- und Suchbelastung im Sommer nur in einem Bereich ab, der durchschnittlich 7 bpm bis 10 bpm umfasste. Es kann im Sommer also während beider Durchgänge der 20-minütigen Belastung nach einem starken Anstieg innerhalb des I. Intervalls von einer relativ konstanten Herzfrequenz auf einem Plateau gesprochen werden. Bei der Laufbelastung im Winter veränderte sich die Herzfrequenz innerhalb der 20 min Belastung ebenfalls kaum.

Die Detailbetrachtung zeigt bei der Laufbelastung im Sommer vom II. zum III. Intervall (10. zu 15. min) andeutungsweise einen leichten Abfall der Herzfrequenz in beiden

Belastungsdurchgängen. Anschließend stieg die Herzfrequenz vom III. zum IV. Intervall (15. zu 20. min) wieder an. Der erkennbare Abfall der Herzfrequenz nach dem II. Intervall stammt vermutlich vom Wendepunkt der Radfahrstrecke, an dem die Hundeführer umdrehten und daher kurzfristig stehen blieben. In der Literatur gibt es Hinweise, dass die Herzfrequenz bereits innerhalb 1 min um bis zu 50 bpm abfallen kann (VAN CITTERS AND FRANKLIN, 1969). Bei der Suchbelastung im Sommer lag die Herzfrequenz im I. und IV. Intervall unter den Belastungswerten des II. und III. Intervalls. In beiden Durchgängen waren im II. Intervall maximale Herzfrequenzen erreicht. Bis dahin waren die Hunde bei der Trümmersuche mit relativ geringer Geschwindigkeit bergauf gelaufen. Anschließend war ein leichtes Absinken der Herzfrequenz zu beobachten. Ungefähr zu diesem Zeitpunkt begann die Flächensuche bergab, bei der die Hunde schneller liefen und einen höheren Aktivitätsindex hatten. Demnach war das langsame bergauf Laufen bei der Trümmersuche für die Hunde physisch belastender, als das raschere Laufen bergab bei der Flächensuche.

Während beider Durchgänge der 20-minütigen Laufbelastung im Winter konnte die Herzfrequenz annähernd auf einem Plateau gehalten werden. Dabei lagen die Herzfrequenzen im 1. Durchgang höher als im 2. Durchgang. Dieser Verlauf der Herzfrequenz ist erstaunlich, da im I. bis III. Intervall die Hunde zunächst den Berg langsam hinauf liefen und im IV. Intervall dann im Galopp den Hang herunter liefen.

Bei der Suchbelastung im Winter waren die stärksten Schwankungen der Herzfrequenz zu bemerken, die sich über einen Bereich von bis zu 20 bpm erstrecken. Nur in dieser Belastungsform waren auch signifikante Veränderungen innerhalb der Detailbetrachtung festzustellen. Die starke physische Belastung zeigte sich unter anderem darin, dass der Maximalwert im 1. Durchgang im III. Intervall und im 2. Durchgang bereits im II. Intervall erreicht wurde. Die Herzfrequenz lag zu diesem Zeitpunkt signifikant über den Werten des I. Intervalls. Dieser signifikante Anstieg der Herzfrequenz im II. bzw. III. Intervall der Lawinensuche wird wahrscheinlich durch die hohe physische Belastung durch das Laufen im Schnee und der Höhenlage von 2600 m, sowie der zusätzlichen psychischen Belastung durch die Suche bewirkt. Nach dem Herzfrequenzmaximum konnte ein deutlicher Abfall der Herzfrequenz beobachtet werden. Dieser wird darauf zurückgeführt, dass nach dem Finden des 1. Figuranten pro Durchgang keine große physische Anstrengung mehr erfolgte.

### **5.2.1.2 Einfluss der Pausen- und Erholungszeit auf die Herzfrequenz**

Das Verhalten der Herzfrequenz in der Erholungszeit deckt sich mit den Angaben der Literatur. Bereits unmittelbar in den ersten 5-10 min nach Belastungsende erfolgte, trotz gleichzeitigem psychischem Stress während der Probennahmen, ein signifikanter Abfall der Herzfrequenz von durchschnittlich 164-170 bpm auf 124-126 bpm im Sommer bzw. von 169-174 bpm auf 128-141 bpm im Winter. Dies entsprach einem Abfall von 24-26% im Sommer bzw. von 20-26% im Winter. In völliger Ruhe ohne Manipulationen wäre ein stärkerer Abfall zu erwarten gewesen.

In dieser Untersuchung reichte bei allen 4 Belastungsformen eine Pausenzeit von 20 min nach dem 1. Durchgang bzw. eine Erholungszeit von 30 min nach dem 2. Durchgang zur Normalisierung der Herzfrequenz aus. Die Herzfrequenz unterschied sich nach dieser Zeit nicht mehr signifikant vom Ruhewert. Allerdings konnte bis zu 2 h nach Belastungsende bei allen Belastungsformen noch ein weiteres Absinken der Herzfrequenz gemessen werden. Im Sommer konnten noch signifikante Veränderungen der Herzfrequenz in der restlichen Erholungszeit festgestellt werden, die vermutlich auf den stärkeren belastungsbedingten Anstieg der Herzfrequenz im Sommer zurückzuführen sind. Dies stimmt überein mit den Untersuchungen von HAMMEL ET AL. (1977) und MATWICHUK ET AL. (1999). Auch sie beobachteten einen starken Abfall der Herzfrequenz innerhalb der ersten 15 min Erholungszeit. Anschließend sank die Herzfrequenz langsamer ab und nach etwa 30 min waren Normalwerte erreicht.

Bei den obigen Ausführungen sollte berücksichtigt werden, dass der Pausen- bzw. Erholungszeit jeweils eine Probennahme unmittelbar nach Belastung vorausging, die etwa 5-10 min dauerte. Schon in dieser Zeit erfolgte, wie oben angeführt, ein Abfall der Herzfrequenz, so dass die Herzfrequenz der untersuchten Hunde zu Beginn der Pausen- und Erholungszeit schon Werte von 110-125 bpm erreicht hatte (*siehe Kap.5.2.1.1*).

### **4.2.1.3 Vergleich der Lauf- und der Suchbelastung**

Die Flächen-, Trümmer- und Lawinensuche stellt für die Hunde gleichzeitig eine physische und psychische Belastung dar. Weiterhin stellt die Suchbelastung durch das Laufen und Schnüffeln eine körperliche Doppelbelastung für die Hunde dar. Eine gleichzeitige Beanspruchung des Bewegungsapparates und der Atmungsmuskulatur durch das Schnüffeln, sollte eine stärkere Tachykardie bewirken als eine solitäre Laufbelastung (ZUSCHNEID ET AL., 1976; STRASSER ET AL., 1993). Bereits in einer Untersuchung von ZUSCHNEID ET AL. (1976)

deutete sich an, dass der Schwierigkeitsgrad einer Fährte einen Einfluss auf die Herzfrequenz hat. Daher wäre nach der Suche eine höhere Herzfrequenz zu erwarten gewesen als nach einer alleinigen Laufbelastung.

Entgegen diesen Erwartungen bewirkte stattdessen die Laufbelastung im Sommer in beiden Durchgängen einen signifikant stärkeren Anstieg der Herzfrequenz als die Suchbelastung. Dieses Ergebnis ist zum einen dadurch zu erklären, dass die Ruheherzfrequenz bei der Laufbelastung niedriger lag als bei der Suchbelastung. Da beide Belastungsformen ähnliche Belastungsherzfrequenzen verursachten, war der Anstieg der Herzfrequenz bei der Laufbelastung größer als bei der Suchbelastung. Zum anderen kann der höhere Herzfrequenzanstieg bei der Laufbelastung damit erklärt werden, dass die Hunde bei der Suche ihr Lauftempo relativ selbständig einteilen konnten und zwischendurch kurze Pausen machten. Bei der Laufbelastung am Fahrrad hingegen waren sie gezwungen, das Tempo des Hundeführers zu halten und ohne Pause durchzulaufen. Außerdem fanden die Laufbelastungen durchschnittlich bei höheren Außentemperaturen statt.

Im Winter konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen dem belastungsbedingten Anstieg und dem erholungsbedingten Absinken der Herzfrequenz zwischen der Lauf- und Suchbelastung beobachtet werden. Der Anstieg der Herzfrequenz bei der Suchbelastung lag etwas höher als bei der Laufbelastung. Der geringfügig höhere Anstieg der Herzfrequenz bei der Suche liegt jedoch ebenfalls unter den Erwartungen. Laut der Herzfrequenzen schienen die Lauf- und Suchbelastung im Winter im Endeffekt ähnlich belastend für die Hunde gewesen zu sein. Weder bei der Suche im Sommer noch bei der Suche im Winter konnte ein nachweisbarer Einfluss der Nasenarbeit auf die Herzfrequenz festgestellt werden.

#### **4.2.1.4 Vergleich der Sommer- und der Winterarbeit**

Die in dieser Untersuchung gemessene Belastungsherzfrequenz lag im Sommer durchschnittlich bei 164 bis 170 bpm. Im Winter lagen diese mit 169 bis 176 bpm geringfügig über den Sommerwerten. Damit stieg die Herzfrequenz bei der Laufbelastung im Sommer gegenüber dem Ruhewert nach beiden Durchgängen um 85-87% und nach der Suchbelastung um 50-53%. Im Winter konnte nach der Laufbelastung gegenüber dem Ruhewert ein Anstieg um 51-57% bzw. nach der Suchbelastung um 50-63% beobachtet werden.

Beim Vergleich der Herzfrequenz zwischen den Belastungen im Sommer und Winter müssen wichtige Einflussfaktoren auf die Herzfrequenz beachtet werden, die sich zwischen Sommer und Winter stark unterscheiden: die Höhenlage, die Umgebungstemperatur und die

Geländestruktur. Die Rettungshunde befanden sich öfters zu Trainings- und Ernsteinsätzen auf Höhenlagen bis zu 2600 m, kehrten allerdings abends meist wieder ins Tal zurück. Da in der Literatur erst ab einem 3-tägigen bis 5-monatigen Aufenthalt von einer Höhenakklimatisation berichtet wird (SCHILLING ET AL., 1956; GRANDJEAN ET AL., 1996 und 1998), kann davon ausgegangen werden, dass die Hunde nicht an die Höhe von 2600 m auf der Zugspitze gewöhnt waren. In dieser Höhe ist durch hypobarische Bedingungen bereits mit einem verringerten O<sub>2</sub>-Gehalt der Atemluft zu rechnen, wenngleich stärkere Auswirkungen auf den Organismus erst in Höhenlagen von 4800-5800 m zu erwarten sind (SCHILLING ET AL., 1956; GRANDJEAN ET AL., 1996 AND 1998). Aus Gründen einer adäquaten Sauerstoffversorgung war infolgedessen im Winter auf 2600 m die Herzfrequenz sowohl bei der Such- als auch bei der Laufbelastung gegenüber den Untersuchungen auf 700 m im Sommer zu allen Messzeitpunkten erhöht (*siehe Abbildung 1*). In den Pausen- und Erholungszeiten, sowie bei den Probennahmen lag die Herzfrequenz bei der Lauf- und Suchbelastung im Winter durchschnittlich 12-20 bpm über der Herzfrequenz bei den entsprechenden Belastungsformen im Sommer. Dieser Unterschied der Herzfrequenzen zwischen den Belastungen im Sommer und Winter fiel während der physischen Belastung mit durchschnittlich 6-10 bpm deutlich geringer aus. Der Höheneinfluss auf die Herzfrequenz ist in den Zeiten ohne physische Aktivität gut zu erkennen, durch eine physische Aktivität wird der Höheneinfluss jedoch überlagert.

Weiterhin unterschieden sich die Außentemperaturen zwischen den Belastungen im Sommer und im Winter. Bei der Laufbelastung im Sommer kam es im 2. Durchgang zu einem signifikant höheren Anstieg der Herzfrequenz verglichen mit der Laufbelastung im Winter. Bei der Laufbelastung im Sommer herrschten im Durchschnitt die höchsten Außentemperaturen und es kam daher auch zu einem stärkeren Anstieg der Körpertemperatur (*siehe Kap. 5.2.2*). In verschiedenen Arbeiten (SPÖRRI ET AL., 1987; SNEDDON ET AL., 1989; BEERDA ET AL., 1998; v. ENGELHARDT, 2000) wurde belegt, dass eine verstärkte Aktivität von thermoregulatorischen Mechanismen die Herzfrequenz zusätzlich erhöht.

Auch die Geländestruktur unterschied sich zwischen den Belastungen im Sommer und im Winter. Im Winter war das Laufen im tiefen lockeren Schnee physisch stark belastend. Das Gelände im Sommer war unterschiedlich anspruchsvoll. Das bergauf verlaufende Gelände der Trümmersuche stellte hohe Ansprüche an die Motorik und die Ausdauer der Hunde, während das über eine Almwiese bergab verlaufende Gelände der Flächensuche weniger belastend war.

## **5.2.2 Rektale Körpertemperatur**

### **5.2.2.1 Einfluss der Belastungsform auf die Körpertemperatur**

Die Ruhewerte der untersuchten Hunde lagen mit 38,4-38,7°C innerhalb der in der Literatur angegebenen Referenzwerte von 37,5-39,0°C (JESSEN, 2000). Zwischen den Ruhewerten der 4 Belastungsformen waren keine signifikanten Unterschiede festzustellen.

Bei allen 4 Belastungsformen zeigte die Körpertemperatur nach beiden Durchgängen einen signifikanten Anstieg gegenüber den Ruhe- und Pausenwerten. Der Anstieg der Körpertemperatur war auf die mit der Muskelaktivität während der Lauf- und Suchbelastung verbundene Wärmeproduktion zurückzuführen (BJOTVEDT ET AL., 1984; ILKIW ET AL., 1989; MATWICHUK ET AL., 1999; KOLB UND SEEHAWER, 2002). Nach der Lauf- und Suchbelastung im Sommer stieg die Körpertemperatur maximal um 1,3°C und im Winter um 0,5°C an. Der in dieser Untersuchung gemessene Anstieg der Körpertemperatur lag damit weit unter dem von Greyhounds nach Sprintrennen und Schlittenhunden nach Distanzrennen berichteten Anstieg von 3,6°C bzw. 4,6°C (BJOTVEDT ET AL., 1984; PHILLIPS ET AL., 1981). Besonders bei der Lauf- und Suchbelastung im Sommer war bei den untersuchten Rettungshunden eine belastungsbedingte Hyperthermie von 39,5°C bis 39,7°C festzustellen. Diese Hyperthermie im Sommer ist auf eine höhere Außentemperatur (8,6°C bis 26,2°C) zurückzuführen. Aber auch im Winter stieg die Körpertemperatur nach Belastung signifikant auf 39,0°C an, blieb jedoch im oberen Referenzbereich. Da es trotz der für die Wärmeabgabe vorteilhaften niedrigen Außentemperaturen von -3,2°C bis -17,9°C zu einem deutlichen Anstieg der Körpertemperatur gekommen war, schien das Laufen und Überwinden von Steigungen im Schnee, insbesondere im Tiefschnee, physisch stark belastend gewesen zu sein. Nach maximaler Laufbandbelastung und nach 10-minütiger Apportierarbeit wurden weitaus höhere Körpertemperaturen von 41,8°C bis 42,2 °C gemessen (WAGNER ET AL., 1977; MATWICHUK ET AL., 1999). Die Körpertemperatur der untersuchten Rettungshunde lag nach den Lauf- und Suchbelastungen in einem Bereich, der mit der Körpertemperatur von Drogenspürhunden nach einer 15-minütigen Rauschgiftsuche vergleichbar ist (39,4°C: STRASSER ET AL., 1993).

In dieser Untersuchung fiel auf, dass die über 7-jährigen Hunde nach Belastung, wie auch über den gesamten Untersuchungszeitraum trotz signifikant höherer Herzfrequenz die geringste Körpertemperatur aufwiesen. In Zusammenhang mit den Ergebnissen der Verhaltensbeobachtungen kann der relativ geringe Aktivitätsindex der älteren Hunde die niedrigere Körpertemperatur erklären. Die unter 4-jährigen Rettungshunde wiesen zu allen Probenzeitpunkten die höchste Körpertemperatur auf. Der Unterschied zu den anderen beiden Altersklassen fiel besonders in den Ruhephasen (T0, T2, T5, T6) auf. Nach Literaturangaben

kann psychischer Stress zu einer Erhöhung der Körpertemperatur führen (JESSEN, 2000). Da der psychische Stress bei den Junghunden vermutlich am größten war (*siehe Kap .5.2.4.1*), lässt sich dadurch die höhere Körpertemperatur ableiten. Die höhere Körpertemperatur nach Belastung ist zudem auf den hohen Aktivitätsindex der jungen Hunde zurückzuführen.

Bei keiner der 4 Belastungsformen kam es zu wesentlichen Unterschieden der Körpertemperatur zwischen dem 1. und 2. Durchgang. Obwohl die Körpertemperatur im Sommer nach dem 1. Durchgang der Lauf- und Suchbelastung nach 20 min Pause noch signifikant über den Ruhewerten lag, resultierte dies nicht in einer höheren Körpertemperatur nach dem 2. Durchgang. Es erfolgte also keine Akkumulation der beiden Belastungsdurchgänge.

Die zwei 20-minütigen Lauf- bzw. Suchbelastungen mit einer 20-minütigen Pause im Sommer und Winter stellten eine submaximale Belastung für die Hunde dar. Es war keine Dekompensation im Bereich der Körpertemperatur zu beobachten. Nach keiner Belastung erreichte die Körpertemperatur Bereiche über 42°C, die pathologische Veränderungen im Körper auslösen könnten (BJOTVEDT ET AL., 1984; NOLD ET AL., 1991). Lediglich im Sommer erreichte oder überschritt die Körpertemperatur einzelner Hunde an besonders heißen Tagen 41°C (Umgebungstemperatur über 30°C).

### **5.2.2.2 Einfluss der Pausen- und Erholungszeit auf die Körpertemperatur**

Nach dem 1. Durchgang reichten im Sommer 20 min Pause weder nach der Lauf- noch nach der Suchbelastung zur Normalisierung der Körpertemperatur aus, obwohl zu diesem Zeitpunkt bereits ein signifikanter Abfall der Körpertemperatur gegenüber den Belastungswerten stattgefunden hatte. Im Winter waren nach dem 1. Durchgang 20 min zur Normalisierung der Körpertemperatur ausreichend. Nach dem 2. Durchgang waren bei allen 4 Belastungsformen nach 60 min Erholungszeit Ausgangswerte erreicht. Da im 2. Durchgang jedoch erst 60 min nach Belastungsende eine erneute Messung erfolgte, dürfte die erforderliche Regenerationszeit für die Hunde im Zeitbereich zwischen 20 und 60 min liegen. Damit stimmt die Regenerationszeit in dieser Untersuchung mit den Angaben in der Literatur überein. Die Körpertemperatur nach Sprintrennen (ROSE AND BLOOMBERG, 1989), nach Laufbandbelastung (FOSS ET AL., 1971) und nach 10-minütiger Apportierarbeit (MATWICHUK ET AL., 1999) war 30 min nach Belastungsende noch signifikant erhöht. Bei Windhunden lag die Körpertemperatur nach einem Sprintrennen ebenfalls erst 60 min nach Belastungsende im

Ausgangsbereich (ROSE AND BLOOMBERG, 1989).

Bei allen 4 Belastungsformen sank die Körpertemperatur innerhalb der 2 h Erholungszeit unter die Ruhewerte. Auch MATWICHUK ET AL. (1999) konnten nach 10-minütiger Apportierarbeit ein Absinken der Körpertemperatur unter den Ausgangswert nach 60 min und 120 min Erholungszeit beobachten.

### **5.2.2.3 Vergleich der Lauf- und der Suchbelastung**

Die rektale Körpertemperatur unterschied sich vor und nach Belastung, sowie in der Erholungszeit zwischen Lauf- und Suchbelastung weder im Sommer noch im Winter wesentlich. Der einzige statistisch nachweisbare Unterschied zwischen der Lauf- und der Suchbelastung konnte im Winter in der Erholungszeit beobachtet werden. Hier fiel die Körpertemperatur nach der Laufbelastung innerhalb der 120-minütigen Erholungszeit kontinuierlich ab, wohingegen sie nach der Suchbelastung nach 60 min Erholung wieder anstieg. Eine plausible Erklärung für diesen statistischen Unterschied konnte nicht ermittelt werden. Jedoch zeigten sich während des gesamten Versuches bei der Suchbelastung im Winter geringfügig stärker ausgeprägte Veränderungen der Körpertemperatur als bei der Laufbelastung im Winter. Im Sommer gab es keine signifikanten Unterschiede der Körpertemperatur zwischen der Such- und Laufbelastung. Aus *Abbildung 13* ist jedoch ersichtlich, dass die Körpertemperatur nach der Laufbelastung im Sommer meist deutlich über der Suchbelastung lag. Dies dürfte vor allem darauf zurückzuführen sein, dass die Laufbelastung bei höheren Umgebungstemperaturen (10,4°C bis 26,2°C) stattfand als die Suchbelastung (8,6°C bis 19,9°C).

Die Ergebnisse dieser Untersuchung stehen damit im Gegensatz zu den Untersuchungen von STRASSER ET AL. (1993). Sie hatten bei Rauschgiftsuchhunden Hinweise darauf gefunden, dass sich die Aktivität der Atemmuskulatur beim Schnüffeln und der Bewegungsmuskulatur beim Laufen potenzieren. Rauschgiftsuchhunde müssen eine sehr intensive Nasenarbeit, jedoch nur innerhalb einer kurzen Zeitspanne erbringen. Diese intensive Form der Nasenarbeit scheint die Körpertemperatur zusätzlich ansteigen zu lassen. Rettungshunde bei der Flächen-, Trümmer- und Lawinensuche müssen über einen langen Zeitraum ausdauernd nach menschlicher Witterung stöbern. Das Stöbern schien die Atemmuskulatur weniger zu belasten, weswegen die Körpertemperatur in dieser Untersuchung nicht zusätzlich anstieg.

Hunde können nach GAZIT AND TERKEL (2003) nicht gleichzeitig Hecheln und Schnüffeln. Von daher wäre ein Einfluss der Sucharbeit auf die Thermoregulation denkbar gewesen. In

dieser Untersuchung wurde jedoch die Wärmeabfuhr durch das Schnüffeln nicht beeinträchtigt.

#### **5.2.2.4 Vergleich der Sommer- und der Winterarbeit**

Zwischen den Belastungen im Sommer und Winter bestanden große Unterschiede bei der Körpertemperatur. Nach beiden Durchgängen erzeugte die Lauf- und Suchbelastung im Sommer einen zwei- bis viermal stärkeren Anstieg der Körpertemperatur als zum entsprechenden Zeitpunkt im Winter. So stieg die Körpertemperatur im Sommer um 0,70°C bis 1,28°C an und im Winter nur um 0,31°C bis 0,52°C. Entsprechend dem stärkeren belastungsbedingten Anstieg der Körpertemperatur im Sommer, sank die Körpertemperatur in der Pausen- und Erholungszeit nach der Lauf- und Suchbelastung im Sommer doppelt so stark ab wie im Winter.

Diese Unterschiede sind überwiegend auf die unterschiedlichen Umgebungstemperaturen im Sommer und Winter zurückzuführen. Im Sommer wurde nach dem 2. Durchgang der Lauf- und der Suchbelastung eine positive Korrelation zwischen Umgebungs- und Körpertemperatur nachgewiesen. Dies bedeutet, dass vor allem nach fortgesetzter Belastung der Einfluss der Umgebungstemperatur verstärkt zur Geltung kommt. Dabei ist nach den zweiten 20 min Belastung bereits bei einer Umgebungstemperatur von 17,0°C ein Überschreiten einer rektalen Körpertemperatur von 39,5°C zu erwarten (*siehe Abbildung 16*). In ähnlicher Weise stellten auch PHILLIPS ET AL. (1981) bei Schlittenhunden im Rennen ab einer Umgebungstemperatur von 15,0°C einen signifikant stärkeren Anstieg der Körpertemperatur fest. Ein Anstieg der Körpertemperatur kann sich durch verstärktes thermoregulatorisches Hecheln negativ auf die Riechleistung der Hunde auswirken. So stellten GAZIT AND TERKEL (2003) bereits bei einer rektalen Körpertemperatur von 39,6°C eine verringerte Leistung von Sprengstoffhunden fest. Dies sollte beim Einsatz von Rettungshunden bei hohen Außentemperaturen bedacht werden. Die Umgebungs- bzw. Körpertemperatur stellt einen leistungslimitierenden Faktor bei den Rettungshunden dar.

Wie sich schon bei KOZLOWSKI ET AL. (1985) zeigte, erhöht eine externe Kühlung die Leistungsfähigkeit und verringert die belastungsbedingte Hyperthermie. Eine niedrige Außentemperatur, wie bei der Lauf- und Suchbelastung im Winter, dürfte im Prinzip einer solchen Kühlung entsprechen, womit sich auch der geringere belastungsbedingte Anstieg der Körpertemperatur in dieser Untersuchung im Winter erklären lässt.

Auch in der Erholungszeit stellt die Umgebungstemperatur einen bedeutenden Einflussfaktor auf die Körpertemperatur dar. Wie schon in *Kap. 5.2.2.2* ausgeführt, sank die Körpertemperatur bei allen Belastungsformen infolge der fehlenden Wärmeproduktion durch Muskelaktivität schon nach 60 min unter Ruhewerte und lag im Winter sogar signifikant unter diesen. Im Winter zeigte sich in Ruhe und nach 2 h Erholung von der Suchbelastung eine negative Korrelation von Umgebungs- und Körpertemperatur (*siehe Abbildung 17 und 18*). Gleichzeitig lagen Ruhe- und Erholungswerte (nach 2 h) im Winter stets über der Körpertemperatur im Sommer. Dies lässt sich dadurch erklären, dass die Hunde bei besonders niedriger Außentemperatur und schlechtem Wetter mit hohen Windgeschwindigkeiten in der Ruhe- und Erholungszeit fast ausnahmslos im Kontainer lagen, wohingegen sie ansonsten draußen abgelegt wurden. Dies hatte jedoch auch zur Folge, dass Eis und Schnee im Fell der Hunde, bei den geringen Plusgraden im Kontainer, tauten und das Fell der Hunde durchnässten. Es wäre daher denkbar, dass der Organismus ein übermäßiges Auskühlen des Körpers, aufgrund der niedrigen Außentemperaturen oder des Verlustes der Isolationswirkung des Felles durch die Nässe, durch Gegenregulation verhinderte und aufgrund der gesteigerten Thermogenese höhere Körpertemperaturen in den Ruhephasen auftraten. Für diese Theorie spricht auch, dass die Hunde im Winter in den Ruhephasen teilweise Kältezittern zeigten und dass der Blutglukosespiegel im Winter niedriger war als im Sommer. Daher gilt es bei längerem Liegen der Hunde bei niedrigen Außentemperaturen, durch geeignete Schutzmaßnahmen (Decke, wind- und witterungsgeschützter Lagerplatz), ein übermäßiges Auskühlen der Hunde zu vermeiden. Bei ruhigem, inaktivem Liegen in kalter Umgebung wird durch Muskelzittern und erhöhten Gesamtstoffwechsel die Thermogenese verstärkt und durch Zusammenrollen und Piloerektion der Wärmeverlust begrenzt (HAUPT, 1997; JESSEN, 2000). Dieses sind energieverbrauchende Vorgänge und entziehen den Hunden schon vor bzw. nach einer Belastung zusätzliche Energie. Eine intensive körperliche Beanspruchung in unvorbereitetem kaltem Zustand der Muskulatur stellt zusätzlich einen Risikofaktor für mögliche Verletzungen dar und ist hinsichtlich der Leistungsfähigkeit der Hunde als unvorteilhaft zu bewerten.

Dagegen konnte bei der Laufbelastung im Sommer in der Pause nach der 1. Belastung eine positive Korrelation von Umgebungs- und Körpertemperatur nachgewiesen werden (*siehe Abbildung 15*). Dies verdeutlicht, dass sich eine hohe Außentemperatur im Sommer in der Erholungszeit negativ auf die Wärmeabgabe der Hunde nach Belastung auswirkt. Wenn man die Rasseverteilung betrachtet (*siehe Tabelle 14*), fällt der verhältnismäßig hohe Anteil von Deutschen Schäferhunden auf. Die Schäferhunde, wie auch ein Großteil der anderen

Rettungshunde, waren stock- bis langhaarig und besaßen eine schwarze Decke mit relativ dichter Unterwolle. Diese Fellbeschaffenheit bietet im Winter einen guten Kälteschutz, hat durch die dichte Isolationsschicht im Sommer aber Nachteile (BJOTVEDT ET AL., 1984; SCHEUNERT UND TRAUTMANN, 1987; JESSEN, 2000). Daher ist bei hohen Außentemperaturen darauf zu achten, dass die Hunde in den Erholungszeiten an kühlen, schattigen Plätzen abgelegt werden und den Hunden ausreichend frisches Wasser zur Verfügung steht. Zusätzlich kann durch Befeuchten des Fells die Wärmeabgabe der Hunde unterstützt werden.

### **5.2.3 Blutparameter**

#### **5.2.3.1 Einfluss der Belastungsform auf die Blutparameter**

##### **Säure-Basenparameter und Blutgase**

Die Ruhewerte der untersuchten Parameter lagen in den entsprechenden Referenzbereichen. Es fiel jedoch auf, dass der pH-Wert der über 7-jährigen Hunde in Ruhe, sowie nach 2 h Erholung über dem pH-Wert der anderen Altersklassen lag. Die Ursache hierfür konnte nicht ermittelt werden. Da die älteren Hunde geringere Körpertemperaturen aufwiesen als die übrigen Altersklassen, kann ein Anstieg des pH-Wertes aufgrund einer Hyperventilation fast ausgeschlossen werden. Vermutlich sind diese Unterschiede auf altersbedingte Veränderungen der am Säure-Basenhaushalt beteiligten Organe, wie Niere und verschiedene Blutpuffer (Hb, Proteine, Phosphat), zurückzuführen. Die Parameter der venösen Blutgasanalyse und des Säure-Basenhaushaltes zeigten übereinstimmend nach allen 4 Belastungsformen beträchtliche belastungsbedingte Veränderungen. Bis auf die Laufbelastung im Winter war nach allen Belastungsformen ein signifikanter Anstieg des pH auf 7,43 im Sommer und 7,40 im Winter sichtbar. Der  $pO_2$  stieg im Sommer signifikant auf 52,3-57,6 mm Hg und bei der Laufbelastung im Winter auf 40,4-47,8 mm Hg an. Nach allen 4 Belastungsformen zeigte sich ein signifikanter Abfall des  $pCO_2$  auf 30,0-31,2 mm Hg. Bis auf die Suchbelastung im Winter war nach allen 4 Belastungsformen ein signifikanter Abfall der  $HCO_3^-$ -Konzentration auf 18,8-20,0 mmol/l erkennbar. Bei keiner Belastungsform fanden signifikante belastungsbedingte Veränderungen des BE statt. Die BE-Belastungswerte erreichten im Sommer -2,24 bis -2,59 mmol/l und im Winter -3,7 bis -4 mmol/l.

Die ausbleibende Entwicklung einer metabolischen Azidose in dieser Untersuchung ist, zusammen mit dem fehlenden Laktatanstieg, darauf zurückzuführen, dass die Rettungshunde vorwiegend im aeroben Bereich arbeiteten. Die Rettungshunde unterschieden sich aufgrund einer anderen Belastungssituation und anderem Energiestoffwechsel mit ihren venösen

Blutgaswerten wesentlich von Greyhounds nach Sprintrennen. Greyhounds entwickelten nach kurzzeitiger intensiver Belastung eine charakteristische metabolische Azidose mit arteriell gemessenen Werten von: pH: 6,95-7,26; pO<sub>2</sub>: 125-131 mm Hg; pCO<sub>2</sub>: 14-43 mm Hg; HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>: 3,1-4 mmol/l; BE: -29,1 mmol/l (DOBSON ET AL., 1988; ILKIW ET AL., 1989; ROSE AND BLOOMBERG, 1989; NOLD ET AL., 1991; PIESCHL ET AL., 1992; TOLL ET AL., 1995).

Stattdessen können die in dieser Untersuchung gemessenen Veränderungen der Parameter des Säure-Basenhaushaltes im Sinne einer respiratorischen Alkalose interpretiert werden. Durch den Einfluss der Höhenlage im Winter, der Umgebungstemperatur im Sommer und der steigenden Körpertemperatur, sowie der Nasenarbeit hyperventilierten die Hunde. Dies hatte Auswirkungen auf den normalen Gasaustausch im funktionellen Lungengewebe. Durch Hyperventilation wurde mehr O<sub>2</sub> aufgenommen und vermehrt CO<sub>2</sub> abgeatmet. Nach der physiologischen Gleichgewichtsreaktion ( $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$ ) sank durch die vermehrte pulmonale CO<sub>2</sub>-Elimination der pCO<sub>2</sub> und die Konzentration der freien H<sup>+</sup>-Ionen im Blut, da der Organismus versuchte, das Gleichgewicht durch Nachlieferung von H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> aus H<sup>+</sup> und HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> aufrechtzuerhalten (GÄBEL, 2000). Bei längerer Belastungsdauer wäre vermutlich eine deutlichere Ausprägung der respiratorischen Alkalose zu erwarten gewesen. Gleichzeitig fiel die HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>-Konzentration im Blut durch metabolische Kompensation und der pO<sub>2</sub> stieg an (KRAFT, 1999).

In ähnlicher Weise berichteten MATWICHUK ET AL. (1999) nach 10 min Apportierarbeit bei Retrievern von einer geringen metabolischen Azidose und von einer stärkeren Ausprägung einer respiratorischen Alkalose. Zum einen laufen die Hunde bei der Apportierarbeit mit relativ hoher Geschwindigkeit, zum anderen müssen sie zum Finden der Dummies auch Nasenarbeit verrichten. Die respiratorische Alkalose der Rettungshunde war allerdings geringer ausgeprägt als von den arteriellen Blutwerten bei den Retrievern von MATWICHUK ET AL. (1999) berichtet (pH: 7,6; pO<sub>2</sub>: 140 mm Hg; pCO<sub>2</sub>: 15 mm Hg; HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>: 13 mmol/l).

STRASSER ET AL. (1993) konnten bei Drogenspürhunden nach einer 15-minütigen Rauschgiftsuche nur tendentielle Veränderungen der Blutgase feststellen, die ebenfalls auf die Entwicklung einer respiratorischen Alkalose nach der Nasenarbeit hindeuteten. So waren der venöse pH von 7,4 und der pO<sub>2</sub> von 56,2 mm Hg, sowie HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> mit 23,4 mmol/l etwa vergleichbar mit den Ergebnissen dieser Untersuchung. STRASSER ET AL. (1993) konnten jedoch geringere Veränderungen des BE und stärkere Veränderungen des pCO<sub>2</sub> feststellen. Da in dieser Untersuchung eine Belastungsdauer von 2 x 20 min Suche gewählt wurde und die Rettungshunde ein höheres Laufpensum bei teilweise höheren Umgebungstemperaturen und

größeren Höhenlagen ableisteten als die Polizeihunde, ergaben sich die festgestellten signifikanten Veränderungen.

Nach Schlittenhunderennen ergaben sich bei den Werten des  $pO_2$ ,  $pCO_2$ ,  $HCO_3^-$  teilweise vergleichbare venöse Ergebnisse (HINCHCLIFF ET AL., 1997). Jedoch lagen der pH mit 7,33 und der BE mit -10 mmol/l unter den Werten in dieser Untersuchung.

### **Muskelstoffwechsel**

Die Kreatinkinase-Aktivität (CK) in Ruhe (45-64 IU/l) lag bei allen 4 Belastungsformen innerhalb des Referenzbereichs bis 90 IU/l (KRAFT ET AL., 1999). Bei allen Belastungsformen konnte übereinstimmend ein belastungsbedingter CK-Anstieg verzeichnet werden, was zum einen auf eine verstärkte Aktivität der energieliefernden Systeme (Kreatinphosphat-Metabolismus) zur ATP-Lieferung hindeutet (AKTAS ET AL., 1993; MURPHY ET AL., 1997; KOLB UND SEEHAWER, 2002). Zum anderen zeigt sich, dass durch lokale Muskelhypoxie während der Belastung die Permeabilität der Muskelzellmembran erhöht wurde (SNEDDON ET AL., 1989; AKTAS ET AL., 1993; BURR ET AL., 1997).

Die gemessenen CK-Belastungswerte von 66-78 IU/l im Sommer und 65-97 IU/l im Winter lagen noch im oberen Normalbereich. Da physische Aktivität und CK-Aktivität miteinander korrelieren (HEFFRON ET AL., 1976), konnte in dieser Untersuchung bereits unmittelbar nach Belastungsende eine Reaktion der Hunde auf eine verstärkte Muskelarbeit nachgewiesen werden. Manche Hunde wiesen jedoch schon in Ruhe CK-Werte von 64 IU/l auf, andere Hunde erreichten erst nach Belastung 66 IU/l. Eine hohe Standardabweichung verhinderte bei den meisten Belastungsformen signifikante Unterschiede zwischen Ruhe- und Belastungswerten. Daher konnte nur nach der Suchbelastung im Sommer ein signifikanter Anstieg der CK-Werte gegenüber dem Ruhewert nachgewiesen werden. Wenn man die CK-Aktivität der Rettungshunde getrennt nach 3 Altersklassen betrachtet, so wurde bei den über 7-jährigen Hunden unmittelbar nach Belastung und nach 2 h Erholung die höchste CK-Aktivität gemessen. Demnach verursachte dieselbe Lauf- und Suchbelastung bei den älteren Hunden eine stärkere physische Belastung als bei den jüngeren Hunden. Maximal erreichte die CK-Aktivität nach Belastung 140-445 IU/l. Bei einzelnen Hunden sind solche Werte darauf zurückzuführen, dass diese Hunde eine auffallend höhere Bewegungsaktivität (hohe Aktivitätsindizes) zeigten und ein höheres Laufpensum ableisteten als andere. Ein Hund litt an einer starken Arthrose und überlastete infolgedessen kompensatorisch das andere Bein, was zu höheren CK-Werten führte. Zwei Durchgänge einer 20-minütigen Lauf- oder Suchbelastung erzeugten CK-Werte, die etwa vergleichbar waren mit 60 min Laufbandarbeit

(60-150 IU/l) (CHANOIT ET AL., 2001, 2002). Die CK-Aktivität bei Hunden nach 10 min Apportieren lag mit 143 IU/l über und nach 10 min Drogensuche mit 37 IU/l unter der hier ermittelten CK-Aktivität (STRASSER ET AL., 1993; MATWICHUK ET AL., 1999). Aufgrund eines geringeren Laufpensums lagen die Rettungshunde in einem weitaus geringeren Bereich als von Schlittenhunderennen berichtet (101-3731 IU/l) (BURR ET AL., 1997; HINCHLIFF ET AL., 2000). Trotz längerer Belastungsdauer war die Belastungsintensität nicht so stark wie von Sprintrennen berichtet (39-391 IU/l) (SNOW ET AL., 1988; NOLD ET AL., 1991).

Die in dieser Untersuchung ermittelte CK-Aktivität liegt in einer Größenordnung, die noch keine pathophysiologischen Veränderungen in Form von permanenten hypoxischen Muskelschäden oder Muskeldegeneration vermuten lässt (AKTAS ET AL., 1995; KRAFT ET AL., 1999). Es handelt sich um reversible Permeabilitätsänderungen der Muskelzellmembran, allenfalls um kleine Muskelfaserrisse.

Die Laktat-Ruhewerte lagen mit 1,8-2,1 mmol/l ähnlich wie die bei anderen Sporthunden gemessenen Ruhewerte von 0,22-4,3 mmol/l (GRANDJEAN ET AL., 1983; BJOTVEDT ET AL., 1984; NOLD ET AL., 1991; BURR ET AL., 1997). Nach keiner der 4 Belastungsformen zeigten sich signifikante belastungsbedingte Veränderungen der Laktatkonzentration. Nach Belastung konnte im Sommer generell ein Abfall und im Winter ein Anstieg der Laktatwerte beobachtet werden. Die Laktat-Belastungswerte blieben stets unter 2,3 mmol/l. Bei der Betrachtung der verschiedenen Altersklassen fällt auf, dass nach Belastung nur bei den über 7-jährigen Hunden ein Anstieg der Laktatwerte stattfand. Bei den unter 4 Jahre alten Hunden und den 4 bis 7-jährigen Hunden sank die Laktatkonzentration geringfügig. Die älteren Hunde kamen also trotz eines geringeren Aktivitätsindex in eine stärkere Sauerstoffschuld und lagen mit ihren Laktatwerten signifikant über den Junghunden. Die Rettungshunde lagen vom Standpunkt der Belastungsintensität und -dauer betrachtet zwischen Sprint- und Ausdauerbelastungen. Die Belastungsintensität war nicht so hoch wie bei Greyhounds, dafür war die Belastungsdauer länger. Die Belastungsdauer war geringer als bei Schlittenhunden, jedoch lag die Laufgeschwindigkeit höher. Die Rettungshunde arbeiteten in einem Bereich, in dem die benötigte Energie überwiegend auf aerobem Weg gedeckt werden konnte (V. ENGELHARDT, 2000). Daher lagen die Laktat-Werte der Rettungshunde weit unter den von Greyhounds (bis 32,5 mmol/l), nach maximaler Laufbandarbeit (2,5-11,7 mmol/l) und nach 10 min Apportieren (3,6 mmol/l) berichteten Laktatwerten. Die Höhe der Laktatwerte ähnelte den Werten von Hunden nach Schlittenhunderennen (0,7-3,1 mmol/l) und nach submaximaler Laufbandarbeit (<2 mmol/l). Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch STRASSER ET AL. (1993) nach 15 min Suchtgiftsuche (1,7 mmol/l). Auch aus den blutgasanalytischen Untersuchungen

war ersichtlich, dass keine nennenswerte Steigerung des anaeroben Stoffwechsels durch Laktatproduktion stattfand.

Laktat gilt als Indikator der eingegangenen Sauerstoffschuld während einer Belastung (MATWICHUK ET AL., 1999). Da bei allen Belastungsformen kaum Laktat produziert wurde, schien die Sauerstoffversorgung während der physischen Belastungen ausreichend gewesen zu sein. Es trat keine wesentliche belastungsbedingte Muskelhypoxie auf. Die Höhe der Laktatwerte lässt auf keine Leistungsbeeinträchtigung durch muskuläre Ermüdung schließen. Es handelte sich um submaximale Belastungen, bei denen sich keine klinisch relevante Hyperlaktämie oder metabolische Azidose entwickelte.

### **Glukosestoffwechsel**

Ruhe- (5,4-5,7 mmol/l) und Belastungswerte (5,4-5,8 mmol/l) der Glukosekonzentration lagen innerhalb des Referenzbereichs von 3,9-6,7 mmol/l (RADIN, 1997; KRAFT ET AL., 1999). Die gemessenen Glukosekonzentrationen bei der Lauf- und der Suchbelastung im Sommer und im Winter lagen geringer als von Sprintrennen (9,5 mmol/l: ILKIW ET AL., 1989) berichtet. Sie lagen höher als nach submaximaler Laufbandbelastung (3,9-4,9 mmol/l: FOSS ET AL., 1971; TIPTON ET AL., 1974; WAGNER ET AL., 1977) beschrieben und waren vergleichbar mit den Glukose-Werten nach Schlittenhunderennen (4,1-5,7 mmol/l: HINCHCLIFF ET AL., 1993, 1996), nach 10-minütiger Apportierarbeit (6 mmol/l: MATWICHUK ET AL., 1999) und nach 15-minütiger Rauschgiftsuche (5,2 mmol/l: STRASSER ET AL., 1993). Nur nach der Suchbelastung im Sommer konnte ein signifikanter Anstieg der Glukosekonzentration auf 5,7-5,8 mmol/l beobachtet werden. Dies könnte auf eine starke sympathoadrenerge Stimulation durch psychischen Stress in Zusammenhang mit der Suche zurückgeführt werden. Es entwickelte sich andeutungsweise eine Stresshyperglykämie (KRAFT ET AL., 1999). Über hormonelle Vorgänge wird die Glukoneogenese und Glykogenolyse gesteigert (FOSS ET AL. 1971; KOLB, 1993; RADIN, 1997). Wenn die Glukose schneller in die Zirkulation kommt, als sie von der arbeitenden Muskulatur aufgenommen und verbraucht werden kann, entsteht eine Hyperglykämie (SNOW ET AL., 1988; RADIN, 1997; KRAFT ET AL., 1999). Der Effekt einer Stresshyperglykämie spiegelt sich besonders bei den Hunden unter 4 Jahren wider. Sie wiesen in Ruhe, aber noch ausgeprägter nach Belastung die höchsten Glukosewerte auf. Die Glukosewerte der anderen beiden Altersklassen hingegen ähnelten sich.

Nach der Laufbelastung im Sommer konnte ein geringerer Anstieg der Glukosewerte beobachtet werden. Zum einen stellte das Laufen keinen großen psychischen Stress für die Hunde dar. Zum anderen ist anzunehmen, dass die freigesetzte Glukose bei starker physischer

Beanspruchung durch die Laufbelastung unmittelbar wieder verbraucht wurde. Die absoluten Belastungswerte der Lauf- und Suchbelastung unterschieden sich nur gering. Außerdem lagen die Ruhewerte im Sommer bei der Laufbelastung schon höher als bei der Suchbelastung, so dass der Anstieg geringer ausfiel.

Im Winter fiel die Glukosekonzentration nach Belastung auf 5,4-5,5 mmol/l ab. Dies lässt auf einen verstärkten Glukoseabbau zur Energiegewinnung im Winter schließen (ENGELHARDT, 2000). Nach übermäßiger Anstrengung kann es durch umfangreiche Glukoseutilisation zu einer Hypoglykämie kommen (RADIN, 1997; KRAFT ET AL., 1999). Bei längerer Belastungsdauer muss daher mit einer verringerten Leistungsfähigkeit der Hunde gerechnet werden (POHOSKA, 1978).

Bei der Laufbelastung im Sommer wurden die höchsten Kortisolwerte erreicht. Daher wären aufgrund der damit verbundenen Stimulation der Glukoneogenese (KOLB ET AL., 1993; RADIN, 1997) eigentlich auch hier die höchsten Glukosewerte zu erwarten gewesen. Stattdessen wurden die höchsten Glukosewerte jedoch bei der Suchbelastung im Sommer erreicht. Bei FOSS ET AL. (1971) veränderten sich Glukose- und Kortisolkonzentration ebenfalls nicht proportional zueinander. Sie führten dies auf ein verzögertes Einsetzen der Glukoneogenese und dem gleichzeitigen Glukoseverbrauch zurück. Es könnte also sein, dass entweder bei der Laufbelastung trotz der relativ hohen Kortisolwerte und Glukoneogenese mehr Glukose verbraucht wurde oder bei der Suchbelastung durch andere stressbedingte sympathische Einflüsse (Katecholamine) eine stärkere Glukoneogenese stattfand.

Es konnte keine klinisch relevante Veränderung der Glukosekonzentration in Richtung einer Hyper- oder Hypoglykämie festgestellt werden, die eine Leistungsbeeinträchtigung der Hunde vermuten ließen. Die Hunde konnten trotz starker körperlicher und teilweise psychischer Belastung den Blut-Glukosespiegel relativ konstant halten (v. ENGELHARDT, 2000)

### **Hämatologische Parameter, Proteine, Nieren- und Leberstoffwechsel**

Die hämatologischen Parameter (Hkt, Hb) und Proteine (TP, Alb, Glob), die Nieren- (BUN, Krea) und Leberparameter (ALT, AP, Chol, Bil) zeigten bei keiner der 4 Belastungsformen signifikante Veränderungen (*siehe Tabelle 20-22*).

Die hämatologischen Parameter lagen sowohl im Sommer als auch im Winter schon in Ruhe im oberen Referenzbereich. Aus den relativ hohen Hkt und Hb-Werten kann auf einen guten Trainingszustand der Hunde mit einer erhöhten Erythrozytenzahl geschlossen werden (KRAFT ET AL., 1999). Allerdings könnte schon vor der 1. Probennahme aufregungsbedingt eine Milzkontraktion stattgefunden haben und somit ebenso für die relativ hohen

Erythrozytenindizes verantwortlich sein (NEUHAUS ET AL., 1992). Weiterhin konnte keine stressbedingte Anämie infolge von chronischer bzw. intensiver Stresseinwirkung beobachtet werden (MURPHY ET AL., 1997). Da die Indikatoren des Flüssigkeitshaushaltes (Hkt, Urea, Krea, TP, Alb, Glob) sich nicht veränderten, konnte während dieser Untersuchung keine Verschiebung des Flüssigkeits- oder Wasserhaushaltes (Dehydratation, Hämokonzentration) festgestellt werden (RADIN ET AL., 1997; KRAFT ET AL., 1999). Aufgrund der ausbleibenden Veränderung der BUN- und der TP-Konzentration konnte weiterhin kein erhöhter endogener Proteinkatabolismus festgestellt werden, wie es von Ausdauerbelastungen oder übermäßiger körperlicher Anstrengung berichtet wurde (HINCHCLIFF ET AL., 1993, 1996, 1998; BURR ET AL., 1997). Es fand kein extremer Anstieg des endogenen Muskelstoffwechsels statt, der erhöhte Krea-Werte aus dem Abbau von Kreatin und Kreatinphosphat verursachen könnte (BURR ET AL., 1997; KRAFT ET AL., 1999). Weiterhin gab es keine Anhaltspunkte für einen veränderten renalen oder viszeralen Blutfluss durch starke körperliche Anstrengung (SADOWSKI ET AL., 1981; BJOTVEDT ET AL., 1984; ILIW ET AL., 1989; EWERT, 1997). Die Bilirubinkonzentration lag über den von KRAFT ET AL. (1999) angeführten Referenzwerten bis 3,42  $\mu\text{mol/l}$ . Sie lagen allerdings innerhalb des vom Hersteller des VETSCAN® angegebenen Normalbereich (0,71-8,55  $\mu\text{mol/l}$ ). Auch aus der Literatur sind stark variierende Angaben über die belastungsbedingten Bil-Konzentration zu entnehmen (*siehe Tabelle 9*), die auf unterschiedliche labortechnische Methoden zurückgeführt werden. Es ist daher anzunehmen, dass bei den untersuchten Rettungshunden keine subklinischen Leberfunktionsstörungen durch chronischen Stress (Einsätze, Training) zu verzeichnen waren.

### **5.2.3.2 Einfluss der Erholungszeit auf die Blutparameter**

#### **Säure-Basenparameter und Blutgase**

In der Erholungszeit werden durch die Aktivität verschiedener Puffersysteme (Hb, Phosphat, Proteine,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), sowie über renale und pulmonale Vorgänge Abweichungen von der Säure-Basen-Homöostase ausgeglichen und die Sauerstoffaufnahme und -versorgung wieder der aktuellen Nachfrage in Ruhe angepasst (DEETJEN, 1994; LEISEWITZ ET AL, 1995; WIRTH, 1995). In dieser Untersuchung konnte nach 2 h Erholungszeit bei allen 4 Belastungsformen ein Abfall des pH und des  $\text{pO}_2$ , sowie ein Anstieg des  $\text{pCO}_2$  und der  $\text{HCO}_3^-$ -Konzentration gegenüber dem Belastungswert beobachtet werden. Der BE vergrößerte sich in der Erholungszeit zunehmend in den negativen Bereich. Dabei war eine Erholungszeit von 2 h nach allen Belastungsformen zur Normalisierung des pH-Wertes und des  $\text{pO}_2$  ausreichend.

Bis auf die Suchbelastung im Sommer konnte auch bei den übrigen Parametern ( $p\text{CO}_2$ ,  $\text{HCO}_3^-$ , BE) keine signifikanten Abweichungen vom Ruhewert mehr festgestellt werden. Bei der Suchbelastung im Sommer waren auch die stärksten Veränderungen in der Erholungszeit zu verzeichnen. Die Suchbelastung im Winter schien eine Sonderstellung einzunehmen, da sich die Blutgas-Parameter in der Erholungszeit kaum veränderten.

Die Wiederherstellung der Säure-Basen-Homöostase kann einige Zeit erfordern. PIESCHL ET AL. (1992) berichteten sogar von einem weiteren Abfall des pH und des  $p\text{CO}_2$  innerhalb der ersten 10 min Erholung. Wie sich schon in der Literatur andeutete, benötigt besonders der  $p\text{CO}_2$  längere Zeit zur Normalisierung. Der  $p\text{CO}_2$  war nach 30 min bzw. nach 3 h Erholung bei PIESCHL ET AL. (1992) und ILKIW ET AL. (1989) gegenüber dem Ruhewert noch signifikant erniedrigt. Bei ROSE AND BLOOMBERG (1989) und PIESCHL ET AL. (1992) hatte sich der pH,  $p\text{O}_2$  und die  $\text{HCO}_3^-$ -Konzentration bereits 30 min nach Ende eines Sprintrennens wieder normalisiert. Nach Apportierarbeit von Retrievern lag der  $p\text{O}_2$  nach 15 min Erholung im Normalbereich, der pH,  $p\text{CO}_2$  und  $\text{HCO}_3^-$  waren aber noch signifikant verändert (MATWICHUK ET AL., 1999). Im Gegensatz dazu hatte sich bei HASTINGS ET AL. (1982) der pH und der  $p\text{CO}_2$  bereits 4 min nach maximaler Laufbandarbeit wieder normalisiert, wohingegen der  $p\text{O}_2$  noch weiter angestiegen war. In dieser Untersuchung lag der  $p\text{CO}_2$  der Rettungshunde bei der Suchbelastung im Sommer nach 2 h Erholungszeit noch signifikant unter dem Ruhewert. Allerdings erfolgte in der vorliegenden Untersuchung erst zu diesem Zeitpunkt eine erneute Messung, so dass eine frühere Normalisierung des pH,  $p\text{O}_2$  und der  $\text{HCO}_3^-$ -Konzentration nicht ausgeschlossen werden kann. Der pH-Wert und  $p\text{CO}_2$  schienen besonders deutlich auf eine Belastung zu reagieren.

### **Muskelstoffwechsel**

Bei allen Belastungsformen stieg die CK-Aktivität auch in der Erholungszeit weiter an und erreichte nach 2 h Maximalwerte (73-105 IU/l). Die höchsten gemessenen Einzelwerte lagen bei 218-407 IU/l. Bei der Suchbelastung im Sommer und der Laufbelastung im Winter lag die CK-Aktivität signifikant über dem Ruhewert. Jedoch wurden bei der Suchbelastung im Winter die höchsten CK-Werte gemessen.

Der weitere Anstieg der CK-Aktivität lässt sich auf eine weiterhin erhöhte Permeabilität der Muskelzelle und einen verzögerten lymphatischen Efflux aus den beanspruchten Muskelzellen in das Blut zurückführen (LINDENA ET AL., 1984; AKTAS ET AL., 1993; CHANOIT ET AL., 2002). Im Gegensatz zu Sprintrennen (SNOW ET AL., 1988; ILKIW ET AL., 1989), wo bereits nach 30 min Ruhewerte erreicht waren, waren maximale CK-Werte nach

Laufbandarbeit bei LINDENA ET AL. (1984), CHANOIT ET AL. (2001, 2002) erst nach 1-3 h erreicht. Dort waren die CK-Werte bis 10 h nach Belastungsende gegenüber dem Ruhewert signifikant erhöht. Es kann also in dieser Untersuchung nicht ausgeschlossen werden, dass die CK-Aktivität auch nach dem letzten Messzeitpunkt nach 2 h nach Belastungsende noch weiter anstieg. Aufgrund der kurzen Halbwertszeit der CK (1-4 h; AKTAS ET AL., 1993, 1994) könnte jedoch das Maximum auch schon vorher aufgetreten sein. Die Größenordnung der CK-Aktivität spricht nicht für permanente oder schwerwiegende Muskelschäden oder eine übermäßige physische Beanspruchung, wenngleich die über 7-jährigen Hunde mit >100 IU/l gegenüber den anderen beiden Altersklassen (70-80 IU/l) eine deutlich höhere CK-Aktivität aufwiesen.

Bei ausreichender Sauerstoffversorgung während Belastung und in der Erholungszeit wird Laktat von Leber, Herz und renalem Kortex verstoffwechselt (KIRSCH, 2001). Es findet eine Resynthese zu Glukose bzw. Glykogen statt (ISSEKUTZ ET AL., 1976; ILKIW ET AL., 1989). Durch die Verstoffwechslung von Laktat sinkt die Konzentration im Blut. Übereinstimmend konnte daher in diesen Untersuchungen bei allen 4 Belastungsformen nach 2 h Erholungszeit ein Abfall der Laktatkonzentration gegenüber dem Belastungswert beobachtet werden. Bei der Laufbelastung im Winter handelte es sich sogar um einen signifikanten Abfall der Laktatkonzentration. Andere Autoren berichteten nach Sprintrennen oder Apportierarbeit von einer Normalisierung der Laktatkonzentration nach 30-180 min (ROSE AND BLOOMBERG, 1989; MATWICHUK ET AL., 1999). Da in dieser Untersuchung zu keinem Zeitpunkt starke Veränderungen zu bemerken waren, konnte nach 2 h Erholung auch nur bei der Laufbelastung im Sommer ein signifikanter Abfall gegenüber dem Ruhewert beobachtet werden. Die Laktatwerte der anderen Belastungsformen unterschieden sich nicht signifikant vom Ruhewert. Bei der Suchbelastung im Winter veränderten sich die Laktatwerte am wenigsten.

### **Glukosestoffwechsel**

Durch hormonelle Gegenregulation (Insulinsekretion) zur Erhaltung des Blutglukosespiegels fiel die Glukosekonzentration im Sommer nach einem vorherigen belastungsbedingten Anstieg in der Erholungszeit gegenüber dem Belastungswert signifikant ab und stieg im Winter durch die Wirkung von Glukagon, Kortisol und Katecholaminen gegenüber dem Belastungswert an. Die Glukosewerte hatten sich bei allen 4 Belastungsformen nach der 2-stündigen Erholungszeit normalisiert und zeigten keine signifikanten Abweichungen vom Ruhewert mehr. Auch bei Sprintrennen wurde nach 3 h Erholung von einer Normalisierung der Glukosewerte berichtet, wohingegen diese nach 30 min Erholung noch signifikant

gegenüber dem Ruhewert erhöht waren (SNOW ET AL., 1988; ROSE AND BLOOMBERG, 1989; ILKIW ET AL., 1989). Allerdings fand nach maximaler Laufbandarbeit eine wesentlich schnellere Normalisierung nach 30 min statt (FOSS ET AL., 1971).

Die hämatologischen Parameter und Proteine, sowie die Parameter des Nieren- und Leberstoffwechsels veränderten sich in der 2-stündigen Erholungszeit nicht signifikant und zeigten keine signifikante Abweichung vom Ruhewert.

### **5.2.3.3 Vergleich der Lauf- und der Suchbelastung**

#### **Glukosestoffwechsel**

Im Sommer konnte bei den belastungsbedingten Veränderungen der Glukosekonzentration ein signifikanter Unterschied zwischen Lauf- und Suchbelastung beobachtet werden. Die Hunde wiesen bei der Suchbelastung im Sommer die höchsten gemessenen Belastungswerte auf und zeigten einen vielfach stärkeren Anstieg der Glukosekonzentration als die Laufbelastung im Sommer. Allerdings lag der Ruhewert der Laufbelastung im Sommer schon sehr hoch und verhinderte einen stärkeren belastungsbedingten Anstieg. Auch im Winter lagen, trotz dem belastungsbedingten Abfall, die Glukosewerte nach der Suchbelastung geringfügig über der Laufbelastung. Wahrscheinlich gelangte durch gleichzeitigen psychischen und physischen Stress bei der Suche über hormonelle Vorgänge mehr Glukose in den Kreislauf als bei der Laufbelastung (Stresshyperglykämie, KRAFT ET AL., 1999). Andererseits könnte während der Laufbelastungen mehr Glukose verbraucht worden sein und daher geringer ausgeprägte Veränderungen stattgefunden haben. Nach 2 h Erholung waren die Glukosewerte sowohl im Sommer als auch im Winter bei der Lauf- und der Suchbelastung identisch.

#### **Säure-Basenparameter und Blutgase**

Bei den Blutgasparametern ergaben sich bei ähnlicher Umgebungstemperatur und Höhenlage nach Lauf- und Suchbelastung fast identisch reproduzierbare Ergebnisse. Es konnten keine signifikanten Unterschiede nachgewiesen werden. Beim Schnüffeln erfolgen hochfrequente Ein- und Ausatmungsbewegungen. STRASSER ET AL. (1993) vermuteten, dass dieser Vorgang einer Hyperventilation ähnelt und beschrieben bei Hunden nach einer 15-minütigen intensiven Drogensuche bei geringer Laufarbeit die Entwicklung einer respiratorischen Alkalose. Der  $pO_2$  und der pH-Wert stiegen an, wohingegen der BE und  $pCO_2$  abfielen. Schnüffeln behindert den normalen Gasaustausch und steht in Konkurrenz zur normalen Atmung (ZUSCHNEID ET AL., 1976). Es wäre daher zu erwarten gewesen, dass sich bei den

Suchbelastungen besonders bei gleichzeitigem Hecheln eine stärkere Ausprägung der respiratorischen Alkalose feststellen ließe als nach der Laufbelastung. Die Blutgasanalyse in dieser Untersuchung zeigte bei allen 4 Belastungsformen eine Tendenz zur respiratorischen Alkalose. Die Veränderungen der Blutgas-Parameter schienen allein durch die Laufarbeit bei den Suchbelastungen hervorgerufen worden zu sein. Ein Einfluss der Nasenarbeit konnte nicht nachgewiesen werden. Zu keinem Zeitpunkt konnte ein Unterschied zwischen der Such- und Laufbelastung identifiziert werden. Anders als vermutet lag der  $pO_2$  zu allen Probenzeitpunkten bei den Suchbelastungen im Sommer und Winter geringfügig unter den Werten der Laufbelastungen. Eine Erklärung für die höheren  $pO_2$  Werte bei den Laufbelastungen könnte sein, dass die Hunde bei den Laufbelastungen stärker hechelten und dabei das funktionelle Lungengewebe besser ventilierten als bei der Suche. Dagegen spricht jedoch, dass der  $pCO_2$  bei Lauf- und Suchbelastung fast identische Werte annahm.

Außerdem stehen die Rettungshunde bei den Suchbelastungen im Gegensatz zur reinen Laufbelastung, zusätzlich unter psychischem Stress. LANGBROEK ET AL. (1990), PIESCHL ET AL. (1992) und TOLL ET AL. (1995) erhielten in ihrer Untersuchung Anhaltspunkte für eine aufregungsbedingte Hyperventilation. Dies konnte jedoch in dieser Untersuchung nicht bestätigt werden.

Obwohl auch STRASSER ET AL. (1993) keine signifikanten Veränderungen der Blutgase feststellen konnten, wären vermutlich bei gleicher Belastungsdauer bei der Drogen- oder Sprengstoffsuche stärkere Unterschiede zu einer Laufbelastung zu beobachten, da die Hunde auf einem eng begrenzten Gebiet zur exakten Bestimmung des Verstecks (Feinsuche) fast ununterbrochen schnüffeln. Im Gegensatz dazu waren in dieser Untersuchung während der Trümmer-, Flächen und Lawinensuche trotz stärkerer Laufarbeit nur teilweise deutliche Schnüffelzüge der Hunde zu beobachten. Sie vergewisserten sich auf dem Weg zum Figuranten augenscheinlich nur durch kurzes Schnüffeln am Boden oder in der Luft über die richtige Richtung zum Aufenthaltsort der Figuranten.

### **Muskelstoffwechsel**

Bei den Parametern des Muskelstoffwechsels gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen der Lauf- und der Suchbelastung. Durch die Doppelbelastung der Atmungs- und Skelettmuskulatur hätte man erwarten können, dass die CK-Aktivität und auch die Laktatkonzentration bei den Suchbelastungen höher als bei den Laufbelastungen liegen würde. Bei der Laufbelastung handelte es sich um ein längeres Laufpensum (Strecke 2-4 km) und bei der Suchbelastung war die Geländestruktur schwieriger (Steigung, Hindernisse). Die

physische Belastung schien sich aber hinsichtlich des Muskelstoffwechsels im Endeffekt trotz unterschiedlicher Belastungsform, Geländestruktur und zusätzlichem Schnüffeln zu gleichen.

Entgegen der Erwartung ergab keiner der gemessenen Blutparameter eindeutige Hinweise auf eine mögliche Belastung der Rettungshunde durch die Nasenarbeit. Die Reaktionen der Parameter schienen vorwiegend durch die Laufarbeit während der Suchbelastungen hervorgerufen worden zu sein.

### **5.2.3.4 Vergleich der Sommer- und der Winterarbeit**

#### **Säure-Basen Parameter und Blutgase**

Im Sommer zeigten der pH,  $pO_2$ ,  $pCO_2$  und  $HCO_3^-$  sowohl nach Belastung als auch in der Erholungszeit um ein Vielfaches stärker ausgeprägte Veränderungen als im Winter. Es waren signifikante Unterschiede zwischen der Sommer- und der Winterarbeit festzustellen, die auf den Einfluss verschiedener Klimafaktoren (Umgebungstemperatur, Höhenlage) zurückgeführt werden können. Besonders die Umgebungstemperatur schien große Auswirkungen auf die Blutgase zu haben. Im Sommer erforderten die relativ hohe Umgebungstemperatur und der belastungsbedingte Anstieg der Körpertemperatur eine verstärkte Wärmeabfuhr über thermoregulatorisches Hecheln. Beim Hecheln wird belastungsabhängig neben der Totraumventilation auch die Alveolarventilation verstärkt (WAGNER ET AL., 1977; MUSCH ET AL., 1986; JESSEN, 2000). Dies bewirkte im Sommer einen stärkeren Anstieg des pH und ebensolchen Abfall des  $pCO_2$  und der  $HCO_3^-$ -Konzentration als im Winter. Ein belastungsbedingter Anstieg des  $pO_2$  wird im Winter auch durch die Höhenlage, die mit einem verringerten Sauerstoffgehalt in der Atemluft verbunden ist, gedämpft. Beim Aufenthalt in großen Höhenlagen wird den Chemorezeptoren ein Sauerstoffmangel signalisiert (SILBERNAGEL AND DESPOPOULOS, 1991; DEETJEN, 1994). Der Organismus versucht, um eine adäquate Versorgung der arbeitenden Gewebe zu gewährleisten, den normalen  $pO_2$  im Blut aufrechtzuerhalten und zusätzlich bei Belastung zu steigern. Im Sommer zeigte sich nach Belastung daher ein mehr als doppelt so starker  $pO_2$ -Anstieg und die  $pO_2$ -Belastungs- und Erholungswerte lagen im Sommer deutlich höher als im Winter. Es ist zu erwarten, dass die Hunde bei physischer Belastung in Höhenlagen schneller in hypoxische Bereiche kommen, wo mit einer verringerten Leistungsfähigkeit gerechnet werden muss. Es gilt, dies bei der Belastungsdauer zu berücksichtigen. Durch die reflektorische Hyperventilation in großen Höhenlagen wird verstärkt  $CO_2$  abgeatmet, die eine Hypokapnie zur Folge haben kann. Es

wäre daher zu erwarten gewesen, dass im Winter die  $p\text{CO}_2$ -Blutwerte tiefer liegen würden und die respiratorische Alkalose stärker ausgeprägt sein könnte als im Sommer. Dies war jedoch nicht der Fall. Wahrscheinlich war eine Höhenlage von 2600 m noch nicht ausreichend, um eine deutliche Ausprägung dieser Vorgänge zu induzieren.

Es ist auch denkbar, dass im Winter durch einen stärkeren Anteil der anaeroben Energiegewinnung, wie er sich aus den höheren Laktatwerten und geringeren pH-Werten nach Belastung andeutete, eine stärkere Ausprägung einer metabolischen Azidose als im Sommer vorhanden war und die respiratorische Alkalose teilweise überlagert wurde.

### **Muskelstoffwechsel**

Die Laktatkonzentration zeigte im Sommer nach der Belastungs- und Erholungszeit einen kontinuierlichen Abfall. Im Winter war nach Belastung zunächst ein leichter Anstieg der Laktatkonzentration erkennbar, dem ein Abfall in der Erholungszeit folgte. Damit verhielt sich die belastungsbedingte Laktatkonzentration im Sommer grundsätzlich anders als im Winter und bei den Laufbelastungen waren signifikante Unterschiede feststellbar. In der Erholungszeit ähnelte sich der Verlauf der Laktatkonzentration im Sommer und im Winter. Im Sommer überwog während der Belastungs- und der Erholungszeit wahrscheinlich eine verstärkte Glukoneogenese aus Laktat gegenüber der Laktatproduktion in der Muskulatur (ISSEKUTZ ET AL., 1976). Daher stieg die Glukosekonzentration belastungsbedingt im Sommer an, wohingegen die Laktatwerte gleichzeitig abfielen.

Im Winter lagen die Laktat-Belastungswerte über den Ruhewerten. Vermutlich erforderte das Laufen im Schnee und das Überwinden von Steigungen einen besonderen Kraftaufwand. Es wurde mehr statische Arbeit geleistet. Infolge einer höheren Belastungsintensität bei derselben Belastungsdauer wurde vermutlich die anaerobe Komponente der Energiegewinnung im Winter verstärkt (MATWICHUK ET AL., 1999; V. ENGELHARDT, 2000). Außerdem lag der  $\text{O}_2$ -Partialdruck in der Atemluft durch den Höheneinfluss im Winter niedriger und auch der  $p\text{O}_2$  im Blut fiel im Winter nach Belastung und in der Erholungszeit geringer aus (*siehe Blutgase*). Dadurch dürfte im Winter die Sauerstoffversorgung der Muskulatur schlechter gewesen sein und die anaerobe Energiegewinnung wurde favorisiert. Auf der anderen Seite ist die Laktatproduktion auch temperaturabhängig und daher wären im Sommer höhere Werte zu erwarten gewesen (BJOTVEDT ET AL., 1984; SILBERNAGEL UND DESPOPOULOS, 1991). Auch KOZLOWSKI ET AL. (1985) konnten durch eine externe Kühlung einen geringeren belastungsbedingten Anstieg der Laktatkonzentration bewirken. Im Winter schien durch den Höheneinfluss bei längerer Belastungsdauer eher die Gefahr einer

Hyperlaktämie und Muskelübersäuerung gegeben zu sein als im Sommer, da im Winter die Laktatwerte, trotz einer geringeren Körper- und Umgebungstemperatur, während der Belastung anstiegen.

Die CK-Aktivität zeigte weder nach Belastung noch in der Erholungszeit, weder bei der Lauf- noch bei der Suchbelastung, signifikante Unterschiede zwischen der Sommer- und der Winterarbeit. Bei der Suchbelastung im Winter wurden jedoch generell die höchsten Werte gemessen.

### **Glukosestoffwechsel**

Im Winter lag die Glukosekonzentration generell unter den im Sommer gemessenen Werten. Bei den Suchbelastungen handelte es sich um signifikante Unterschiede. Weiterhin kam es im Sommer zu einem Anstieg der Glukosekonzentration, wohingegen diese im Winter abfiel. In Zusammenhang mit den Ergebnissen der Körpertemperatur ist zu vermuten, dass die Hunde im Winter bei starker Kältebelastung besonders in der Ruhe- und Erholungszeit bereits einen Teil der Glukose für eine gesteigerte Thermogenese verwenden mussten. Durch den gesteigerten Gesamtstoffwechsel und Muskelzittern bei Kältebelastung wurde mehr Glukose verbraucht. Während der anschließenden Lauf- bzw. Suchbelastung wurde zusätzlich verstärkt Glukose zur Energiegewinnung für die Muskelkontraktionen verbraucht und es kam dann sogar zu einem leichten Abfall der Glukosekonzentration im Winter. Gleichzeitig fand im Winter auch eine stärkere anaerobe Laktatproduktion statt als im Sommer. Die Winterarbeit schien vom Standpunkt des Glukoseverbrauchs betrachtet, anstrengender für die Hunde gewesen zu sein als die Sommerarbeit. Der höhere Energie- bzw. Glukoseverbrauch im Winter kann bei den Rettungshunden bei längerer Belastungsdauer einen limitierenden Faktor der Ausdauerleistung darstellen. Umgekehrt war die Sommerarbeit gemessen am Glukoseverbrauch weniger anstrengend. Im Sommer fand besonders nach der Suchbelastung (Stresshyperglykämie) ein Anstieg der Glukosekonzentration statt. Es wurde mehr Glukose bereitgestellt als der Körper verstoffwechseln konnte. Auch in der Erholungszeit zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen Sommer und Winter. Die Glukosekonzentration fiel am Sommer in der 2-stündigen Erholungszeit ab, wohingegen sie im Winter anstieg.

## **5.2.4 Endokrine Parameter**

### **5.2.4.1 Einfluss der Belastungsform auf die Speichelkortisol-Konzentration**

Die Rettungshunde in dieser Untersuchung lagen mit ihren Ruhe-Speichelkortisolwerten von 1,5-2,3 nmol/l unter den von anderen Autoren berichteten Ruhewerten. In den Untersuchungen von VINCENT AND MICHELL (1992) und BEERDA ET AL. (1996, 1997, 1998) lagen die Speichelkortisol-Werte in Ruhe bei 4,7-6,0 nmol/l. Vermutlich sind diese Unterschiede auf die verschiedenen Meßmethoden zurückzuführen. In dieser Untersuchung wurde mit dem Lumineszenz-Immunoassay (LIA) eine relativ neue Methode der Speichelkortisol-Messung beim Hund verwendet, wohingegen die anderen Autoren den Radioimmunoassay (RIA) benutzten. Die Differenzen der absoluten Werte zwischen verschiedenen Labors haben jedoch keine Auswirkung auf die relative Veränderung der Kortisolkonzentration. Dadurch werden die Aussagen über die Stressbelastung der Hunde nicht beeinträchtigt.

Im Sommer erfolgte etwa 40-60 min vor Messung der Ruhewerte ein Transport im PKW zum Versuchsgelände bzw. im Winter ein Transport mit der Zahnradbahn/Seilbahn auf das Zugspitzplatt. Besonders in der Zahnradbahn dürften die Hunde, durch die vielen Personen auf engstem Raum, gestresst worden sein. In der Literatur wird von einem Anstieg des Kortisols nach Transport berichtet (KUHN ET AL., 1991; LEADON AND MULLINS, 1991; BEERDA ET AL., 1997). Trotz dieser Stressfaktoren lagen die Ruhe-Kortisolwerte der Rettungshunde relativ niedrig. Dies lässt darauf schließen, dass die Hunde an solche Transportbedingungen gewöhnt waren und diese keinen erheblichen Stress für die Hunde darstellte. Allerdings zeigten die höheren Ruhe-Kortisolwerte bei den unter 4 Jahre alten Hunden, dass diese mit den obengenannten Umwelteinflüssen noch nicht in dem Maße vertraut waren.

Unmittelbar nach Ende des 1. Belastungsdurchgangs konnte, mit Ausnahme der Laufbelastung im Winter, bei allen Belastungsformen ein Anstieg der Speichelkortisol-Konzentration gegenüber dem Ruhewert beobachtet werden. Der Anstieg des Kortisols kann auf die physische und psychische Belastung zurückgeführt werden. Am stärksten war dieser Kortisolanstieg im Sommer nach der Laufbelastung mit durchschnittlichen Werten von 5,25 nmol/l. Da bei der Laufbelastung im Sommer die höchsten Außentemperaturen herrschten, könnte der höhere Kortisolanstieg durch die physische Belastung unter hohen Außentemperaturen bedingt sein, wie es sich bereits bei anderen Parametern gezeigt hat. Ein weiterer Grund für den erhöhten Anstieg des Speichelkortisols bei der Laufbelastung im Sommer könnte auch darin liegen, dass ein Großteil der Hunde die Untersuchungen mit dieser

Belastungsform begonnen haben und deswegen das Prozedere der Probenentnahmen bzw. das Versuchsumfeld noch völlig neu waren.

Unmittelbar nach dem 2. Belastungsdurchgang war die Kortisolkonzentration nach der Laufbelastung im Sommer erneut auf Werte von 3,6 nmol/l angestiegen. Dagegen fielen die Kortisol-Werte bei den anderen 3 Belastungsformen ab und erreichten im Winter mit 1,6-1,8 nmol/l sogar Minimalwerte. Da Belastungsreaktionen mit Hilfe des Speichelkortisols erst verzögert nachweisbar sind, ist mit Maximalwerten auch nicht unmittelbar nach Belastungsende, sondern erst in der Pausen- bzw. Erholungszeit zu rechnen.

Die Höhe der Speichelkortisolwerte entspricht generell den Erwartungen. In Übereinstimmung mit der Literatur war die Veränderung der Kortisolkonzentration nach Belastung in dieser Untersuchung nicht eindeutig der physischen oder der psychischen Belastung zuzuordnen. Die Kortisolreaktion auf psychische Stressoren war bei BEERDA ET AL. (1998) davon abhängig, ob die Stressoren in sozialem Kontext standen und für die Hunde sichtbar erfolgten oder nicht. STICHNOTH (2002) stellte nach Elektroschocks bei Hunden ebenfalls relativ niedrige Speichelkortisolwerte (unter 10 nmol/l) fest, wenngleich andere Autoren nach Transport oder Lärmexposition Speichelkortisolwerte von bis zu 37 nmol/l berichteten (BEERDA ET AL., 1996, 1997, 1998). Nach ACTH-Stimulation bzw. Hypoglykämie wurden Speichelkortisolwerte von bis zu 42 nmol/l erzielt (VINCENT AND MICHELL, 1992; BEERDA ET AL., 1996). Angaben über vergleichbare Speichelkortisolwerte nach physischer Belastung waren in der Literatur nicht zu finden. FOSS ET AL. (1971) konnten jedoch abhängig von der physischen Belastungsdauer und -intensität einen Anstieg des Plasmakortisols beobachten. Auch HAMMEL ET AL. (1977) berichteten nach einem Schlittenhunderennen über 20 km von einem signifikanten Anstieg der Plasmakortisol-Konzentration. Allerdings veränderte sich die Plasma-Kortisolkonzentration von Schlittenhunden nach einem Rennen über 1600 km nicht (HINCHCLIFF ET AL., 1993).

Da Kortisol als Indikator für die Aktivität der Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse zuverlässig akuten und chronischen Stress anzeigt (PALAZZOLO AND QUADRI, 1982; KIRSCHBAUM UND HELLHAMMER, 1989; ROTHUIZEN ET AL., 1993; BEERDA ET AL., 1996, 1997, 1998), kann davon ausgegangen werden, dass die Rettungshunde durch keine der 4 Belastungsformen übermäßig gestresst wurden. Vermutlich durch die gute körperliche Verfassung und die Trainingsroutine wurden die Hunde weder durch die physische noch durch die psychische Belastung stark gestresst.

#### **5.2.4.2 Einfluss der Pausen- und Erholungszeit auf die Speichelkortisol-Konzentration**

Wie auch von anderen Autoren berichtet, zeigte die Kortisolkonzentration in dieser Untersuchung, im Gegensatz zur schnell reagierenden Herzfrequenz und Verhaltensreaktionen, einen in Relation zur Stresseinwirkung zeitlich verzögerten Anstieg (VINCENT AND MICHELL, 1992, 1993, BEERDA ET AL., 1997).

In der Pause sank die Speichelkortisol-Konzentration im Sommer bei der Laufbelastung nach dem vorherigen starken Anstieg gegenüber dem Belastungswert signifikant ab. Wohingegen sie bei der Suchbelastung anstieg und den Maximalwert von 3,1 nmol/l erreichte. Dieser Anstieg in der Pause bei der Suche im Sommer und im geringeren Maß bei den beiden Belastungsformen im Winter, entspricht dem verzögerten Anstieg des Kortisols nach physischer und psychischer Belastung. Da zwischen den Kortisolwerten im 1. und 2. Durchgang kein Unterschied bemerkt werden konnte, schien den Hunden die 20-minütige Pause zwischen den beiden Belastungsdurchgängen zur Erholung ausgereicht zu haben. Aufgrund der zeitlich verzögerten Kortisolreaktion hätten sich bei starker Belastung beide Durchgänge addieren können, so dass nach dem 2. Durchgang ein auffallend stärkerer Anstieg zu beobachten gewesen wäre.

In der Erholungszeit konnte bei allen 4 Belastungsformen übereinstimmend etwa 20-60 min nach Ende der Stressbelastung ein verzögerter Anstieg der Kortisolkonzentration beobachtet werden. Dies stimmt mit den Literaturangaben überein. So ist nach psychischem Stress ein bis zu 10-facher Anstieg der Kortisolwerte im Speichel nach 30-60 Min zu erwarten (VINCENT AND MICHELL, 1992; BEERDA ET AL., 1997, 1998) und nach physischer Belastung waren die Plasma-Kortisolwerte bei den Untersuchungen von HAMMEL ET AL. (1977) gegenüber dem Ruhewert nach 30 min Erholung noch signifikant erhöht. Am deutlichsten fiel der Anstieg erneut bei der Laufbelastung im Sommer aus. Nach 60 min erreichte die Speichelkortisol-Konzentration hier ein 2. Maximum mit 5,2 nmol/l. Nach Erreichen der Maximalwerte fiel die Kortisolkonzentration im Sommer und im Winter in der weiteren Erholungszeit kontinuierlich ab. Im Sommer lagen die Kortisolwerte nach 2 h Erholungszeit, sowohl bei der Lauf- als auch bei der Suchbelastung noch über den Ruhewerten. Bei der Laufbelastung im Winter veränderte sich die Kortisolkonzentration gegenüber dem Ruhewert im Versuchsverlauf nicht signifikant. Nur bei der Suchbelastung im Winter lagen die Kortisolwerte nach 2 h noch signifikant über dem Ruhewert.

Weiterhin waren in Abhängigkeit vom Alter und dem Temperament der Hunde besonders in der Pausen- und Erholungszeit, signifikante Unterschiede zwischen den Hunden festzustellen. Die 4 Belastungsformen dürften insbesondere für die Junghunde psychisch belastender gewesen sein. Für die Junghunde stellten die Anwesenheit anderer Hunde und Personen, der „Arbeitseifer“, sowie die Trennung vom Hundeführer in der Erholungszeit eine stärkere psychische Belastung dar als für die routinierteren älteren Hunde. Die jüngeren Hunde wiesen sowohl in Ruhe (T0) als auch nach 1 h und 2 h Erholung (T5, T6) die höchsten Kortisolwerte der 3 Altersklassen auf. Die älteren Hunde dagegen dürften aufgrund der 2 x 20-minütigen Lauf- und Suchbelastungen physisch stärker belastet worden sein. Daher sind bei den älteren Hunden die höchsten Speichelkortisol-Werte nach den beiden Belastungen festzustellen. Dafür verhielten sich die alten routinierten Hunde während der Belastungen, sowie der Pausen- und Erholungszeit ruhiger als die Junghunde und die Kortisolwerte normalisierten sich relativ schnell. Die geringsten Kortisolwerte wurden bei den Hunden der mittleren Altersklasse gemessen. Diese dürften sowohl konditionell als auch aufgrund ihrer Erfahrung durch die 4 Belastungsformen am wenigsten physisch und psychisch gestresst worden sein. Die als temperamentvoll klassifizierten Hunde wiesen stets höhere Kortisolwerte auf als die als ruhig eingeschätzten Hunde. Die temperamentvollen Hunde reagierten sowohl auf psychische wie physische Belastungen mit einer stärkeren Kortisolsekretion als die ruhig klassifizierten Hunde. Inwieweit dieser Umstand einen Einfluss auf die Leistung der Hunde hat, kann damit aber nicht beurteilt werden.

#### **5.2.4.3 Vergleich der Lauf- und der Suchbelastung**

Im Bereich der Kortisolwerte konnten kaum signifikante Unterschiede zwischen Lauf- und Suchbelastung festgestellt werden. Entgegen den Erwartungen schien sich die Stressbelastung der Lauf- und Suchbelastung nicht stark zu unterscheiden, obwohl bei der Suche ein stärkerer psychischer und physischer Stress, durch die Doppelbelastung Laufen und Nasenarbeit, zu erwarten gewesen wäre.

Bei der Laufbelastung im Sommer lagen die Kortisolwerte stets über der Suchbelastung und zeigten insgesamt die stärksten Veränderungen. Die geringsten Kortisol-Werte und belastungsbedingten Veränderungen zeigten sich nach der Laufbelastung im Winter. Anhand der Kortisolwerte gemessen, war die Laufbelastung im Sommer die am stärksten und im Winter die am wenigsten anstrengendste Belastungsform für die Hunde. Bei der Interpretation der Kortisolwerte muss jedoch bedacht werden, dass die höchsten Kortisolwerte bei der

Laufbelastung im Sommer von anderen Autoren als Kortisol-Ruhewerte gemessen wurden (4,7-6,0 nmol/l: VINCENT AND MICHELL, 1992; BEEERDA ET AL., 1996, 1997, 1998).

Die Ergebnisse der Speichelkortisol-Messungen in dieser Arbeit ergaben keinen Hinweis darauf, dass die Nasenarbeit einen nachweisbaren Einfluss auf die Stressbelastung von Rettungshunden hat.

#### **5.2.4.4 Vergleich der Sommer- und der Winterarbeit**

Obwohl im Winter, besonders bei der Laufbelastung, durchgehend geringere Kortisol-Werte auftraten als im Sommer, waren nur wenige statistische Unterschiede zwischen der Sommer- und der Winterarbeit nachzuweisen.

Während sich die Kortisolkonzentration bei der Laufbelastung im Winter nach dem 1. Durchgang und in der Pause kaum veränderte, stieg sie im Sommer nach dem 1. Durchgang der Laufbelastung stark an und fiel ebenso stark in der Pause ab. Anscheinend war die Laufbelastung im Winter trotz der Höhenlage, der Kältebelastung, dem Laufen im Schnee und dem größeren Geländeanstieg, aufgrund einer geringeren Laufgeschwindigkeit weniger anstrengend für die Hunde als das gleichmäßige Lauftempo auf ebener Strecke im Sommer mit höherer Umgebungstemperatur. Unmittelbar nach der 2. Laufbelastung im Sommer stieg die Kortisolkonzentration leicht an, wohingegen sie im Winter abfiel. Danach verliefen die Kortisolwerte im Sommer und im Winter jedoch parallel zueinander und es traten keine signifikanten Unterschiede zwischen Sommer- und Winterarbeit auf.

Bei den Suchbelastungen verlief die Kortisolkonzentration im Sommer und im Winter bis 30 min nach Ende des 2. Durchgangs relativ ähnlich. Nach 60 min Erholungszeit stieg die Kortisolkonzentration im Winter weiter auf 3,44 nmol/l an, wohingegen sie im Sommer bereits auf 2,50 nmol/l abfiel. Dies stellte einen signifikanten Unterschied zwischen Sommer und Winter dar. Es ist anzunehmen, dass im Winter der 60-min-Erholungswert die tatsächliche Stressbelastung während der beiden Durchgänge repräsentiert. Dieser Wert lag höher als alle im Sommer bei der Suchbelastung gemessenen Werte. Weiterhin waren im Winter bei der Suchbelastung größere Schwankungen der Kortisolwerte zu erkennen. Man könnte daraus im Winter eine stärkere physische und/oder psychische Belastung als im Sommer ableiten. Dies stimmt mit den Ergebnissen der Herzfrequenz überein. Auch in der Detailbetrachtung der Herzfrequenz zeigten sich in beiden Durchgängen der Suchbelastung im Winter stärkere belastungsbedingte Veränderungen als im Sommer.

Anders als von PALAZZOLO AND QUADRI (1987) berichtet, konnte in dieser Untersuchung kein nachweisbarer Einfluss einer Kälteexposition auf die Kortisolkonzentration beobachtet werden. Die genannten Autoren beobachteten nach 60 min Expositionszeit bei -5°C einen signifikanten Anstieg der Kortisolwerte um 280%. In dieser Untersuchung lagen die Werte im Winter jedoch stets unter den Kortisolwerten der Laufbelastung im Sommer.

## **5.2.5 Ethologische Parameter**

### **5.2.5.1 Aktivitätsindex der Suchbelastungen**

In dieser Untersuchung wurde die Laufgeschwindigkeit als Beurteilungskriterium für den Schweregrad des alpinen Geländes und als Maß der Ermüdung genutzt. Da die Hunde bei den Suchbelastungen ihre Laufgeschwindigkeit frei wählen konnten, wurde davon ausgegangen, dass sie im schwierigeren alpinen Gelände und bei beginnender Ermüdung eine langsamere Lokomotion wählen und sich dadurch der Aktivitätsindex verringert.

#### **Detailbetrachtung der Suchbelastung im Sommer**

Im Sommer wurden die Hunde in beiden Durchgängen in den zweiten 10 min der Suchbelastung auf der Fläche, trotz fortgeschrittener Suchdauer, gegenüber den ersten 10 min im Bachbett wesentlich schneller und der Aktivitätsindex der Flächensuche lag in beiden Durchgängen signifikant über dem Aktivitätsindex der Trümmersuche (*siehe Abbildung 42*). Im Verlauf eines Durchgangs der Suchbelastung konnte somit keine Verringerung der Laufgeschwindigkeit bzw. des Aktivitätsindex beobachtet werden. Obwohl die Hunde am Ende beider Durchgänge stark hechelten, hatten die meisten Hunde noch genug Kraftreserven und den Leistungswillen, um weiterzusuchen. Dies stimmt überein mit Beobachtungen von MATWICHUK ET AL. (1999) an Retrievern. Die Retriever zeigten nach 15 min Apportierarbeit deutliche Ermüdungsanzeichen und hechelten stark, waren aber weiterhin arbeitswillig.

Die festgestellten Unterschiede im Aktivitätsindex zwischen der Trümmer- und Flächensuche sind weitgehend auf die unterschiedlichen Geländestrukturen zurückzuführen (*siehe Abbildung 42*). Die Trümmersuche führte kontinuierlich bergauf und der steinige Weg wurde durch Geröll und große Felsbrocken erschwert. Aufgrund der Hindernisse und um das Gleichgewicht halten zu können, mussten die Hunde bei der Trümmersuche konzentrierter laufen und ihre Laufgeschwindigkeit den Gegebenheiten anpassen. Anders verhielt es sich mit der Flächensuche. Diese führte auf einer Almwiese bergab und ermöglichte den Hunden eine raschere Laufgeschwindigkeit mit längeren Galoppabschnitten. Bei der Flächensuche konnten

die Hunde in beiden Durchgängen dieselbe Laufgeschwindigkeit halten, wohingegen bei der Trümmersuche im 2. Durchgang trotz der vorhergehenden Pause ein signifikanter Abfall des Aktivitätsindex zu verzeichnen war. Die Zusammensetzung der Lokomotion bei der Flächensuche war in beiden Durchgängen relativ konstant und beinhaltete einen geringeren Anteil an Schritt und einen mehr als doppelt so hohen Anteil an Galopp verglichen mit der Trümmersuche.

In dieser Untersuchung konnte bei 2 Hunden, wie auch von YOUNG ET AL. (1959), KOZLOWSKI ET AL. (1985) und SNEDDON ET AL. (1989) beschrieben, eine Leistungsverweigerung beobachtet werden. Die beiden Hunde setzten und/oder legten sich bei der Flächensuche in beiden Durchgängen im Schatten der Bäume nieder. Sie verweigerten zunächst eine weitere Leistung, waren jedoch nach entsprechender Aufforderung bereit, ihre Sucharbeit unter wiederholter Motivation durch den Hundeführer fortzusetzen und erfolgreich abzuschließen. Dabei handelte es sich um einen älteren Hund mit dunklem, dichtem Fell und um einen Hund mit relativ schwerem Körperbau. Diese Hunde waren konditionell bereits überfordert und für sie handelte es sich um eine starke physische Beanspruchung, die ihre Leistungsgrenze überschritt.

### **Detailbetrachtung der Suchbelastung im Winter**

Im Winter wurde bei der Lawinensuche nur auf 1 Figuranten je Durchgang gesucht und es erfolgte keine Untergliederung in 2 Teilbereiche der Suche wie im Sommer. Daher sind Aussagen über unterschiedliche Aktivitätsindizes nur zwischen dem 1. und 2. Durchgang möglich. Im 2. Durchgang der Lawinensuche war gegenüber dem 1. Durchgang ein deutlicher Geschwindigkeitsabfall und ein signifikant geringerer Aktivitätsindex zu verzeichnen. Die Hunde blieben im 2. Durchgang häufiger stehen und galoppierten weniger. Das Laufen im Schnee erforderte scheinbar einen zusätzlichen Kraftaufwand und stellte eine starke physische Belastung für die Hunde dar. Zudem führte die Lawinensuche meist bergauf.

### **Vergleich der Sommer- und Winterarbeit**

Wenn das Ausmaß der Belastung und der Ermüdung von Rettungshunden durch die gewählte Laufgeschwindigkeit ausgedrückt werden kann, war die Flächensuche weniger anstrengend als die Trümmer- oder Lawinensuche. Bei der Flächensuche war der höchste Anteil an „Trab“ (39%) und „Galopp“ (31-32%) und damit auch der höchste Aktivitätsindex bei den Hunden zu verzeichnen. Zudem konnte nur bei der Flächensuche kein Abfall des Aktivitätsindex zwischen dem 1. und 2. Durchgang beobachtet werden. Der niedrigste Aktivitätsindex trat bei

der Trümmersuche auf. Der Aktivitätsindex der Lawinensuche lag zwischen den beiden vorher genannten Suchformen (*siehe Abbildung 37 und 38*).

Obwohl bei der Trümmer- und Flächensuche im Sommer höhere Umgebungstemperaturen herrschten, lag der Aktivitätsindex der Flächensuche in beiden Durchgängen über dem Aktivitätsindex der Lawinensuche. Demnach ist die Belastung der Hunde bei der Suche, außer von den Klimafaktoren und der Höhenlage, auch vom Schweregrad des abzusuchenden Geländes abhängig. Vom Schwierigkeitsgrad des Geländes schienen Trümmer- und Lawinensuche vergleichbar.

Da die Hunde im zweiten 20-minütigen Durchgang bei der Trümmer- und Lawinensuche bereits nachweisbar langsamer liefen und Ermüdungsanzeichen zeigten, scheint die Leistungsgrenze in Nähe dieser Belastung zu liegen. Bei der Flächensuche hingegen scheint diese Leistungsgrenze nach 2 x 20 min Suche noch nicht erreicht zu sein.

### **5.2.5.2 Anzeige der Figuranten**

Bei der Auswertung der Anzeige wurde untersucht, ob sich die Zeitspanne der 3 Teilabschnitte („Wittern“, „Finden“, „Anzeige“) im Laufe der Belastungsdauer veränderte bzw. ob sich daraus Anzeichen einer Ermüdung ablesen ließen. Weiterhin wurde versucht, Unterschiede zwischen den Verstecken der Figuranten bzw. zwischen Sommer und Winter zu identifizieren und die verschiedenen Suchformen hinsichtlich ihrer Belastung für die Hunde einzuschätzen. Zur besseren Verständlichkeit ist eine Darstellung der geographischen Verhältnisse in *Abbildung 42* zu finden.

#### **Detailbetrachtung Anzeige Sommer**

Bei der Flächensuche benötigten die Hunde in beiden Durchgängen weniger Zeit um den Figurant aufzufinden als bei der Trümmersuche (wittern bis finden). Bei der Flächensuche blieb die Zeit für die Teilabschnitte der Anzeige in beiden Durchgängen konstant. Die Ergebnisse des 1. Durchgangs ließen sich bei der Flächensuche im 2. Durchgang fast identisch reproduzieren. Die Hunde waren auf demselben Gelände in der Lage dieselbe Leistung zu erbringen. Bei der Trümmersuche hingegen konnten im Vergleich zur Flächensuche generell größere Schwankungen der Teilabschnitte zwischen dem 1. und 2. Durchgang bemerkt werden. So konnten die Hunde den Figurant bei der Trümmersuche im 1. Durchgang zwar schneller finden, zeigten ihn aber langsamer an als im 2. Durchgang.

Eine längere Zeitspanne „Wittern bis Finden“ kann verschiedene Ursachen haben. Zum einen kann das Versteck einen Einfluss auf die Geruchsverbreitung des Figuranten haben. Bei der Trümmersuche waren die Figuranten zwischen Felsen oder in einer Röhre versteckt. Zwischen den Felsbrocken gibt es viele kleine Luftkanäle, die den Geruch durchsickern lassen, ihn aber auch verleiten können und Turbulenzen erzeugen. Personen zwischen Felsen oder in einer relativ luftdichten Röhre sind für einen Hund schwerer zu orten, als auf der Fläche, wo es abhängig von der Windrichtung zu einer relativ linearen Geruchsverbreitung kommt (WEGMANN UND HEINES, 1997). Zum anderen spielt die Windrichtung eine wichtige Rolle. Bei den Untersuchungen könnte die Windrichtung überwiegend vom Berg ins Tal verlaufen sein, so dass die Rettungshunde den menschlichen Geruch bei der Trümmersuche, die bergauf erfolgte, schon weiter unten talwärts witterten und damit die zurückzulegende Strecke bis zum Finden der Figuranten größer war. Bei dieser Windrichtung hätten die Hunde bei der Flächensuche, die bergab verlief, erst relativ spät die Möglichkeit gehabt den Figuranten zu wittern und wären somit bereits näher am Versteck des Figuranten als bei der Trümmersuche. Dies würde die Zeitspanne vom „Wittern bis Finden“ bei der Flächensuche verkürzen. Für diese Theorie spricht auch die Tatsache, dass die Hunde bei der Flächensuche den Figuranten manchmal überliefen und erst unterhalb des Versteckes den Geruch des Figuranten in die Nase bekamen und dann zum Figuranten zurück liefen. Nicht auszuschließen ist auch die Möglichkeit, dass einige Hunde die Fährte der Figuranten zum Versteck aufspürten und somit früher Witterung vom Figuranten erhielten. Da die Figuranten bergaufwärts zum Versteck liefen, waren die Fußspuren nur unterhalb des Versteckes zu finden. Daher kann das Zeitintervall „Wittern bis Finden“ bei der Trümmersuche, die bergauf erfolgte, verlängert sein. Eine weitere Erklärungsmöglichkeit für ein verschieden langes Zeitintervall „Wittern bis Finden“ liegt im unterschiedlichen Aktivitätsindex zwischen der Flächen- und Trümmersuche. Die Hunde waren bei der Trümmersuche insbesondere im 2. Durchgang langsamer als bei der Flächensuche. Bei Aufnahme der Witterung in gleicher Entfernung hätten die Hunde bei der Trümmersuche, aufgrund der geringeren Laufgeschwindigkeit, eine längere Zeitspanne vom „Wittern bis Finden“ des Figuranten benötigt als bei der Flächensuche. Einige Hunde wurden bei der Trümmersuche auch durch den Geruch, der in Nähe der Fundstelle positionierten Kameraperson irritiert. Sie bekamen sowohl den Geruch der Kameraperson als auch des Figuranten „in die Nase“. Die Hunde mussten daher den aufgenommenen menschlichen Geruch zuerst von der Kameraperson abstrahieren bzw. dem Figuranten zuordnen. Bei der Flächensuche hingegen befand sich die Kameraperson während der Anzeige etwa 50 m weiter oberhalb des Figuranten. Die Hunde

hatten den Geruch der Kameraperson bereits während der Suche aufgenommen und hatten die Kameraperson als zusätzliche Person in den meisten Fällen auch angezeigt. Sie hatten daher weiter talwärts weniger Probleme einen neuen Geruch eindeutig dem Figuranten zuzuordnen.

Bei der alpinen Trümmersuche dauerte es in beiden Durchgängen länger vom „Finden bis zur Anzeige“ als bei der Flächensuche. Zum einen lässt sich dies darauf zurückführen, dass die Hunde, auch wenn sie den Figuranten zwischen den Felsen bei der Trümmersuche aufgespürt und erblickt hatten, nicht auf direktem Weg zu dem Figuranten gelangen konnten. Viele Hunde kletterten daher einige Zeit auf den Felsen umher, bis sie einen geeigneten Platz in Nähe des Figuranten gefunden hatten und zeigten erst danach den Figuranten durch Verbellen an. Bei der Flächensuche hingegen blieben die Hunde unmittelbar unter dem auf einem Baum sitzenden bzw. neben dem im Graben liegenden Figuranten stehen und verwiesen ihn. Außerdem ist anzunehmen, dass die Hunde sich auf dem schwierigen Gelände der Trümmersuche unsicher fühlten und sich mehr darauf konzentrieren mussten, nicht abzurutschen oder zu stolpern. Aufgrund der Geländestruktur waren die Hunde derart mit motorischen Anforderungen beschäftigt, dass es länger dauerte, bis sie durch Bellen anzeigten.

Es ist anzunehmen, dass auch die Eigenschaften der Verstecke die Anzeige der Hunde beeinflusste. Charakteristisch für beide Verstecke auf der Trümmersuche war ein schwer erreichbarer Figurant in einem schwierigen Gelände.

### **Detailbetrachtung Anzeige Winter**

Ein Vergleich zwischen verschiedenen Verstecken und Geländestrukturen innerhalb eines Durchgangs entfiel im Winter. In beiden Durchgängen wurde ein Figurant etwa 1-2 m unter dem Schnee vergraben. Im 2. Durchgang der Lawinensuche konnte ein geringer Anstieg der Zeitspanne vom „Wittern bis Finden“ beobachtet werden. Diese verlängerte Zeitspanne ist wahrscheinlich auf den signifikant geringeren Aktivitätsindex im 2. Durchgang zurückzuführen. Durch eine verringerte Laufgeschwindigkeit benötigten die Hunde für dieselbe Strecke eine längere Zeitspanne. Ein weiterer Einflussfaktor auf die Zeitspanne „Wittern bis Finden“ könnte im Schneeloch liegen. Abhängig davon wie dicht, der über dem vergrabenen Figuranten befindliche Schnee aufgeschüttet war (größere Schollen oder lockerer Schnee), wurde die Geruchsverbreitung vom Schneeloch an die Schneeoberfläche beeinflusst. Je dichter das Schneeloch verschlossen ist, desto schwerer ist es für die Hunde aufzuspüren.

Die Dauer des Zeitabschnittes „Finden bis Anzeige“ blieb in beiden Durchgängen relativ konstant. Die Hunde zeigten in beiden Durchgängen, nachdem sie den Figuranten gefunden hatten, bereits nach weniger als 5 sec den Fundort durch Scharrbewegungen an. Die Hunde konnten in beiden Durchgängen dieselbe Leistung erbringen.

### **Vergleich der Sommer- und Winterarbeit**

Bei der Flächensuche war der Zeitabschnitt „Wittern bis Finden“ in beiden Durchgängen am kürzesten. Die Trümmersuche ähnelte der Lawinensuche hinsichtlich der Dauer des Teilabschnittes „Wittern bis Finden“. Vom Schwierigkeitsgrad des Aufspürens der Figuranten sind daher alpine Trümmer- und Lawinensuche vergleichbar.

Das Aufspüren des Figuranten unter dem Schnee bei der Lawinensuche und das Orten der Figuranten bei der Trümmersuche schien für die Hunde schwieriger zu sein als das Auffinden eines Figuranten bei der Flächensuche. Obwohl die Zeitdauer „Wittern bis Finden“ bei der Trümmer- und Lawinensuche vergleichbar war, lag der Aktivitätsindex der Lawinensuche über der Trümmersuche. Die Distanz zwischen der ersten Geruchsaufnahme und dem Finden des Figuranten war demnach im Winter größer, d.h. der Figurant wurde im Winter aus einer größeren Distanz wahrgenommen als bei der Trümmersuche im Sommer. Es ist anzunehmen, dass durch eine über 2 m dicke Schneedecke relativ wenig Geruch von Pflanzen- oder Bodenverletzungen, tierischen Ausscheidungen oder Fußspuren an die Schneeoberfläche gelangt. Der Schnee selbst dürfte fast geruchsneutral sein. Ohne störende zusätzliche Gerüche, die sich mit dem Geruch des Figuranten mischen, ihn überlagern oder verdecken können, dürfte bereits eine geringe Duftstoffmenge zur Wahrnehmung des Figuranten ausreichen. Die Hunde konnten daher den Figuranten, obwohl dieser 1-2 m unter der Schneedecke begraben war, bereits relativ früh wittern.

Bei der Lawinensuche im Winter war die Zeitspanne „Finden bis Anzeige“ in beiden Durchgängen kürzer als bei der Trümmer- und Flächensuche im Sommer. Die Dauer „Finden bis Anzeige“ schien von der unterschiedlichen Art zu Verweisen abhängig zu sein. Den Hunden fiel es leichter einen Figuranten durch Graben im Schnee anzuzeigen als durch Verbellen. Dies ist sicherlich mit darauf zurückzuführen, dass einige der alten C-Hunde nicht von Anfang an auf eine Anzeige durch Bellen trainiert wurden und die Verknüpfung von „Finden“ und „Bellen“ nicht in dem Maße gegeben war. Zum anderen suchten die Hunde im Winter besonders motiviert nach dem Figuranten und drückten ihre Freude bei der Arbeit im Winter durch Spielgesten aus. Weiterhin erforderte das Gelände bei der Lawinensuche keine

solche Konzentration von den Hunden wie bei der Trümmersuche. Die Hunde wurden nicht durch das Laufen im schwierigen Gelände abgelenkt und zeigten daher schneller an.

### **5.3 Schlussfolgerung**

Die Körpertemperatur, die Herzfrequenz und einige Blutparameter zeigten deutliche Anzeichen einer Belastung der untersuchten Rettungshunde. Dennoch können die beiden 20-minütigen Durchgänge der Suche im Sommer und im Winter als submaximale Belastung für die Rettungshunde eingestuft werden. Dabei konnten Unterschiede zwischen den verschiedenen Suchbelastungen festgestellt werden. Bei der Lawinensuche im Winter und bei der alpinen Trümmersuche im Sommer konnten bei fortgeschrittener Belastungsdauer Ermüdungsanzeichen, in Form eines verringerten Aktivitätsindex, beobachtet werden. Im Gegensatz dazu zeigten die Hunde bei der Flächensuche im Sommer keine Ermüdungsanzeichen. Daraus lässt sich ableiten, dass die Flächensuche für die untersuchten Hunde weniger belastend war als die Lawinen- und Trümmersuche.

Zusätzlich traten im Bereich der Herzfrequenz, der Körpertemperatur und einigen Blutparametern Unterschiede zwischen der Lawinensuche im Winter und der kombinierten alpinen Trümmer- und Flächensuche im Sommer auf. Ob diese Unterschiede überwiegend auf die unterschiedlichen Geländestrukturen, die verschiedenen klimatischen Bedingungen oder auf den Höhenunterschied (800 m gegenüber 2600 m) zurückzuführen sind, war mit dieser Untersuchung nicht zu klären. Dazu sind weiterführende Untersuchungen nötig und sinnvoll. Jedoch zeichnete es sich in dieser Untersuchung ab, dass die Einsatz- und Erholungszeiten der Rettungshunde bei der Flächensuche anders gewählt werden müssen als bei der alpinen Trümmer- und Lawinensuche.

Da die Suchbelastungen im Sommer und Winter für die Hunde nicht belastender waren als die reinen Laufbelastungen, konnte anhand der untersuchten Parameter kein Nachweis erbracht werden, dass die Nasenarbeit einen Einfluss auf die Belastung der Rettungshunde hat. Die beobachteten Veränderungen der klinischen Parameter schienen überwiegend durch die physische Laufbelastung und die Klimafaktoren verursacht worden zu sein.

Im Sommer erwies sich vor allem die Außentemperatur als belastend für die Rettungshunde. Die Körpertemperatur der Hunde nach Belastung war mit der Umgebungstemperatur positiv korreliert, wobei dieser Effekt insbesondere in den zweiten 20 min der Lauf- und Suchbelastung auftrat. So war hier bereits ab einer Außentemperatur von 17°C eine

Körpertemperatur von 39,5°C zu messen. Da durch vermehrtes Hecheln der Hunde bei hohen Körpertemperaturen die Riechleistung verringert wird, ist besonders bei hohen Außentemperaturen auf eine Abkühlung und ausreichende Wasserversorgung der Hunde in den Pausenzeiten zu achten. Ansonsten ist mit deutlichen Leistungseinbußen der Hunde bei der Sucharbeit zu rechnen.

Im Winter sind die niedrigen Außentemperaturen und das kraftaufwendige Laufen im Schnee bei der Lawinensuche für die Hunde belastend. Vor allem in längeren Ruhephasen ist eine Auskühlung der Hunde durch ein geeignetes Management zu vermeiden. Der tendentiell stärkere Abfall der Glukosekonzentration und der stärkere Anstieg der Laktatwerte nach Belastung im Winter lassen auf einen erhöhten Energiebedarf schließen. Durch kleine, leicht verdauliche Zwischenmahlzeiten könnte die Energieversorgung der Hunde bei der Lawinensuche verbessert werden.

Weiterhin war anhand der Blutgasmessungen ersichtlich, dass der verringerte Sauerstoffgehalt in größeren Höhenlagen bei der Lawinensuche und der Laufbelastung im Winter einen Einfluss auf die Sauerstoffversorgung der Hunde hatte. Der Einfluss der Höhenlage war auch aus der Herzfrequenz abzulesen. Die Herzfrequenz war im Winter generell höher als im Sommer, wobei dies besonders gut in den Pausen- und Erholungszeiten zu erkennen war. Das sollte bei der Einsatzdauer der Hunde bei der Lawinensuche in hochalpinen Gebirgslagen berücksichtigt werden.

In dieser Untersuchung konnte zudem nachgewiesen werden, dass die Belastung durch den gewählten Versuchsaufbau deutlich vom Alter der Rettungshunde abhängig war. Eine starke Belastung der unter 4 Jahre alten und über 7 Jahre alten Hunde war anhand der signifikant höheren Speichelkortisol-Werte ersichtlich. Da die Speichelkortisol-Werte bei den älteren Hunden in der Erholungszeit rasch abfielen und gleichzeitig die Muskelparameter Laktat und Kreatinkinase im Blut am stärksten anstiegen, kann dieser Stress der physischen Belastung zugeordnet werden. Dagegen sprechen bei den jungen Hunden die gering veränderten Muskelparameter im Blut, die insbesondere in den Ruhephasen erhöhte Körpertemperatur und die bereits bei Testbeginn erhöhten Speichelkortisol-Werte für eine starke psychische Belastung. Ein speziell auf das Alter der Hunde ausgelegtes Training ist daher sinnvoll, um eine psychische Überlastung der jungen Hunde und eine physische Überlastung der älteren Hunde zu vermeiden.

## 6. ZUSAMMENFASSUNG

An 22 Hunden der Lawinenhundestaffel Bergwacht Bayern wurden Untersuchungen zur Stressbelastung von Rettungshunden durchgeführt. Insgesamt absolvierte jeder Hund vier verschiedene Belastungsformen mit einer Belastungsdauer von je 2 x 20 Minuten und einer 20-minütigen Pause zwischen den beiden Durchgängen. Im Sommer wurde auf 700 Metern über Meereshöhe eine Laufbelastung neben dem Fahrrad und eine kombinierte Flächen- und alpine Trümmersuche durchgeführt. Die Umgebungstemperaturen lagen im Sommer zwischen 9°C und 26°C. Im Winter erfolgte in einer Höhenlage von 2600 m über Meereshöhe und Umgebungstemperaturen zwischen -17°C und -3°C eine Laufbelastung neben den Skiern und eine Lawinensuche. Um den Einfluss der Nasenarbeit als Belastungsfaktor erfassen zu können, wurden physiologische Werte während und bis 2 Stunden nach den Suchbelastungen mit denen der reinen Laufbelastung verglichen.

Besonders die klinischen Parameter zeigten deutliche Veränderungen innerhalb der vier Belastungsformen. Die kontinuierlich aufgezeichnete Herzfrequenz reagierte auf alle Belastungsformen mit einem signifikanten Anstieg auf durchschnittlich 164 bis 176 Schläge/Minute (physiologisch: 70 bis 160 Schläge/Minute) und normalisierte sich nach Belastungsende innerhalb von 20 bis 30 Minuten. Die rektale Körpertemperatur wurde an sechs Zeitpunkten vor und nach den Belastungen gemessen. Nach Belastung stieg die mittlere Körpertemperatur auf Werte zwischen 39,0°C bis 39,7°C (physiologisch: 37,5°C bis 39,0°C) an und war 20 bis 60 Minuten nach Belastungsende auf Ausgangswerte abgefallen.

Im venösen Blut zeigten sich kaum signifikante Veränderungen nach Belastung. Alle Blutwerte wurden vor, unmittelbar nach dem 2. Belastungsdurchgang und zwei Stunden nach Ende der Belastung gemessen. Im Bereich der Blutgase stieg der pH nach Belastung an und erreichte durchschnittlich Werte von 7,40 bis 7,43 (physiologisch: 7,30 bis 7,40). Weiterhin fielen nach Belastung der pCO<sub>2</sub> auf durchschnittlich 30 bis 31 mm Hg (physiologisch: 36 bis 40 mm Hg), die Bikarbonat-Konzentration auf 19 bis 20 mmol/l (physiologisch: bis 24,2 mmol/l) und der mittlere pO<sub>2</sub> stieg auf bis zu 58 mm Hg (physiologisch: 34 bis 54 mm Hg). Im Muskelstoffwechsel zeigte die Kreatinkinase-Aktivität nach Belastung einen kontinuierlichen Anstieg auf Mittelwerte von bis zu 105 IU/l (physiologisch: bis 90 IU/l) nach 2 Stunden Erholung. Die Laktatkonzentration der Rettungshunde zeigte bei keiner der vier Belastungsformen größere Veränderungen und überschritt 2,3 mmol/l nicht (physiologisch:

0,22 bis 4,40 mmol/l). Die renalen (Harnstoff, Kreatinin), die hämatologischen (Hämatokrit, Hämoglobin) und die Leberparameter (Alkalische Phosphatase, Alanin-Amino-Transferase, Bilirubin, Cholesterin), sowie die Proteine (Gesamtprotein, Albumin, Globulin) veränderten sich bei den Belastungsformen nicht signifikant. Die Blutglukose-Konzentration schwankte bei allen Belastungsformen in einem relativ engen Rahmen zwischen 5,4 mmol/l und 5,8 mmol/l (physiologisch: 3,9 bis 6,7 mmol/l).

Bei der Speichelkortisol-Konzentration konnte ein verzögerter Anstieg in der Erholungszeit beobachtet werden. Die mittleren Speichelkortisolwerte erreichten maximal 5,5 nmol/l (Ruhewert: 1,5-2,3 nmol/l).

Bei den Verhaltensbeobachtungen zeigten sich bei der Lawinensuche im Winter und im Teilbereich der Trümmersuche im Sommer im 2. Durchgang Ermüdungsanzeichen in Form eines verringerten Aktivitätsindex. Die Flächensuche im Sommer wies insgesamt den höchsten Aktivitätsindex auf und nur bei dieser Suchform kam es im 2. Durchgang zu keinem Abfall des Aktivitätsindex.

Nach der Unterteilung der untersuchten Rettungshunde in 3 Altersklassen (unter 4 Jahre, 4 bis 7 Jahre, über 7 Jahre) konnten altersabhängige Unterschiede identifiziert werden. Die älteren Hunde wiesen über den gesamten Untersuchungszeitraum eine signifikant höhere Herzfrequenz und eine signifikant geringere Körpertemperatur auf als die anderen beiden Altersklassen. Sie zeigten nach Belastung eine signifikant höhere Laktatkonzentration und eine deutlich höhere Kreatinkinase-Aktivität. Die Körpertemperatur und der Aktivitätsindex der unter 4 Jahre alten Hunde lagen stets über der mittleren und älteren Altersklasse. Die Junghunde zeigten weiterhin die höchsten Glukosewerte nach Belastung. Die Speichelkortisol-Konzentration der jüngeren und älteren Hunde lag signifikant über der mittleren Altersklasse.

Insgesamt ließen sich mit Hilfe der untersuchten Parameter keine Anhaltspunkte für Unterschiede in der Belastungsphysiologie zwischen einer Suchbelastung und einer reinen Laufbelastung nachweisen. Jedoch konnten signifikante Unterschiede zwischen der Suchbelastung im Sommer und der Suchbelastung im Winter anhand der Herzfrequenz, der Körpertemperatur, der Blutgase und der Blutglukose-, sowie der Speichelkortisol-Konzentration aufgezeigt werden.

## 7. SUMMARY

### **Comparative studies on strain in avalanche- and rescue-dogs during running and searching**

22 dogs of the “Lawinenhundestaffel Bergwacht Bayern” (avalanche rescue dog unit of Bavarian Mountain Rescue) were subjected to a series of tests on the strain exerted upon rescue dogs. In total, every dog underwent four different types of strain with a duration of 2 x 20 minutes each and a 20-minute break in between the two cycles. In the summer, the strain of running beside a bicycle was analyzed at a height of 700 metres above sea-level, and a combined area and alpine rubble search was carried out. Ambient temperature was between 9°C and 26°C in summer. In the winter, the strains of running beside skis and of an avalanche search were analyzed at a height of 2600 metres above sea-level and ambient temperatures between -3°C and -17°C. In order to be able to capture the influence of the nose’s activity as a strain factor, physiological values during and up to 2 hours after search strain were compared to those of pure running strain.

In particular the clinical parameters yielded significant variations during the four types of strain. The heart rate reacted to all four types of strain with a marked increase. The continuously recorded heart rate increased to mean values of up to 164-176 beats per minute (bpm) (physiological: 70-160 bpm) during the four types of strain and returned to normal within 20-30 minutes after the end of strain. The body temperature was measured at six points in time prior to and after strain. After strain the body temperature rose to means between 39.0 and 39.7°C (physiological: 37.5-39.0°C) and returned to the initial values within 20-60 minutes after the end of strain.

The venous blood parameters hardly showed any significant changes upon strain. All blood values were determined prior to and immediately after the second strain cycle as well as 2 hours after the end of strain. Blood gas pH increased after strain, reaching means of 7.40-7.43 (physiological: 7.30-7.40). In addition, there was a decrease in means of pCO<sub>2</sub> to 30-31 mm Hg (physiological: 36-40 mm Hg) and in bikarbonate to 19-20 mmol/l (physiological: up to 24.2 mmol/l), whereas pO<sub>2</sub> increased to up to 58 mm Hg (physiological: 34-54 mm Hg). In the muscle metabolism there was a continuous increase in creatine kinase activity after strain, with means up to 105 IU/l (physiological: up to 90 IU/l) after 2 hours in recovery. The plasma

lactate concentration of the rescue dogs underwent no major changes in any of the four types of strain and never exceeded 2.3 mmol/l (physiological: 0.22-4.40 mmol/l). The renal (bounded urea nitrogen, creatinine), the hematological (hematocrit, hemoglobin) and the hepatic parameters (alkaline phosphatase, alanine transaminase, total bilirubin, cholesterol) as well as the proteins measured (total protein, albumin, globulin) did not change significantly under any of the four types of strain. In all strain types, blood glucose varied to a relatively small degree ranging between 5.4 mmol/l and 5.8 mmol/l (physiological: 3.9-6.7 mmol/l).

As regards salivary cortisol, there was a delayed increase in the cortisol concentration during recovery. Means of salivary cortisol values reached 5.5 nmol/l in maximum (resting value: 1.5-2.3 nmol/l).

Observation of behaviour yielded signs of fatigue during avalanche search in winter and in the rubble search in summer during the second strain phase in the form of a reduced activity index. Area search in the summer was generally associated with the highest activity level, and only in this type of search there was no decrease in the activity index during the second strain phase.

Dividing the participating rescue dogs in three age-classes (up to 4 years, 4-7 years, over 7 years) age dependent differences could be seen. During the whole observation the older dogs showed significant higher heart rates and significant lower body temperatures. Compared to the other two age-classes the older dogs also had significant higher lactate concentrations and a obvious higher creatinkinase activity after strain. Dogs under 4 years of age showed constantly higher body temperatures and activity indices in comparison to the two older age-classes. After strain highest blood glucose levels could be found in the young dogs up to 4 years. The salivary cortisol concentration was significant lower in the dogs from 4-7 years of age.

In summary, the parameters investigated did not indicate any differences in the strain physiology between the strain during search and the mere strain due to running. However, based on heart rate, body temperature, blood gas parameters, blood glucose and salivary cortisol values significant differences were found between the strain of search in summer and the strain of search in winter.

## 8. LITERATURVERZEICHNIS

**Aktas, M.; D. Auguste; H.P. Lefebvre; P.L. Toutain; J.P. Braun (1993)**

Creatin kinase in the dog: a review.

Vet. Res. Com. **17**, 353-369

**Aktas, M.; D. Auguste; D. Concordet; P. Vinclair; H. Lefebvre; P.L. Toutain; J.P. Braun (1994)**

Creatine kinase in dog plasma: preanalytic factors of variation, reference values and diagnostic significance.

Res. Vet. Sci. **56**, 30-36

**Al-Ansari A.A.K., L.A. Perry, D.S. Smith, J. Landon (1982)**

Salivary cortisol determination: adaptation of a commercial serum cortisol kit.

Ann. Clin. Biochem. **19**, 163-166

**Barrette, D. (1989)**

Alimentation du chien sportif.

Can. Vet. J. **30**, 439-441

**Bebak, J.; A.M. Beck (1993)**

The effect of cage size on play and aggression between dogs in purpose-bred beagles.

Lab. Anim. Sci. **43**, 457-459

**Bedrak, E. (1965)**

Blood serum enzyme activity of dogs exposed to heat stress and muscular exercise.

J. Appl. Phys. **20**, 587-590

**Beerda, B.; M.B.H. Schilder; N.S.C.R.M. Janssen; J.A. Mol (1996)**

The use of saliva cortisol, urinary cortisol and catecholamine measurements for a noninvasive assessment of stress responses in dogs.

Horm. Beh. **30**, 272-279

**Beerda, B.; M.B.H. Schilder; J.A.R.A.M. van Hooff; H.W. de Vries (1997)**

Manifestations of chronic and acute stress in dogs.

Appl. Anim. Beh. Sci. **52**, 307-319

**Beerda, B.; M.B.H. Schilder; J.A.R.A.M. van Hooff; H.W. de Vries; J.A. Mol (1998)**

Behavioural, saliva cortisol and heart rate responses to different types of stimuli in dogs.

Appl. Anim. Beh. Sci. **58**, 365-381

**Beerda, B.; M.B.H. Schilder; J.A.R.A.M. Van Hooff; H.W. de Vries; J.A. Mol (1999)**

Chronic stress in dogs subjected to social and spatial restriction: I. Behavioral responses.

Physiol. Beh. **66**, 233-242

**Benton, L.A., F.E. Yates (1990)**

Ultradian adrenocortical and circulatory oscillations in conscious dogs.

Am. J. Physiol. **258**, R578-R590

**Bjotvedt, G.; C.W. Weems; K. Foley (1984)**

Strenuous exercise may cause health hazards for racing greyhounds.  
Vet. Med.: Small Anim. Clin. **79**, 1481-1487

**Burr, J.R.; G.A. Reinhart; R.A. Swenson; S.F. Swaim; D.M. Vaughn; D.M. Bradley (1997)**

Serum biochemical values in sled dogs before and after competing in long-distance races.  
JAVMA **211**, 175-179

**Carr, W. (1993)**

in: Miller, E.; R. Houghthon; R. Carr, Chemosensory directional tracking in dogs: enhancing the track's polarity.

Oxford University Press; Oxford.Chem.Sens. **20**, 196

**Chanoit, G.P.; D. Concordet; H.P. Lefebvre; K. Orcel; J-P. Braun (2002)**

Exercise does not induce major changes in plasma muscle enzymes, creatinine, glucose and total proteins concentrations in untrained beagle dogs.

J. Vet. Med. A **49**, 222-224

**Chanoit, G.P.; H.P. Lefebvre; K. Orcel; V. Laroute; P.-L. Toutain; J.-P. Braun (2001)**

Use of creatine kinase pharmacokinetics to estimate the amount of exercise-induced muscle damage in beagles.

AJVR **62**, 1375-1380

**Convertino V.A., J.E. Greenleaf, E.M. Bernauer (1980)**

Role of thermal and exercise factors in the mechanism of hypervolemia.

J. Appl. Physiol. **48**; 657-664

**Deetjen, P.(1994) in: Deetjen, P.; E.-J. Speckmann (Hrsg.)**

Physiologie.

2. Auflage, Urban & Schwarzenberg,München, Wien, Baltimore: 258-263

**Donaldson, S.K.B.; L. Harmansen; L. Bolles (1978)**

Differential, direct effects of H<sup>+</sup> on Ca<sup>2+</sup>-activate of skinned fibers from the soleus, cardiac and a magnus muscles of rabbits.

Pflüg. Arch. **376**, 5

**Dobson, G.P.; W.S. Parkhouse; J.-M. Weber; E. Stuttard; J. Harman; D.H. Snow; P.W. Hochachka (1988)**

Metabolic changes in skeletal muscle and blood of greyhounds during 800-m track sprint.

Am. J. Physiol. **255**, R513-R519

**Engeland, W.C.; P. Miller; D.S. Gann (1990)**

Pituitary-adrenal adrenomedullary responses to noise in awake dogs.

Am. J. Physiol. **258**, R672-R677

**Evans, P.J.; J.R. Peters; J. Dyas (1984)**

Salivary cortisol levels in true and apparent hypercortisolism.

Clin. Endocrinol. **20**, 709-715

**Ewert, J.-P. (1998)**

Neurobiologie des Verhaltens.

1. Auflage, Verlag Hans Huber, Bern, Göttingen, 140-153

**Fell, L.R.; D.A. Shutt, C.J. Bentley (1985)**

Development of a salivary cortisol method for detecting changes in plasma "free" cortisol arising from acute stress in sheep.

Austral. Vet. J. **62**, 403-406

**Ferguson, D.B.; D.A. Price; S. Wallace (1980)**

Effects of physiological variables on the concentration of cortisol in human saliva.

Adv. Physiol. Sci. **28**, 301-312

**Foss, M. L.; R.J. Barnard; C. M. Tipton (1971)**

Free 11-Hydroxycorticosteroid levels in working dogs as affected by exercise training.

Endocrinol. **89**, 96-104

**Frank, L.A.; G.A. Kunkle; K.M. Beale (1992)**

Comparison of serum cortisol concentration before and after intradermal testing in sedated and nonsedated dogs.

JAVMA **200**, 507-510

**Franklin, D.L.; R.M. Ellis; R.F. Rushmer (1959)**

Aortic blood flow in dogs during treadmill exercise.

J. Appl. Physiol. **14**, 809-812

**Gäbel, G. (2000) in: von Engelhardt W.; G. Breves (Hrsg.)**

Physiologie der Haustiere.

1. Auflage; Enke im Hippokrates Verlag, Stuttgart: 295-302

**Gaetgens, P. (1994) in: Deetjen, P.; E.-J. Speckmann (Hrsg.)**

Physiologie.

2. Auflage, Urban & Schwarzenberg, München, Wien, Baltimore: 271-283

**Gazit, I.; J. Terkel (2003)**

Explosives detection by sniffer dogs following strenuous physical activity.

Appl. Anim. Beh. Sci. **81**, 149-161

**Goldberg, M.B.; V.A. Langman; C.R. Taylor (1981)**

Panting in dogs: paths of air flow in response to heat and exercise.

Resp. Phys. **43**, 327-338

**Grandjean, D.; F. Driss; R. Sergheraert; J.P. Valette; A. Michel; R. Luigi (1996)**

Conséquences biologiques et nutritionnelles du travail en haute altitude chez le chien de recherche.

Rec. Med. Vet. **172**, 601-621

**Grandjean, D.; R. Sergheraert; J.P. Valette; F. Driss (1998)**

Biological and nutritional consequences of work at high altitude in search and rescue dogs: the scientific expedition chiens des Cimes-Licancabur 1996.

Am. Soc. Nutr. Sci. **128**, 2694S-2697S

**Grandjean, D.; R.Mateo, J.F.Lefol; R. Wolter (1983)**

Controles alimentaires, physiologiques, biochimiques et hematologiques chez le greyhound de course en situation.

Rec. Med. Vet. **159**, 735-746

**Greenwood, P.L.; D.A. Shutt (1992)**

Salivary and plasma cortisol as an index of stress in goats.

Austr. Vet. J. **69**, 161-163

**Guechot, J.; J. Fiet; P. Passa; J.M. Vilette; B. Gourmel; F. Tabuteau; G. Cathelineau; C. Dreux (1982)**

Physiological and pathological variations in saliva cortisol.

Hormone Res. **16**, 357-364

**Haberhauffe L.; G. Albrecht (1982)**

Schutz- und Diensthunde - Ihre Abrichtung und Haltung.

2.Auflage, Verlag J. Neumann-Neudamm, Melsungen

**Hammel, E.P.; D.S. Kronfeld; V.K. Ganjam; H.L. Dunlap (1977)**

Metabolic responses to exhaustive exercise in racing sled dogs fed diets containing medium low or zero carbohydrate.

Am. J. Clin. Nutr. **30**, 409-418

**Harmeyer, J. (2000) in: von Engelhardt W.; G. Breves (Hrsg.)**

Physiologie der Haustiere.

1. Auflage; Enke im Hippokrates Verlag, Stuttgart: 136

**Hastings, A.B.; F.C. White; T.M. Sanders; C.M. Bloor (1982)**

Comparative physiological responses to exercise stress.

J. Appl. Physiol. **52**, 1077-1083

**Haupt, K.H. (1997) in: Fenner, W.R. (Hrsg.)**

Kleintierkrankheiten.

2. Auflage, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart: 45-61

**Heffron, J.J.A.; L.Bomzon; R.A. Pattinson (1976)**

Observations on plasma creatine phosphokinase activity in dogs.

Vet. Rec. **98**, 338-340

**Henessy, M.B.; H.N. Davis; M.T. Williams; C.Mellott; C.W. Douglas (1997)**

Plasma cortisol levels of dogs at a county animal shelter.

Physiol. Beh. **62**, 485-490

**Henessy, M.B.; M.T. Williams; D.D. Miller; C.W. Douglas; V.L. Voith (1998)**

Influence of male and female petters on plasma cortisol and behaviour: can human interaction reduce the stress of dogs in a public animal shelter ?

Appl. Anim. Beh. Sci. **61**, 63-77

**Hetts, S.; J.D. Clark; J.P. Calpin; C.E. Arnold; J.M. Mateo (1992)**

Influence of housing conditions on beagle behaviour.

Appl. Anim. Beh. Sci. **34**, 137-155

**Heyer, F. (1966)**

Hunde gegen den weißen Tod.

Albert Müller Verlag, 1. Auflage, Rüschlikon-Zürich, 15-33

**Hinchcliff, K.W. (1996)**

Performance failure in Alaskan sled dogs: biochemical correlates.

Res. Vet. Sci. **61**, 271-272

**Hinchcliff, K.W.; G.A. Reinhart; J.R. Burr; C.J. Schreier; R.A. Swenson (1997)**

Effect of racing on serum sodium and potassium concentrations and acid-base status of Alaskan sled dogs.

JAVMA **210**, 1615-1618

**Hinchcliff, K.W.; G.A. Reinhart; R. DiSilvestro; A. Reynolds; A. Blostein-Fujii; R.A. Swenson (2000)**

Oxidant stress in sled dogs subjected to repetitive endurance exercise.

AJVR **61**, 512-516

**Hinchcliff, K.W.; J. Olson; C. Crusberg; J. Kenyon; R. Long; W. Royle; W. Weber; J. Burr (1993)**

Serum biochemical changes in dogs competing in a long-distance sled race.

JAVMA **202**, 401-405

**Hinchcliff, K.W.; L.C. Shaw; N.S. Vukich; K.E. Schmidt (1998)**

Effect of distance traveled and speed of racing on body weight and serum enzyme activity of sled dogs competing in a long-distance race.

JAVMA **213**, 639-644

**Hiramatsu, R. (1981)**

Direct assay of cortisol in human saliva by solid phase radioimmunoassay and its clinical applications.

Clin. Chim. Acta. **117**, 239-249

**Hörnigke, H. (1987) in: Scheunert A.; A. Trautmann (Hrsg.)**

Lehrbuch der Veterinärphysiologie.

7. Auflage, Paul Parey Verlag, Berlin, Hamburg: 142-158

**Hubrecht, R.C.; J.A. Serpell; T.B. Poole (1992)**

Correlates of pen size and housing conditions on the behaviour of kennelled dogs.

Appl. Anim. Beh. Sci. **34**, 365-383

**Ilkiw, J.E.; P.E. Davis; D.B. Church (1989)**

Hematologic, biochemical, blood-gas and acid-base values in greyhounds before and after exercise.

Am. J. Vet. Res. **50**, 583-586

**Immelmann, K. (1982)**

Wörterbuch der Verhaltensforschung.

1. Auflage, Paul Parey Verlag, Berlin, Hamburg, 230-232

**Issekutz, B.; W.A.S. Shaw; A.C. Issekutz (1976)**

Lactate metabolism in resting and exercising dogs.  
J. Appl. Phys. **40**, 312-319

**Jessen, C. (2000)** in: **von Engelhardt W.; G. Breves** (Hrsg.)

Physiologie der Haustiere.  
1. Auflage; Enke im Hippokrates Verlag, Stuttgart: 467-48

**Johnston, S.D.; E.C. Mather (1978)**

Canine plasma cortisol (hydrocortisone) measured by radioimmunoassay: clinical absence of diurnal variation and results of ACTH stimulation and dexamethasone suppression test.  
Am. J. Vet. Res. **39**, 1766-1770

**Keller, P. (1981)**

Enzyme activities in the dog: tissue analyses, plasma values and intracellular distribution.  
AJVR **42**, 575-582

**Kempainen, R.J.; J.L.Sartin (1984)**

Evidence for episodic but not circadian activity in plasma concentrations of adrenocorticotrophin, cortisol and thyroxine in dogs.  
J. Endocr. **103**, 219-226

**Kirsch, K. (2001)** in: **Klinke, R.; S. Silbernagel** (Hrsg.)

Lehrbuch der Physiologie.  
3. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York: 521-522

**Kirschbaum, C.; D.H. Hellhammer (1989)**

Salivary cortisol in psychobiological research: an overview.  
Neuropsychobiol. **22**, 150-169

**Kolb, E. (1993)**

Anpassungsvorgänge in der Sekretion von Hormonen (Corticoliberin, ACTH, Cortisol) und im Stoffwechsel von Hunden bei Belastungen.  
Mh. Vet.- Med. **48**, 595-601

**Kolb, E. und J. Seehawer (2002)**

Die Leistungsfähigkeit des Rennhundes und der Einfluss der Anwendung von Vitaminen.  
Tierärztl. Umsch. **57**, 317-325

**Kowalchuk, J.M.; G.J.F. Heigenhauser; M.I. Lindinger (1988)**

Factors influencing hydrogen ion concentration in muscle after intense exercise.  
J. Appl. Physiol. **65**, 2080-2089

**Kozłowski, S.; Z. Brzezińska; B. Kruk; H. Kaciuba-Uściłko; J.E. Greenleaf; K. Nazar (1985)**

Exercise hyperthermia as a factor limiting physical performance: temperature effect on muscle metabolism.  
J. Appl. Physiol. **59**, 766-773

**Kraft, W.; U.M. Dürr (1999)**

Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin.  
5. Auflage, Schattauer Verlag, Stuttgart, New York

**Kronfeld, D.S.; E.P. Hammel; C.F. Ramberg; H.L. Dunlap (1977)**

Hematological and metabolic responses to training in racing dogs fed diets containing medium, low or zero carbohydrate.  
Am. J. Clin. Nutr. **30**, 419-430

**Kuhn, G.; K. Lichtwald; W. Hardegg; H.H. Abel (1991)**

Reaktionen von Corticoiden, Enzymaktivitäten und hämatologischen Parametern auf Transportstress bei Hunden.  
J. Exp. Anim. Sci. **34**, 99-104

**Ladewig, J. (1994) in: Döcke, F. (Hrsg.)**

Veterinärmedizinische Endokrinologie.  
3. Auflage, Gustav Fischer Verlag, Jena, Stuttgart: 379-399

**Laing, D.G. (1983)**

Natural sniffing gives optimum odour perception for humans.  
Perception **12**, 99-117

**Langbroek, A.J.M.; A. Nijmeijer; P. Rispens; W.G. Zijlstra (1990)**

Pitfalls in acid/base experiments with conscious dogs.  
Pflüg. Arch. **417**, 157-160

**Lassen, E.D.; A.M. Craig; L.L. Blythe (1986)**

Effects of racing on hematologic and serum biochemical values in greyhounds.  
JAVMA **188**, 1299-1303

**Laudat, M.H.; S. Cerdas; C. Fourier; D. Guiban; B. Guilhaume; J.P. Luton (1988)**

Salivary cortisol measurement: a practical approach to assess pituitary-adrenal function.  
J. Clin. Endocrinol. Metab. **66**, 343-348

**Leadon, D.P.; E. Mullins (1991)**

Relationship between kennel size and stress in greyhounds transported short distances by air.  
Vet. Rec. **129**, 70-73

**Leisewitz, A.L.; A.J. Guthrie; W. Berry (1995)**

The arterial oxygen status of clinically healthy dogs at an altitude of 1250 metres.  
J. S. Afr. Vet. Ass. **66**, 213-218

**Lindena, J.; W. Küpper; I. Trautschold (1984)**

Enzyme activities in thoracic duct lymph and plasma of anaesthetized, conscious resting and exercising dogs.  
Eur. J. Appl. Physiol. **52**, 188-195

**Loegering, D.J.; J.B. Critz (1971)**

Effect of hypoxia and muscular activity on plasma enzyme levels in dogs.  
Am. J. Phys. **220**, 100-104

**Longhurst J.C., T.I. Musch , G.A. Ordway (1986)**

O<sub>2</sub>-consumption during exercise in dogs-roles of splenic contraction and alpha-adrenergic vasoconstriction.

Am. J. Physiol. **251**, H502- H509

**Mackintosh, I.C.; I.C. Dormehl; A.L. van Gelder; M. du Plessis (1983)**

Blood volume, heart rate and left ventricular ejection fraction changes in dogs before and after exercise during endurance training.

AJVR **44**, 1960-1962

**Mägerlein, H.U.; S.A. Heffner and M.R. Fedde (1990)**

Effect of exercise conditioning on red blood cell volume and erythropoietin concentration in the beagle dog.

J. Sports Med. Phys. Fit. **30**, 231-234

**Marx, G. (1975)**

Einwirkungen auf das Verhalten von Diensthunden der Bundeswehr durch Veränderungen der Haltungsbedingungen bei Milieuwechsel, Ausbildung und Einsatz.

Tierärztl. Umsch. **30**, 239-240, 242, 244

**Mason, G.; M. Mendl (1993)**

Why is there no simple way of measuring animal welfare?

Anim. Welf. **2**, 301-319

**Matwichuk, C.L.; S.M. Taylor; C.L. Shmon; P.H. Kass; G.D. Shelton (1999)**

Changes in rectal temperature and hematologic, biochemic, blood-gas and acid-base values in healthy Labrador Retrievers before and after strenuous exercise.

AJVR **60**, 88-92

**McKeever, K.H.; W.A. Schurg; V.A. Convertino (1985)**

Exercise training-induced hypervolemia in greyhounds: role of water intake and renal mechanisms.

Am. J. Physiol. **248**, R422-R425

**Murase, T.; M. Inaba; Y. Maede (1988)**

Measurement of serum glucocorticoids by high-performance liquid chromatography and circadian rhythm patterns of the cortisol value in normal dogs.

Jpn. J. Vet. Sci. **50**, 1133-1135

**Murphy, M.G.; S.Conroy; J.A. Lowe (1997)**

Aspects of exercise physiology in the dog.

Irish Vet. J. **50**, 65-69

**Musch, T.I.; D.B. Friedmann; G.C. Haidet; J. Stray-Gundersen; T.G. Waldrop; G.A. Ordway (1986)**

Arterial blood gases and acid-base status of dogs during graded dynamic exercise.

J. Appl. Physiol. **61**, 1914-1919

**Musch, T.I.; G.C. Haidet; G.A. Ordway; J.C. Longhurst; J.H. Mitchell (1985)**

Dynamic exercise training in foxhounds I. Oxygen consumption and hemodynamic responses.

J. Appl. Physiol. **59**, 183-189

**Neuhaus, D.; M.R. Fedde; P. Gaehtgens (1992)**

Changes in haemorheology in the racing greyhound as related to oxygen delivery.  
Eur. J. Appl. Physiol. **65**, 278-285

**Neuhaus, V.W. (1981)**

The importance of sniffing to the olfaction of the dog.  
Z. Säugetierkunde **46**, 301-310

**Nickel, R.; A. Schummer; E. Seiferle (1992)**

Lehrbuch der Anatomie der Haustiere.  
Band IV: Nervensystem, Sinnesorgane, Endokrine Drüsen; 3. Auflage; Paul Parey Verlag,  
Berlin, Hamburg

**Nold, J.L.; L.J. Peterson; M.R. Fedde (1991)**

Physiological changes in the running greyhound (*canis domesticus*): influence of race length.  
J. Biochem. Physiol. **100 A**, 623-627

**Ogburn, P.; S. Crouse; F. Martin; K. Houpt (1998)**

Comparison of behavioral and physiological responses of dogs wearing two different types of collars.  
Appl. Anim. Beh. Sci. **61**, 133-142

**Ordway, G.A.; D.L. Floyd; J.C. Longhurst; J.H. Mitchell (1984)**

Oxygen consumption and hemodynamic responses during graded treadmill exercise in the dog.  
J. Appl. Physiol.: Resp. Environ. Exercise Physiol. **57**, 601-607

**Orth, D.N.; M.E. Peterson; W.D. Drucker (1988)**

Plasma immunoreactive proopiomelanocortin peptides and cortisol in normal dogs and dogs with cushing's syndrome: diurnal rhythm and responses to various stimuli.  
Endocrinol. **122**, 1250-1262

**Palazzolo, D.L.; S.K. Quadri (1987)**

Plasma thyroxine and cortisol under basal conditions and during cold stress in the aging dog.  
Proc. Soc. Exp. Biol. Med. **185**, 305-311

**Parrott, R.F.; B.H. Misson; B.A. Baldwin (1989)**

Salivary cortisol in pigs following adrenocorticotrophic hormone stimulation: comparison with plasma levels.  
Brit. Vet. J. **145**, 362-366

**Parrott, R.H.; B.H. Misson (1989)**

Changes in pig salivary cortisol in response to transport simulation, food and water deprivation and mixing.  
Brit. Vet. J. **145**, 501-505

**Phillips, C.J.; R.P. Coppinger; D.S. Schimel (1981)**

Hyperthermia in running sled dogs.  
J. Appl. Phys.: Resp. Environ. Exercise Physiol. **51**, 135-142

**Pierau, F.-K. (2000)** in: **von Engelhardt W.; G. Breves** (Hrsg.)  
Physiologie der Haustiere.  
1. Auflage; Enke im Hippokrates Verlag, Stuttgart: 94-96

**Pieschl, R.L.; P.W. Toll; D.E. Leith; L.J. Peterson; M.R. Fedde (1992)**  
Acid-base changes in the running greyhound: contributing variables.  
J. Appl. Physiol. **73**, 2297-2304

**Pohoska, E. (1976)**  
The effect of restriction of physical activity on adaptation to prolonged exercise in dogs.  
Acta Physiol. Pol. **27**, 199-202

**Querengaesser, A.; C. Iben; J. Leibetseder (1994)**  
Blood changes during training and racing in sled dogs.  
J. Nutr. **124**, 2760S-2764S

**Quissell, D.O. (1993)**  
Steroid hormone analysis in human saliva.  
Ann. N. Y. Acad. Sci. **64**, 143-145

**Radin, M.J. (1997)** in: **Fenner, W.R.** (Hrsg.)  
Kleintierkrankheiten.  
2. Auflage, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart: 783-798

**Ready, A.E.; G. Morgan (1984)**  
The physiological response of sibirian husky dogs to exercise: effect of interval training.  
Can. Vet. J. **25**, 86-91

**Riad-Fahmy, D.; G.F. Read; R.F. Walker; K. Griffiths (1982)**  
Steroids in saliva for assessing endocrine function.  
Endocr. Rev. **3**, 367-395

**Rijnberk, A.; P.J. der Kinderen; J.H.H. Thijssen (1968)**  
Investigations on the adrenocortical function of normal dogs.  
J. Endocr. **41**, 387-395

**Rose, R.J.; M.S. Bloomberg (1989)**  
Responses to sprint exercise in the greyhound: effects on haematology, serum biochemistry and muscle metabolites.  
Res. Vet. Sci. **47**, 212-218

**Rothuizen, J.; J.M.H.M. Reul; F.J. van Sluijs; J.A. Mol; A. Rijnberk; E.R. de Kloet (1993)**  
Increased neuroendocrine reactivity and decreased brain mineralocorticoid receptor-binding capacity in aged dogs.  
Endocrinol. **132**, 161-168

**Rowell, L.B.; J.R. Blackman; R.A. Bruce (1964)**  
Indocyanine green clearance and estimated hepatic blood flow during mild to maximal exercise in upright man.  
J. Clin. Invest. **43**, 1677-1670

**Sadowski, J.; R. Gellert; J. Kurkus; E. Portalska (1981)**  
Denervated and intact kidney responses to exercise in the dog.  
J. Appl. Physiol.: Resp. Environ. Exercise Physiol. **51**, 1618-1624

**Sahlin, K. (1986)**  
Muscle fatigue and lactic acid accumulation.  
Acta Physiol. Scand. **126** (Suppl. 556), 83-91

**Sanders, T.M.; C.M. Bloor (1975)**  
Effects of endurance exercise on serum enzyme activities in the dog, pig and man.  
Proc. Soc. Exp. Biol. Med. **148**, 823-828

**Scheid, P. (2001)** in: **Klinke, R.; S. Silbernagel** (Hrsg.)  
Lehrbuch der Physiologie.  
3. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York: 267-268

**Schilder, M.B.H. (1992)**  
Stress and welfare and its parameters in dogs.  
Tijds. Dierg. **117**, 53S-54S

**Schilling, J.A.; R.B. Harvey; E.L. Becker; T. Velasquez; G. Wells; B. Balke (1956)**  
Work performance at altitude after adaptation in man and dog.  
J. Appl. Physiol. **8**, 381-387

**Schmidt-Nielsen, K.; W.L. Bretz; C.R. Taylor (1970)**  
Panting in dogs: unidirectional air flow over evaporative surfaces.  
Science **169**, 1102-1104

**Schönreiter, S. (1996)**  
Bestimmung der Kortisolkonzentration im Speichel als tierschutzrelevante Alternative zur Messung des Kortisolspiegels aus dem Blut von Saugferkeln.  
Diss. vet. med., LMU-München

**Schwartz-Porsche, D. (1994)** in: **Döcke, F.** (Hrsg.)  
Veterinärmedizinische Endokrinologie.  
3. Auflage, Gustav Fischer Verlag, Jena, Stuttgart: 320-335

**Schwizgebel D. (1982)**  
Zusammenhänge zwischen dem Verhalten des Tierlehrers und dem Verhalten des Deutschen Schäferhundes im Hinblick auf tiergerechte Ausbildung.  
Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung: 138-148

**Shivik J.A. (2002)**  
Odor-adsorptive clothing, environmental factors and search-dog ability.  
Wildl. Soc. Bullet. **30**, 721-727

**Sigg, H.; I. Tobler (1986)**  
Motorische Aktivität von Bastardhunden in 3 verschiedenen Laborhaltungen.  
Z. Versuchstierk. **28**, 157-165

**Silbernagel S., A. Despopoulos (1991)**

Taschenatlas der Physiologie.  
4. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart

**Sjogaard, C.; R.P. Adams; B. Saltin (1985)**

Water and ion shifts in skeletal muscle of humans with intense dynamic knee extension.  
Am. J. Physiol. **248**, R190-R196

**Smulyan, H.; R.P. Cuddy; W.A. Vincent; U. Kashemsant; R.H. Eich (1965)**

Initial hemodynamic responses to mild exercise in trained dogs.  
J.Appl.Phys. **20**, 437-442

**Sneddon, J.C.; P.P. Minnaar; J.F.W. Grosskopf; H.T. Groeneveld (1989)**

Physiological and blood biochemical responses to submaximal treadmill exercise in canaan dogs before, during and after training.  
J. S. Afr. Vet. Ass. **60**, 87-91

**Snow, D.H.; R.C. Harris; E. Stuttard (1988)**

Changes in haematology and plasma biochemistry during maximal exercise in greyhounds.  
Vet. Rec.**123**, 487-489

**Spörri, H. (1987)**

in: Scheunert A.; A. Trautmann (Hrsg.)  
Lehrbuch der Veterinärphysiologie.  
7. Auflage, Paul Parey Verlag, Berlin, Hamburg: 217-218

**Steen, J.B.; E. Wilsson (1990)**

How do dogs determine the direction of tracks?  
Acta Physiol. Scand. **139**, 531-534

**Steen, J.B.; I.Mohus; T. Kvesetberg; L. Walløe (1996)**

Olfaction in bird dogs during hunting.  
Act. Phys. Scand. **157**, 115-119

**Stephens, D.B. (1980)**

Stress and its measurement in domestic animals: a review of behavioral and physiological studies under field and laboratory situations.  
Adv. Vet. Sci. Comp. Med. **24**, 179-208

**Strasser, A.; M. Hochleithner; H. Bubna-Littitz (1993)**

Zur Belastung von Gebrauchshunden bei der Suchtgiftsuche.  
Wien. Tierärztl. Mschr. **80**, 353-355

**Szlyk, P.C.; B.W. McDonald; D.R. Pendergast; J.A. Krasney (1981)**

Control of ventilation during graded exercise in the dog.  
Resp. Phys. **46**, 345-365

**Takahashi, Y.; S Ebihara; Y. Nakamura; K. Takahashi (1981)**

Model of human sleep-related growth hormone secretion in dogs: effect of 3, 6 and 12 hours of forced wakefulness on plasma growth hormone, cortisol and sleep stages.  
Endocrinol. **109**, 262-272

**Taschke, A.C. (1995)**

Ethologische, physiologische und histologische Untersuchungen zur Schmerzbelastung der Rinder bei der Enthornung.  
Diss. vet.med., Zürich

**Taslitz, A.E. (1990)**

Does the cold nose know? The unscientific myth of the dog scent lineup.  
Hast. Law. J. **42**, 42-50

**Thesen A.; J.B. Steen; K.B. Døving (1993)**

Behaviour of dogs during olfactory tracking.  
J. Exp. Biol. **180**, 247-251

**Thun, R.; E. Eggenberger; K. Zerobin (1990)**

24-hour profile of plasma cortisol and testosterone in the male dog: absence of circadian rhythmicity, seasonal influence and hormonal interrelationships.  
Reprod. Dom. Anim. **25**, 68-77

**Thun, R.; E. Eggenberger; K. Zerobin; T. Lüscher; W. Vetter (1981)**

Twenty-four-hour secretory pattern of cortisol in the bull: evidence of episodic secretion and circadian rhythm.  
Endocrinol. **109**, 2208-2212

**Tipton, C.M.; R.A. Carey; W.C. Eastin; H.H. Erickson (1974)**

A submaximal test for dogs: evaluation of effects of training, detraining and cage confinement.  
J. Appl. Physiol. **37**, 271-275

**Toll, R.W.; P. Gaethgens; D. Neuhaus; R.L. Pieschl; M.R. Fedde (1995)**

Fluid, electrolyte, and packed cell volume shifts in racing greyhounds.  
Am. J. Vet. Res. **56**, 227-232

**Turlejska, E.; I. Falęcka-Wieczorek; E. Titow-Stupnicka; H.K. Uściłko (1993)**

Hypohydration increases the plasma catecholamine response to moderate exercise in the dog (canis).  
Comp. Biochem. Physiol. **106C**, 463-465

**Umeda, T.; R. Hiramatsu; T. Iwaoka; T. Shimada; F. Miura; T. Sato (1981)**

Use of saliva for monitoring unbound free cortisol levels in serum.  
Clin. Chim. Acta. **110**, 245-253

**van Citters, R.L.; D.L. Franklin (1969)**

Cardiovascular performance of Alaska sled dogs during exercise  
Circ. Res. **24**, 33-42

**von Engelhardt, W. (2000) in: von Engelhardt W.; G. Breves (Hrsg.)**

Physiologie der Haustiere.

1. Auflage; Enke im Hippokrates Verlag, Stuttgart: 482-489

**Vial, G.C.; G.H. Stabenfeldt; C.E. Franti; G.V. Ling (1979)**  
Influence of environment on adrenal cortical response to ACTH stimulation in clinically normal dogs.  
Am. J. Vet. Res. **40**, 919-921

**Vincent I.C., A.R. Michell (1992)**  
Comparison of cortisol concentrations in saliva and plasma of dogs.  
Res. Vet. Sci. **53**, 342-345

**Vincent, I. C; A.R. Michell; R.A. Leahy (1993)**  
Non-invasive measurement of arterial blood pressure in dogs: a potential indicator for the identification of stress.  
Res. Vet. Sci. **54**, 195-201

**Vincent, I.C.; R.A. Leahy (1997)**  
Real-time non-invasive measurement of heart rate in working-dogs: a technique with potential applications in the objective assessment of welfare problems.  
Vet. J. **153**, 179-184

**Vining, R.F., R.A. McGinley (1987)**  
The measurement of hormones in saliva: Possibilities and pitfalls.  
J. Steroid Biochem. **27**, 81-94

**Vining, R.F.; R. A. McGinley; J.J. Maksvytis; K.Y. Ho (1983)**  
Salivary cortisol: a better measure of adrenal cortical function than serum cortisol.  
Ann. Clin. Biochem. **20**, 329-335

**Wagner, J.A.; S.M. Horvath; T.E. Dahms (1977)**  
Cardiovascular, respiratory and metabolic adjustments to exercise in dogs.  
J. Appl. Physiol. **42**, 403-407

**Walker, R.F. (1989)**  
Salivary corticosteroids: clinical and research applications.  
J. Clin. Chem. Clin. Biochem. **27**, 234-235

**Wegmann A., W. Heines (1997)**  
Such und Hilf!  
2. Auflage, Kynos Verlag, Mürtenbach/Eifel

**Wittke,G. (1987)**  
in: **Scheunert A.; A. Trautmann (Hrsg.)**  
Lehrbuch der Veterinärphysiologie.  
7. Auflage, Paul Parey Verlag, Berlin, Hamburg: 595, 601-603

**Wodecki, J.J.; C. Heinrich (1993)**  
Paralytische Myoglobinurie beim Greyhound.  
Tierärztl. Prax. **21**, 355-359

**Wyatt, H.L.; J.H. Mitchell (1974)**  
Influences of physical training on the heart of dogs.  
Circ. Res. **35**, 883-889

**Yashimura, H. (1970)**

Anemia during physical training (sports anemia).  
Nutr. Rev. **28**, 251-253

**Yoder, J.T.; B.W. Kingrey and L.R. Dragstedt (1964)**

Physical fitness in the confined dog: criteria and monitoring of muscular performance.  
AJVR **25**, 727-738

**Young, D.R.; R. Mosher; P. Erve; H. Spector (1959)**

Body temperature and heat exchange during treadmill running in dogs.  
J. Appl. Physiol. **14**, 839-943

**Young, D.R.; R. Mosher; P. Erve; H. Spector (1959 A)**

Energy metabolism and gas exchange during treadmill running in dogs.  
J. Appl. Physiol. **14**, 834-838

**Zuschneid, K.; A. Bayer; E. Schäfer (1976)**

Sinnes- und verhaltensphysiologische Beobachtungen am Jagdhund.  
Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. **89**, 462-465 und 469-471

## 9. TABELLARISCHER ANHANG

**Tabelle 17:** Herzfrequenz (bpm) während der Ruhe- und Belastungszeit, während der 7 Probennahmen, sowie während der Pausen- und Erholungszeit bei der Lauf- und der Suchbelastung im Sommer. Angegeben sind Mittelwerte (M), Standardabweichungen (SD), Minima (Min) und Maxima (Max), sowie die Anzahl der untersuchten Hunde (N) (Probenzeitpunkt: T0: Ruhe; T1: nach den ersten 20 min Belastung, T2: nach 20 min Pause; T3: nach den zweiten 20 min Belastung; T4: nach 30 min Erholung; T5: nach 60 min Erholung; T6: nach 120 min Erholung). Belastungswerte sind grau hinterlegt.

Herzfrequenz (bpm)	Sommer - Laufen					Sommer - Suche				
	M	SD	Min	Max	N	M	SD	Min	Max	N
Ruhe	<b>91,18</b>	17,31	61,52	117,98	22	<b>108,81</b>	38,21	63,97	202,46	22
T 0	<b>123,29</b>	18,93	92,67	161,50	22	<b>120,90</b>	20,18	93,76	155,79	22
Belastung 1	<b>168,35</b>	21,80	128,55	213,55	22	<b>166,78</b>	18,33	134,40	204,96	22
T 1	<b>126,41</b>	18,21	97,61	163,32	22	<b>126,19</b>	19,09	94,94	159,33	22
Pause	<b>98,36</b>	18,85	60,66	144,38	22	<b>106,84</b>	21,67	73,52	150,43	22
T 2	<b>120,33</b>	18,76	90,00	163,59	22	<b>118,17</b>	22,24	81,77	152,63	22
Belastung 2	<b>169,99</b>	20,85	136,39	205,68	22	<b>164,35</b>	18,58	134,28	201,65	22
T 3	<b>125,33</b>	20,84	94,54	167,08	22	<b>124,33</b>	18,45	95,21	155,90	22
Erholung 1	<b>98,48</b>	20,31	61,78	144,46	22	<b>98,74</b>	17,42	74,99	127,05	22
T 4	<b>119,32</b>	23,24	85,00	168,91	22	<b>116,24</b>	22,82	85,00	176,11	21
Erholung 2	<b>90,41</b>	18,60	58,10	120,27	22	<b>93,41</b>	18,51	60,78	128,73	22
T 5	<b>126,75</b>	22,42	96,00	177,84	21	<b>122,01</b>	22,83	83,88	176,32	22
Erholung 3	<b>84,58</b>	18,35	57,10	126,25	21	<b>93,05</b>	59,22	59,22	139,04	22
T 6	<b>117,66</b>	23,53	77,96	176,90	20	<b>117,80</b>	20,81	83,61	154,15	20

**Tabelle 18:** Herzfrequenz (bpm) während der Ruhe- und Belastungszeit, während der 7 Probennahmen, sowie während der Pausen- und Erholungszeit bei der Lauf- und der Suchbelastung im Winter. Angegeben sind Mittelwerte (M), Standardabweichungen (SD), Minima (Min) und Maxima (Max), sowie die Anzahl der untersuchten Hunde (N) (Probenzeitpunkt: T0: Ruhe; T1: nach den ersten 20 min Belastung, T2: nach 20 min Pause; T3: nach den zweiten 20 min Belastung; T4: nach 30 min Erholung; T5: nach 60 min Erholung; T6: nach 120 min Erholung). Belastungswerte sind grau hinterlegt.

Herzfrequenz (bpm)	Winter - Laufen					Winter - Suche				
	M	SD	Min	Max	N	M	SD	Min	Max	N
Ruhe	<b>111,80</b>	20,04	79,29	149,10	20	<b>106,34</b>	16,56	80,10	139,74	20
T 0	<b>131,27</b>	21,51	83,96	163,43	20	<b>125,11</b>	19,53	98,20	161,06	19
Belastung 1	<b>175,96</b>	20,23	128,34	208,59	20	<b>173,32</b>	15,43	147,25	195,89	19
T 1	<b>140,50</b>	17,00	107,67	174,61	20	<b>135,35</b>	20,38	114,90	191,13	17
Pause	<b>117,22</b>	21,57	82,08	161,08	20	<b>116,42</b>	19,93	81,52	158,13	18
T 2	<b>141,02</b>	24,00	90,81	185,93	20	<b>127,07</b>	21,35	93,74	170,24	18
Belastung 2	<b>168,88</b>	22,79	124,88	202,77	20	<b>173,68</b>	20,88	129,68	207,88	19
T 3	<b>132,94</b>	21,23	92,26	168,24	20	<b>128,46</b>	17,46	101,68	165,03	19
Erholung 1	<b>117,01</b>	23,32	72,92	162,40	20	<b>114,40</b>	16,81	76,97	140,93	19
T 4	<b>129,36</b>	20,84	104,09	168,48	19	<b>130,14</b>	26,45	80,96	189,00	18
Erholung 2	<b>106,88</b>	21,01	66,19	146,04	19	<b>108,80</b>	18,69	71,87	156,94	19
T 5	<b>131,57</b>	21,62	105,44	170,31	19	<b>128,65</b>	31,27	89,15	211,41	18
Erholung 3	<b>110,17</b>	18,88	74,21	156,68	19	<b>110,23</b>	17,34	73,16	146,13	18
T 6	<b>128,36</b>	19,93	102,15	172,85	18	<b>129,70</b>	23,55	92,77	181,98	16

**Tabelle 19:** Körpertemperatur (°C) in Ruhe, nach Belastung, sowie in der Pausen- und Erholungszeit bei den 4 Belastungsformen zu den 6 Probenzeitpunkten. Angegeben sind Mittelwerte (M), Standardabweichungen (SD), Minima (Min) und Maxima (Max), sowie die Anzahl der untersuchten Hunde (N) (Probenzeitpunkt: T0: Ruhe; T1: nach den ersten 20 min Belastung, T2: nach 20 min Pause; T3: nach den zweiten 20 min Belastung; T5: nach 60 min Erholung; T6: nach 120 min Erholung). Belastungswerte sind grau hinterlegt.

Körper- temperatur (°C)	Sommer - Laufen					Sommer - Suche				
	M	SD	Min	Max	N	M	SD	Min	Max	N
T 0	38,42	0,38	37,8	39,2	21	38,50	0,33	37,7	39,1	22
T 1	39,71	0,61	38,7	40,9	22	39,54	0,47	38,9	40,9	22
T 2	38,96	0,50	38,1	40,3	21	38,76	0,43	37,8	39,7	22
T 3	39,71	0,61	38,7	41,2	22	39,46	0,43	38,9	40,6	22
T 5	38,41	0,38	37,7	39,2	21	38,33	0,28	37,8	38,8	21
T 6	38,24	0,40	37,4	39,0	22	38,28	0,43	37,4	39,1	22

Körper- temperatur (°C)	Winter - Laufen					Winter - Suche				
	M	SD	Min	Max	N	M	SD	Min	Max	N
T 0	38,69	0,35	38,1	39,5	20	38,55	0,36	38,0	39,3	20
T 1	39,02	0,45	37,9	39,5	20	39,01	0,41	38,2	40,1	20
T 2	38,67	0,39	38,1	39,4	19	38,53	0,36	37,8	39,3	20
T 3	38,98	0,47	37,5	39,8	20	39,04	0,39	38,3	40,1	19
T 5	38,54	0,36	37,9	39,3	20	38,37	0,35	37,8	39,1	18
T 6	38,39	0,38	37,4	39,0	20	38,51	0,29	38,1	39,1	20

**Tabelle 20:** Mittelwerte (M), Standardabweichungen (SD), Minima (Min), Maxima (Max) der Hämatologischen Parameter und der Proteine, sowie Anzahl der untersuchten Hunde (N) zu den 3 Probenzeitpunkten (T0: Ruhe; T3: nach den zweiten 20 min Belastung; T6: nach 120 min Erholung) bei den 4 Belastungsformen (S1: Sommer - Laufen; S2: Sommer - Suche; W1: Winter - Laufen; W2: Winter - Suche). Belastungswerte sind grau hinterlegt.

		T 0 - Ruhewerte					T 3 - Belastungswerte					T 6 - Erholungswerte				
		M	SD	Min	Max	N	M	SD	Min	Max	N	M	SD	Min	Max	N
<b>Hkt (%)</b>	<b>S 1</b>	<b>52,04</b>	3,05	45,6	56,8	18	<b>52,09</b>	2,69	46,5	58,2	20	<b>52,12</b>	4,02	46,8	60,6	22
	<b>S 2</b>	<b>51,89</b>	2,41	45,0	55,0	22	<b>52,39</b>	2,94	47,4	56,8	22	<b>51,12</b>	2,73	46,2	55,6	22
	<b>W 1</b>	<b>51,12</b>	3,95	44,1	58,2	20	<b>51,45</b>	5,23	33,8	57,6	20	<b>51,47</b>	3,97	45,3	60,0	20
	<b>W 2</b>	<b>51,14</b>	2,45	45,3	55,9	19	<b>50,92</b>	3,16	43,8	56,2	20	<b>50,45</b>	3,12	44,1	56,2	19
<b>Hb (mmol/l)</b>	<b>S 1</b>	<b>10,98</b>	0,64	9,6	12,0	18	<b>11,00</b>	0,57	9,8	12,3	20	<b>11,00</b>	0,85	9,9	12,8	22
	<b>S 2</b>	<b>10,95</b>	0,51	9,5	11,6	22	<b>11,06</b>	0,62	10,0	12,0	22	<b>10,79</b>	0,58	9,7	11,7	22
	<b>W 1</b>	<b>10,79</b>	0,84	9,3	12,3	20	<b>10,86</b>	1,10	7,1	12,2	20	<b>10,86</b>	0,84	9,6	12,7	20
	<b>W 2</b>	<b>10,79</b>	0,52	9,6	11,8	19	<b>10,75</b>	0,67	9,2	11,9	20	<b>10,65</b>	0,66	9,3	11,9	19
<b>TP (g/l)</b>	<b>S 1</b>	<b>71,23</b>	4,39	65,0	84,0	22	<b>70,91</b>	4,70	63,0	78,0	22	<b>71,50</b>	4,45	63,0	79,0	22
	<b>S 2</b>	<b>68,68</b>	6,07	49,0	80,0	22	<b>69,00</b>	3,46	63,0	76,0	22	<b>69,23</b>	3,79	62,0	76,0	22
	<b>W 1</b>	<b>68,90</b>	4,62	60,0	76,0	20	<b>68,95</b>	3,10	64,0	76,0	20	<b>71,05</b>	3,99	64,0	78,0	19
	<b>W 2</b>	<b>70,05</b>	4,03	63,0	78,0	20	<b>69,85</b>	4,69	63,0	82,0	20	<b>70,37</b>	3,42	64,0	76,0	19
<b>Alb (g/l)</b>	<b>S 1</b>	<b>38,41</b>	2,59	34,0	43,0	22	<b>37,36</b>	3,57	30,0	44,0	22	<b>37,86</b>	4,05	31,0	47,0	22
	<b>S 2</b>	<b>37,50</b>	4,31	25,0	44,0	22	<b>38,27</b>	3,21	31,0	44,0	22	<b>38,64</b>	2,66	33,0	43,0	22
	<b>W 1</b>	<b>36,90</b>	3,85	30,0	44,0	20	<b>38,35</b>	3,30	32,0	43,0	20	<b>38,25</b>	3,80	28,0	44,0	20
	<b>W 2</b>	<b>38,55</b>	3,69	30,0	44,0	20	<b>38,00</b>	3,55	29,0	42,0	20	<b>37,68</b>	2,91	33,0	42,0	19
<b>Glob (g/l)</b>	<b>S 1</b>	<b>33,23</b>	6,55	24,0	54,0	22	<b>33,55</b>	6,24	24,0	46,0	22	<b>34,45</b>	4,82	26,0	43,0	22
	<b>S 2</b>	<b>31,14</b>	5,27	19,0	42,0	22	<b>30,68</b>	4,42	21,0	38,0	22	<b>30,73</b>	4,32	21,0	40,0	22
	<b>W 1</b>	<b>32,15</b>	6,03	24,0	44,0	20	<b>30,50</b>	3,43	23,0	37,0	20	<b>32,89</b>	6,08	23,0	50,0	19
	<b>W 2</b>	<b>31,45</b>	5,08	22,0	45,0	20	<b>31,90</b>	6,17	22,0	52,0	20	<b>32,74</b>	4,78	25,0	42,0	19

**Tabelle 21:** Mittelwerte (M), Standardabweichungen (SD), Minima (Min), Maxima (Max) der Leberparameter und der Glukosekonzentration, sowie Anzahl der untersuchten Hunde (N) zu den 3 Probenzeitpunkten (T0: Ruhe; T3: nach den zweiten 20 min Belastung; T6: nach 120 min Erholung) bei den 4 Belastungsformen (S1: Sommer - Laufen; S2; Sommer - Suche; W1: Winter - Laufen; W2: Winter - Suche). Belastungswerte sind grau hinterlegt.

		T 0 - Ruhewerte					T 3 - Belastungswerte					T 6 - Erholungswerte				
		M	SD	Min	Max	N	M	SD	Min	Max	N	M	SD	Min	Max	N
ALT (IU/l)	S 1	<b>35,00</b>	7,76	22,0	52,0	22	<b>34,82</b>	7,58	20,0	51,0	22	<b>35,86</b>	7,47	22,0	51,0	22
	S 2	<b>36,82</b>	12,88	22,0	83,0	22	<b>37,45</b>	12,46	22,0	81,0	22	<b>38,50</b>	11,31	23,0	76,0	22
	W 1	<b>38,15</b>	14,79	19,0	75,0	20	<b>44,10</b>	17,58	21,0	83,0	20	<b>44,05</b>	18,55	22,0	88,0	20
	W 2	<b>41,75</b>	15,24	22,0	75,0	20	<b>42,40</b>	15,45	24,0	81,0	20	<b>42,89</b>	15,49	22,0	80,0	19
AP (IU/l)	S 1	<b>32,45</b>	14,57	4,0	60,0	22	<b>32,23</b>	16,26	11,0	72,0	22	<b>33,91</b>	14,38	11,0	75,0	22
	S 2	<b>38,82</b>	19,52	16,0	97,0	22	<b>38,45</b>	19,19	15,0	95,0	22	<b>36,73</b>	21,54	16,0	102,0	22
	W 1	<b>36,05</b>	14,77	4,0	64,0	20	<b>40,00</b>	18,08	17,0	80,0	20	<b>37,75</b>	17,1	11,0	78,0	20
	W 2	<b>38,25</b>	17,34	14,0	82,0	20	<b>37,40</b>	19,45	10,0	86,0	20	<b>35,84</b>	16,74	16,0	81,0	19
Chol (mmol/l)	S 1	<b>6,04</b>	1,52	3,8	11,1	22	<b>5,98</b>	1,58	3,9	11,2	22	<b>6,04</b>	1,56	4,1	11,7	22
	S 2	<b>5,88</b>	1,55	3,2	10,5	22	<b>5,80</b>	1,44	3,3	9,9	22	<b>5,73</b>	1,45	3,4	10,1	22
	W 1	<b>5,95</b>	1,30	3,2	7,7	20	<b>5,76</b>	1,24	3,6	8,0	20	<b>5,93</b>	1,26	3,6	7,8	20
	W 2	<b>5,88</b>	1,33	3,4	8,0	20	<b>5,67</b>	1,26	3,2	7,7	20	<b>5,86</b>	1,27	3,7	8,0	19
TBIL (µmol/l)	S 1	<b>6,69</b>	2,23	1,7	10,3	22	<b>6,45</b>	2,41	1,7	8,6	22	<b>6,61</b>	2,38	1,7	10,3	22
	S 2	<b>4,51</b>	2,82	0,0	8,6	22	<b>4,51</b>	3,06	0,0	8,6	22	<b>4,98</b>	2,89	0,0	8,6	22
	W 1	<b>7,27</b>	0,76	6,8	8,6	20	<b>7,35</b>	0,98	6,8	10,3	20	<b>7,27</b>	0,76	6,8	8,6	20
	W 2	<b>7,61</b>	0,87	6,8	8,6	20	<b>7,70</b>	1,04	6,8	10,3	20	<b>7,20</b>	1,35	3,4	8,6	19
Glu (mmol/l)	S 1	<b>5,69</b>	0,37	5,1	6,4	22	<b>5,70</b>	0,36	4,8	6,7	22	<b>5,53</b>	0,26	5,1	6,3	22
	S 2	<b>5,44</b>	0,47	3,9	6,3	22	<b>5,81</b>	0,43	4,7	6,5	22	<b>5,55</b>	0,35	5,1	6,2	22
	W 1	<b>5,50</b>	0,32	4,9	6,1	20	<b>5,41</b>	0,43	4,8	6,0	20	<b>5,51</b>	0,33	4,9	6,1	20
	W 2	<b>5,51</b>	0,37	4,9	6,1	20	<b>5,46</b>	0,45	4,6	6,3	20	<b>5,52</b>	0,38	4,8	6,4	19

**Tabelle 22:** Mittelwerte (M), Standardabweichungen (SD), Minima (Min), Maxima (Max) der Nieren- und Muskelparameter, sowie Anzahl der untersuchten Hunde (N) zu den 3 Probenzeitpunkten (T0: Ruhe; T3: nach den zweiten 20 min Belastung; T6: nach 120 min Erholung) bei den 4 Belastungsformen (S1: Sommer - Laufen; S2; Sommer - Suche; W1: Winter - Laufen; W2: Winter - Suche). Belastungswerte sind grau hinterlegt.

		T 0 - Ruhewerte					T 3 - Belastungswerte					T 6 - Erholungswerte				
		M	SD	Min	Max	N	M	SD	Min	Max	N	M	SD	Min	Max	N
<b>BUN</b> (mmol/l)	<b>S 1</b>	<b>6,22</b>	1,37	3,9	8,9	22	<b>6,12</b>	1,29	4,3	8,9	22	<b>5,92</b>	1,39	3,9	9,6	22
	<b>S 2</b>	<b>6,35</b>	1,66	3,2	10,0	22	<b>6,41</b>	1,59	3,9	9,6	22	<b>6,20</b>	1,55	4,3	9,6	22
	<b>W 1</b>	<b>6,53</b>	2,04	3,2	9,6	20	<b>6,36</b>	1,92	3,2	10,0	20	<b>6,14</b>	1,87	3,2	10,0	20
	<b>W 2</b>	<b>6,36</b>	1,71	3,2	10,3	20	<b>6,37</b>	1,73	3,6	10,3	20	<b>6,07</b>	1,58	3,6	9,6	19
<b>Krea</b> (µmol/l)	<b>S 1</b>	<b>87,52</b>	16,51	61,9	123,8	21	<b>90,79</b>	16,86	61,9	114,9	22	<b>89,20</b>	12,17	70,7	114,9	22
	<b>S 2</b>	<b>90,44</b>	18,29	53,0	114,9	22	<b>95,65</b>	26,54	61,9	176,8	22	<b>89,20</b>	16,35	53,0	123,8	22
	<b>W 1</b>	<b>88,40</b>	22,40	53,0	141,4	20	<b>87,96</b>	24,92	53,0	141,4	20	<b>88,40</b>	16,73	61,9	123,8	20
	<b>W 2</b>	<b>82,66</b>	15,25	61,9	114,9	20	<b>87,96</b>	17,56	53,0	123,8	20	<b>85,13</b>	14,50	61,9	106,1	19
<b>CK</b> (IU/l)	<b>S 1</b>	<b>51,61</b>	14,25	20,6	87,5	22	<b>78,44</b>	84,45	24,4	445,0	22	<b>87,00</b>	75,29	25,7	407,0	22
	<b>S 2</b>	<b>45,44</b>	15,85	13,5	80,1	21	<b>66,06</b>	35,06	14,3	187,0	21	<b>73,02</b>	41,42	16,8	218,0	21
	<b>W 1</b>	<b>54,62</b>	14,16	34,4	94,2	20	<b>65,22</b>	28,28	30,1	140,0	20	<b>85,75</b>	65,89	42,5	343,0	20
	<b>W 2</b>	<b>63,94</b>	44,36	34,8	236,0	20	<b>96,70</b>	88,53	38,7	374,0	20	<b>105,44</b>	99,64	36,6	394,0	19
<b>Lak</b> (mmol/l)	<b>S 1</b>	<b>2,13</b>	1,14	1,1	6,8	21	<b>1,80</b>	0,58	1,1	3,3	22	<b>1,62</b>	0,52	0,9	3,0	22
	<b>S 2</b>	<b>1,96</b>	0,63	0,9	3,5	22	<b>1,80</b>	0,64	0,8	3,3	22	<b>1,65</b>	0,45	0,9	2,5	22
	<b>W 1</b>	<b>1,80</b>	0,36	1,1	2,7	20	<b>2,03</b>	0,69	0,9	3,2	20	<b>1,70</b>	0,24	1,1	2,2	20
	<b>W 2</b>	<b>1,85</b>	0,55	1,0	2,7	19	<b>1,98</b>	0,49	1,2	2,8	19	<b>1,97</b>	0,60	1,0	3,3	20

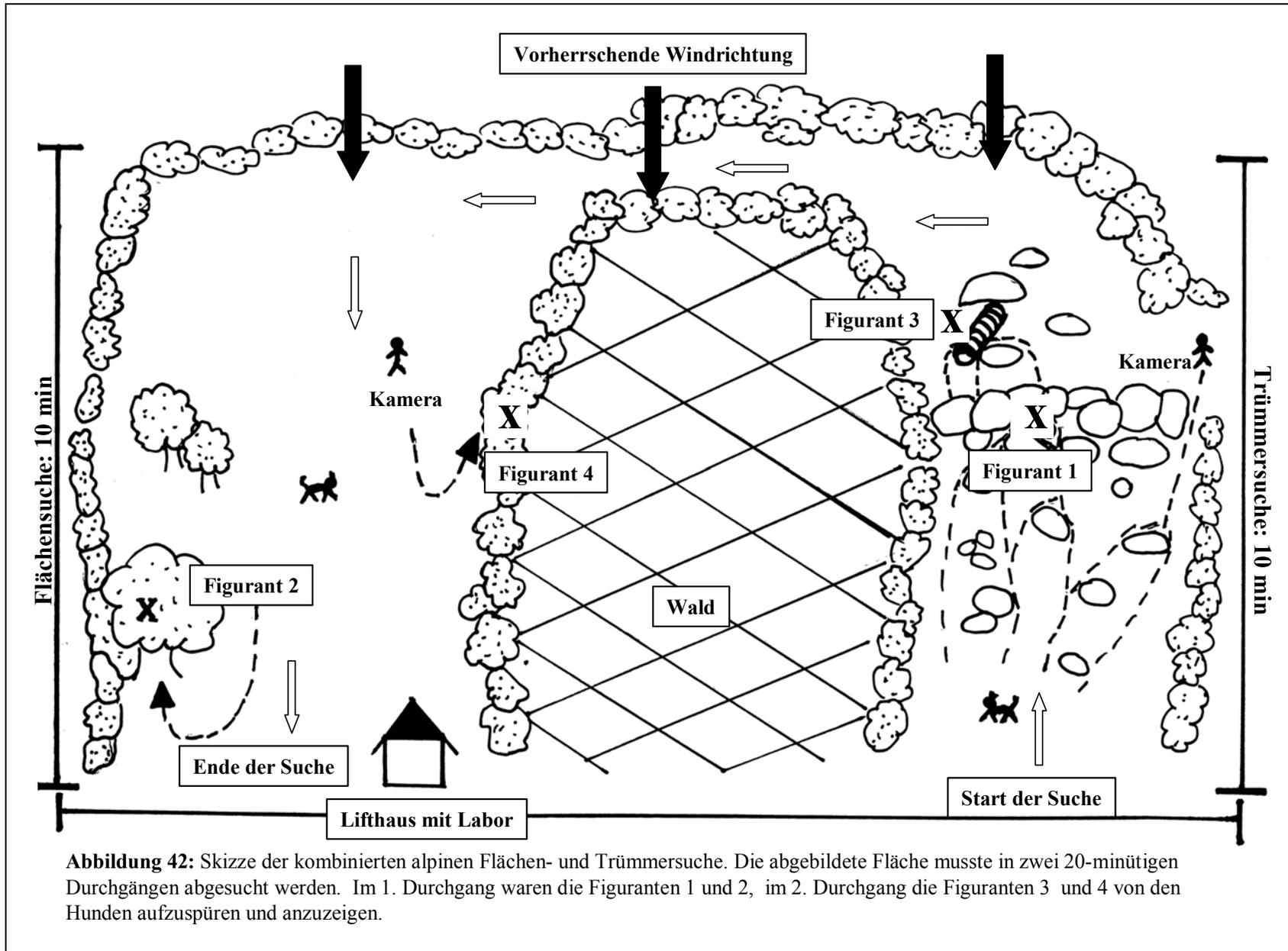
**Tabelle 23:** Mittelwerte (M), Standardabweichungen (SD), Minima (Min), Maxima (Max) der Blutgasparameter, sowie Anzahl der untersuchten Hunde (N) zu den 3 Probenzeitpunkten (T0: Ruhe; T3: nach den zweiten 20 min Belastung; T6: nach 120 min Erholung) bei den 4 Belastungsformen (S1: Sommer - Laufen; S2; Sommer - Suche; W1: Winter - Laufen; W2: Winter - Suche). Belastungswerte sind grau hinterlegt.

		T 0 - Ruhewerte					T 3 - Belastungswerte					T 6 - Erholungswerte				
		M	SD	Min	Max	N	M	SD	Min	Max	N	M	SD	Min	Max	N
pH	S 1	7,37	0,03	7,32	7,41	22	7,43	0,04	7,38	7,54	22	7,38	0,02	7,34	7,42	22
	S 2	7,37	0,02	7,33	7,41	22	7,43	0,03	7,37	7,48	22	7,37	0,02	7,33	7,41	22
	W 1	7,38	0,02	7,34	7,42	20	7,40	0,02	7,33	7,43	20	7,38	0,03	7,33	7,44	20
	W 2	7,37	0,02	7,33	7,41	20	7,40	0,02	7,36	7,44	20	7,38	0,02	7,35	7,44	19
pCO <sub>2</sub> (mm Hg)	S 1	36,79	5,01	21,3	45,5	22	30,03	6,00	17,3	43,6	22	35,48	3,23	30,7	41,9	22
	S 2	39,07	3,62	30,0	48,9	22	30,49	3,17	24,7	37,0	22	36,52	3,30	30,7	43,6	22
	W 1	34,37	3,40	26,8	39,9	20	31,16	3,89	25,3	41,0	20	34,23	4,28	27,9	44,5	20
	W 2	34,42	5,92	15,7	41,8	20	30,77	3,08	26,0	36,9	20	32,55	3,29	26,3	39,3	19
pO <sub>2</sub> (mm Hg)	S 1	44,83	11,14	27,9	63,0	22	57,55	8,82	37,6	73,3	22	47,00	10,41	29,5	66,8	22
	S 2	39,97	9,63	24,0	68,7	22	52,26	11,25	34,3	70,5	22	43,63	10,78	27,3	74,5	22
	W 1	42,67	10,74	21,4	63,6	20	47,76	11,26	26,8	72,8	20	38,36	13,50	17,6	77,9	20
	W 2	40,78	17,83	20,6	107,9	20	40,40	5,98	30,3	50,7	20	37,13	6,80	20,4	48,1	19
HCO <sub>3</sub> (mmol/l)	S 1	21,38	2,47	13,1	24,4	22	19,55	2,67	14,7	27,0	22	20,76	1,58	18,8	24,1	22
	S 2	22,74	1,66	19,1	25,5	22	20,00	1,66	17,7	23,3	22	21,00	1,34	18,6	24,6	22
	W 1	20,47	2,04	17,0	24,2	20	19,15	1,86	15,9	21,8	20	20,05	1,69	17,5	23,4	20
	W 2	19,97	3,26	8,4	25,0	20	18,82	1,42	16,5	21,5	20	19,36	1,94	15,4	22,7	19
BE (mmol/l)	S 1	-2,74	1,94	-8,8	0,5	22	-2,59	1,63	-5,4	2,4	22	-2,93	1,68	-5,0	2,1	22
	S 2	-1,69	1,35	-4,3	0,8	22	-2,24	1,43	-5,2	0,1	22	-3,00	1,18	-5,1	-0,3	22
	W 1	-3,10	1,82	-6,1	0,4	20	-3,70	1,40	-6,9	-1,7	20	-3,60	1,43	-6,0	-1,1	20
	W 2	-3,87	2,71	-14,1	0,5	20	-4,00	1,17	-5,9	-2,3	20	-4,02	1,73	-7,3	-1,2	19

**Tabelle 24:** Speichelkortisol-Konzentration (nmol/l) in Ruhe, nach Belastung, sowie in der Pausen- und Erholungszeit bei den 4 Belastungsformen zu den 7 Probenzeitpunkten. Angegeben sind Mittelwerte (M), Standardabweichungen (SD), Minima (Min) und Maxima (Max), sowie die Anzahl der untersuchten Hunde (N) (Probenzeitpunkt: T0: Ruhe; T1: nach den ersten 20 min Belastung, T2: nach 20 min Pause; T3: nach den zweiten 20 min Belastung; T4: nach 30 min Erholung; T5: nach 60 min Erholung; T6: nach 120 min Erholung). Belastungswerte sind grau hinterlegt.

Kortisol-Konz. (nmol/l)	Sommer - Laufen					Sommer - Suche				
	M	SD	Min	Max	N	M	SD	Min	Max	N
T 0	2,16	1,22	0,91	5,67	22	1,48	0,63	0,52	3,15	21
T 1	5,25	4,19	1,36	18,40	22	2,07	1,23	0,39	4,81	21
T 2	3,29	3,12	0,49	12,99	22	3,06	3,17	0,87	14,67	22
T 3	3,59	3,44	0,32	17,18	21	2,37	2,12	0,63	7,54	21
T 4	3,93	2,58	0,44	12,87	20	2,69	2,80	0,41	12,41	19
T 5	4,26	2,68	1,63	12,99	22	2,50	1,24	0,89	5,56	20
T 6	3,34	1,68	0,93	7,38	22	2,55	0,98	1,31	5,24	22

Kortisol-Konz. (nmol/l)	Winter - Laufen					Winter - Suche				
	M	SD	Min	Max	N	M	SD	Min	Max	N
T 0	2,28	2,84	0,30	12,89	17	1,75	0,94	0,38	4,10	16
T 1	2,26	2,09	0,44	8,90	20	2,64	2,66	0,58	11,85	19
T 2	2,23	1,41	0,96	6,70	19	2,92	2,21	0,75	10,05	19
T 3	1,82	1,00	0,51	3,52	19	1,62	0,81	0,14	3,17	18
T 4	2,62	1,42	0,83	5,51	17	2,36	0,82	1,03	3,68	16
T 5	2,96	1,78	1,26	7,94	19	3,44	2,01	1,06	9,67	16
T 6	2,22	0,91	1,09	4,75	20	3,00	2,43	0,67	11,11	19



**Abbildung 42:** Skizze der kombinierten alpinen Flächen- und Trümmersuche. Die abgebildete Fläche musste in zwei 20-minütigen Durchgängen abgesucht werden. Im 1. Durchgang waren die Figuranten 1 und 2, im 2. Durchgang die Figuranten 3 und 4 von den Hunden aufzuspüren und anzuzeigen.

## Danksagungen

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die zum Gelingen dieser Dissertation beigetragen haben. Ohne das persönliche Engagement und Interesse aller Beteiligten wäre dieses Projekt nicht möglich gewesen.

Herrn Prof. Dr. M. Erhard aus dem Institut für Tierschutz, Verhaltenskunde und Tierhygiene der LMU-München gilt mein aufrichtiger Dank für die Überlassung des Themas, sowie seine stete Unterstützung der Arbeit.

Frau Dr. Michaela Schneider möchte ich danken für die Unterstützung bei der Planung und Durchführung der Versuche, sowie bei der Erstellung und Korrektur der Dissertation.

Ein Großer Dank sei der „Ernst Wippenbeck-Stiftung zur Förderung der Ausbildung von Alpin- und Rettungshunden“ ausgesprochen, die den Hauptteil der Kosten für das Projekt übernahm.

Den Institutsmitarbeitern Dr. Elke Heyn, Dr. Frank Ahrens, Jane Englmeier, Chris Strobel und Herrman Kuchler sei für ihren persönlichen Einsatz bei den Versuchen unter teilweise extremen Bedingungen, sowie ihre Hilfsbereitschaft bei der Lösung aller kleinen und großen Probleme (Computer, Statistik, Korrektur) gedankt. Außerdem bedanke ich mich bei den Praktikanten und Doktoranden Christine Wust und Silke Pauly, die als Figuranten fungierten. Nicole Bucher und IBL-Hamburg sei Dank für die fachkundige Hilfe bei Auswertung der Speichelproben mit dem LIA.

Ein weiterer Dank geht an die Bayerische Zugspitzbahn, welche die Auffahrten zur Zugspitze für das gesamte Team, inklusive der eigenen Hunde und umfangreichem Gepäck, finanzierte und allen Angestellten, Dank deren unkomplizierter Hilfe wir stets optimal präparierte Schneefelder für die Lawinensuche zur Verfügung hatten.

Die Umweltforschungsstation-Schneefernerhaus ermöglichte uns nach den anstrengenden Tagen die Unterkunft in einer komfortablen Herberge mit wunderschöner Aussicht auf das Zugspitzplatt. Vielen Dank dafür!

Außerdem möchte ich Herrn Prof. Dr. Dr. K. Osterkorn und besonders Herrn J. Stanglmeier für seine Geduld danken, das umfangreiche Datenmaterial statistisch auszuwerten.

Herzlich bedanken möchte ich mich bei den vierbeinigen und zweibeinigen Mitgliedern der Lawinhundestaffel der Bergwacht Bayern, Abschnitt Hochland und Allgäu, die an den Versuchs-Wochenenden ihre Freizeit opferten. Ich danke daher „AICO I“ mit R. Liebl, „AICO II“ mit F. Schreiber, „DRIGON“ mit W. Strunz, „DROLL“ mit T. Heinfling, „GORDI“ mit T. Dichtl, „HEX“ mit F.-J. Meyer, „JAKE“ mit M. Dick, „JEFF“ mit H.-P. Gallenberger, „JIMMY“ mit W. Schwarzfischer, „JOE“ mit G. Mauermeier, „KIRA“ mit T. Henning, „LAIKA“ mit H. Schmid, „LAIKA“ mit F. Wagner, „LAUSER“ mit R. Frasch, „MICKY“ mit J. Mehlhart, „OSKAR“ mit R. Wuttig, „RONKO“ mit A. Floth, „SHILA“ mit W. Tkatschuk, „WOLFI“ mit G. Lichtenwald, „XANDO“ mit G. Händle, „XENO“ mit S. Bonleitner, „ZARI“ mit W. Rucker. Rolf sei ein besonderer Dank an sein Organisationstalent und seine Hilfsbereitschaft ausgesprochen.

Der Gemeinde Farchant sei Dank für die Bereitstellung des Lifthäuschen und der Fläche im Sommer.

Mein allerherzlichster Dank geht an meine Familie, die mich während meines Studiums und der Dissertation finanziell und mental unterstützte, und mir ermöglichte, mich beruflich nach meinen Wünschen zu entwickeln. Meinem Bruder Hans-Christian möchte ich für die Korrekturarbeiten danken. Außerdem möchte ich allen Freunden danken, die immer ein offenes Ohr für mich hatten.

## Lebenslauf

Name: Frauke Köhler  
Geburtsdatum: 4.10.1974  
Geburtsort: Hanau  
Eltern: Dr. med. W. Köhler  
Julika Köhler, geb. Würth  
Familienstand: ledig

### Schulbildung:

09.1981-07.1985 Hans-Memling Grundschule in Seligenstadt  
09.1985-07.1994 Einhardgesamtschule in Seligenstadt  
Abschluss: Allgemeine Hochschulreife

### Hochschulbildung:

10.1994-07.2000 Studium der Veterinärmedizin an der Justus-Liebig Universität,  
Gießen; Abschluss: Staatsexamen  
08.2000 Approbation als Tierärztin  
10.2000 Beginn der Dissertation an der Ludwig-Maximilians Universität,  
München

### Berufstätigkeit:

02.11.01-15.07.02 Gemischtpraxis Dr. Viehmann, Schrozberg  
01.12.02-01.03.03 Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Tierschutz,  
Verhaltenskunde und Tierhygiene der LMU-München  
seitdem gelegentliche Vertretung in diversen Praxen und Kliniken