

**Einfluss der Höhenlage und Geländebeschaffenheit
auf die leistungsphysiologischen Parameter
von alpinen Rettungshunden**

Christine Wust

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

**Einfluss der Höhenlage und Geländebeschaffenheit
auf die leistungsphysiologischen Parameter
von alpinen Rettungshunden**

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

von
Christine Wust
aus Gunzenhausen

München 2006

Gedruckt mit der Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät der

Ludwig-Maximilians-Universität München

Dekan: Univ.-Prof. Dr. E. P. Märtlbauer

Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. M. Erhard

Korreferent: Priv.-Doz. Dr. J. Maierl

Tag der Promotion: 10. Februar 2006

In Erinnerung an meinen treuen Freund „Yeti“

**Hunde haben alle guten Eigenschaften des Menschen,
ohne gleichzeitig ihre Fehler zu besitzen.**

Friedrich II. der Große

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
2	Literatur	2
2.1	Herzfrequenz	2
2.1.1	Physiologische Grundlagen.....	2
2.1.2	Einflussfaktoren auf die Herzfrequenz.....	2
2.1.2.1	Herzfrequenz in Ruhe.....	2
2.1.2.2	Herzfrequenz unter psychischer Belastung	3
2.1.2.3	Einfluss der Aktivität auf die Herzfrequenz.....	4
2.1.2.4	Einfluss von Erholung auf die Herzfrequenz	6
2.1.2.5	Einfluss der Höhenlage auf die Herzfrequenz.....	8
2.2	Bewegungsaktivität	10
2.2.1	Physiologische Grundlagen.....	10
2.2.2	Methoden zur Messung von Aktivität.....	10
2.2.3	Einflussfaktoren auf die Bewegungsaktivität.....	11
2.2.3.1	Körperliche Leistungsfähigkeit von Hunden	11
2.2.3.2	Einfluss der Höhenlage auf die Aktivität	11
2.2.3.3	Einfluss der Geländebeschaffenheit und Belastungsdauer auf die Aktivität	12
2.2.3.4	Einfluss des Alters auf die Aktivität	13
2.2.3.5	Einfluss der Körpertemperatur auf die Aktivität.....	13
2.3	Rektale Körpertemperatur	14
2.3.1	Physiologische Grundlagen.....	14
2.3.2	Einflussfaktoren auf die Körpertemperatur.....	15
2.3.2.1	Einfluss der Aktivität auf die Körpertemperatur.....	15
2.3.2.2	Einfluss der Pausen- und Erholungszeit.....	16
2.3.2.3	Einfluss des Alters auf die Körpertemperatur	19
2.3.2.4	Einflussfaktor Geschlecht	19
2.3.2.5	Einfluss der Steigung des Geländes auf die Körpertemperatur.....	19
2.3.2.6	Einfluss der Fellbeschaffenheit auf die Körpertemperatur	19
2.3.2.7	Körpertemperatur in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur.....	20
2.4	Speichelkortisol.....	21

2.4.1	Physiologische Grundlagen.....	21
2.4.2	Kortisol im Speichel.....	21
2.4.3	Einflussfaktoren auf Kortisol	22
2.4.3.1	Circadianer Rhythmus.....	22
2.4.3.2	Einfluss der Aktivität auf die Kortisolkonzentration	24
2.4.3.3	Einfluss von psychischen Stress auf die Kortisolkonzentration.....	24
2.4.3.4	Einfluss des Alters auf die Kortisolkonzentration.....	24
2.4.3.5	Einflussfaktor Geschlecht	25
2.4.3.6	Klimaeinfluss	25
3	Tiere, Material und Methode.	26
3.1	Hunde	26
3.2	Versuchsaufbau und Versuchsablauf	27
3.2.1	Allgemein	27
3.2.2	Alpine Trümmersuche.....	28
3.2.3	Alpine Flächensuche im dichten Bewuchs.....	29
3.3	Erfassung von Klimafaktoren.....	29
3.4	Erfassung der Parameter und Probenanalyse	29
3.4.1	Herzfrequenz	30
3.4.2	Aktivität.....	31
3.4.3	Rektale Körpertemperatur	31
3.4.4	Endokrine Parameter	32
3.5	Statistische Methode	34
4	Ergebnisse.....	35
4.1	Herzfrequenz	35
4.1.1	Verlauf der Herzfrequenz.....	35
4.1.2	Einfluss des Alters auf die Herzfrequenz	43
4.1.3	Einfluss des Körpergewichtes auf die Herzfrequenz	44
4.1.4	Einfluss der Körpertemperatur auf die Herzfrequenz	45
4.1.5	Einfluss der Fellbeschaffenheit auf die Herzfrequenz	45
4.1.6	Einfluss des Geschlechtes auf die Herzfrequenz.....	45
4.1.7	Einfluss der Klimafaktoren Umgebungstemperatur und Luftfeuchtigkeit..... auf die Herzfrequenz	46
4.2	Aktivität.....	46

4.2.1	Verlauf der Aktivität	46
4.2.2	Einfluss des Alters auf die Aktivität	55
4.2.3	Einfluss des Körpergewichtes auf die Aktivität.....	56
4.2.4	Einfluss der Körpertemperatur auf die Aktivität.....	56
4.2.5	Einfluss der Fellbeschaffenheit auf die Aktivität.....	57
4.2.6	Einfluss des Geschlechts auf die Aktivität.....	57
4.2.7	Einfluss der Klimafaktoren Umgebungstemperatur und Luftfeuchtigkeit..... auf die Aktivität.....	57
4.3	Körpertemperatur	58
4.3.1	Verlauf der Körpertemperatur.....	58
4.3.2	Einfluss der Aktivität auf die Körpertemperatur.....	62
4.3.3	Einfluss der Herzfrequenz auf die Körpertemperatur	63
4.3.4	Einfluss des Alters auf die Körpertemperatur	63
4.3.5	Einfluss des Körpergewichtes auf die Körpertemperatur	63
4.3.6	Einfluss der Fellbeschaffenheit auf die Körpertemperatur	63
4.3.7	Einfluss des Geschlechtes auf die Körpertemperatur.....	64
4.3.8	Einfluss der Klimafaktoren Umgebungstemperatur und Luftfeuchtigkeit..... auf die Körpertemperatur	65
4.4	Endokrine Parameter	65
4.4.1	Qualitätskontrolle des Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA).....	65
4.4.2	Verlauf der Speichelkortisol-Konzentration	65
4.4.3	Einfluss der Aktivität auf die Speichelkortisol-Konzentration	69
4.4.4	Einfluss der Herzfrequenz auf die Speichelkortisol-Konzentration.....	69
4.4.5	Einfluss des Alters auf die Speichelkortisol-Konzentration	70
4.4.6	Einfluss des Körpergewichtes auf die Speichelkortisol-Konzentration.....	71
4.4.7	Einfluss der Körpertemperatur auf die Speichelkortisol-Konzentration	71
4.4.8	Einfluss des Geschlechtes auf die Speichelkortisol-Konzentration	71
4.4.9	Einfluss der Klimafaktoren Umgebungstemperatur und Luftfeuchtigkeit..... auf die Speichelkortisol-Konzentration	72
4.5	Klimafaktoren.....	73
4.5.1	Außentemperatur	73
4.5.2	Luftfeuchtigkeit.....	74
5	Diskussion.....	75
5.1	Diskussion der Methoden.....	75

5.1.1	Versuchsaufbau	75
5.1.2	Methoden.....	75
5.2	Diskussion der Ergebnisse	79
5.2.1	Veränderungen der Parameter innerhalb des Versuchsablaufes	79
5.2.2	Einfluss der Höhenlage auf die Belastung von alpinen Rettungshunden.....	84
5.2.3	Einfluss der Geländebeschaffenheit auf die Belastung von alpinen..... Rettungshunden	86
5.2.4	Weitere Einflussfaktoren auf die Belastung von alpinen Rettungshunden	88
5.2.4.1	Einfluss des Alters.....	88
5.2.4.2	Körpergewichtseinfluss	90
5.2.4.3	Einfluss der Körpertemperatur	90
5.2.4.4	Einfluss der Fellbeschaffenheit	91
5.2.4.5	Geschlechtsunterschied in der Belastung	92
5.2.4.6	Einfluss der Klimafaktoren	93
5.2.5	Schlussfolgerung	95
6	Zusammenfassung	99
7	Summary	102
8	Literaturverzeichnis	105
9	Tabellarischer Anhang.....	113

Abkürzungsverzeichnis

bpm	beats per minute = Schläge pro Minute
bzw.	beziehungsweise
°C	Grad Celsius
ca.	circa
CBG	Kortikosteroidbindendes Globulin
ELISA	Enzyme-Linked Immunosorbent Assay
Fa.	Firma
h	Stunde
HPA	Hypothalamus-Hypophysen- Nebennierenrinden-Achse
km	Kilometer
km/h	Kilometer pro Stunde
M	Mittelwert
Max	Maximum
mG	milli G (G = Erdbeschleunigung)
Min	Minimum
min	Minute
mph	miles per hour = Meilen pro Stunde
N	Anzahl der Hunde
nmol/l	Kortisolkonzentration
p	Irrtumswahrscheinlichkeit
RIA	Radioimmunoassay
SD	Standardabweichung
sec	Sekunde
u.a.	unter anderem
sog.	sogenannt

1 Einleitung

Rettungshunde genießen in unserer Gesellschaft einen hohen Stellenwert und begeistern Menschen durch ihre Arbeit. Der wohl bekannteste Rettungshund war ein Bernhardiner namens „Barry“, der Anfang des 19. Jahrhunderts als Lawinenhund am St. Bernhard Menschen das Leben rettete. Das Einsatzgebiet des alpinen Rettungshundes heutzutage ist jedoch vielseitiger. Nur ein Bruchteil der Einsätze von alpinen Rettungshunden findet heute noch bei Lawinenabgängen statt. Rettungshunde in den Bergen kommen zum Einsatz auf der Suche nach vermissten Wanderern, Suizidgefährdeten, verwirrten und verirrt Personen oder im Ausland nach Erdbeben bei der Suche nach verschütteten Personen.

Grundlagen über die Belastung von alpinen Rettungshunden während der Flächen- bzw. alpinen Trümmersuche im Sommer und der Lawinensuche im Winter wurden in der Studie von Köhler (2003) erforscht.

Aufbauend auf diesen Erkenntnissen sollten in der vorliegenden Studie die Auswirkungen von verschiedenen Höhenlagen und von unterschiedlichen Geländestrukturen auf die Belastung von Rettungshunden ermittelt werden. Um die Abhängigkeit der Belastung von der Höhenlage zu ermitteln, wurden drei verschiedene Höhenlagen zwischen 500 m und 2700 m gewählt. Der Einfluss der Geländebeschaffenheit auf die Leistungsfähigkeit der Hunde wurde durch einen Vergleich der Trümmersuche mit einer Flächensuche im dichten Bewuchs auf den gewählten Höhenlagen untersucht.

Mit Hilfe der in diesem Umfang durchgeführten Studie sollten externe sowie interne Einflussfaktoren, wie z.B. einerseits Klimabedingungen, andererseits Alter, Gewicht, Geschlecht und Fellgruppe der Hunde, ermittelt werden. Aufbauend auf der Grundlagenforschung von Köhler (2003) in Kombination mit den in dieser Studie erzielten Ergebnissen sollte ein weiterer Schritt zur Optimierung des Trainings sowie des Einsatzes von Rettungshunden gemacht werden.

2 Literatur

2.1 Herzfrequenz

2.1.1 Physiologische Grundlagen

Die Ruheherzfrequenzen von Hunden liegen bei 70 bis 130 Schlägen pro Minute (bpm = beats per minutes) (Spörri, 1987). Bei Bedarf kann das Herz seine Pumpleistung durch Erhöhung der Schlagfrequenz und des Schlagvolumens erheblich steigern. Dadurch kann es seine Funktion sehr schnell an unterschiedliche körperliche Belastungen anpassen (Harmeyer, 2005). Eine Aktivierung des Sympathikus bewirkt eine Herzfrequenzerhöhung, eine Aktivierung des Parasympathikus eine Abnahme der Herzfrequenz (Doxey and Boswood, 2004).

2.1.2 Einflussfaktoren auf die Herzfrequenz

2.1.2.1 Herzfrequenz in Ruhe

In vielen wissenschaftlichen Untersuchungen wurde versucht die psychische und physische Belastung von Hunden mit Hilfe der Herzfrequenz zu bestimmen (Grignolo et al., 1982; Strasser et al., 1993; Vincent and Leahy, 1997; Matwichuk et al., 1999; Köhler, 2003). Um eine Aussage über das Ausmaß einer Belastung anhand der Herzfrequenz machen zu können, ist es notwendig, die physiologischen Ruhefrequenzen der jeweiligen Hunde zu erfassen.

Bei Hunden wird die Herzfrequenz in Ruhe von mehreren Faktoren beeinflusst. So liegt die Ruheherzfrequenz von Hunden großer Rassen bei 70 bis 100 bpm und damit deutlich niedriger als die von kleinen Rassen mit 100 bpm bis 130 bpm (Spörri, 1987) (siehe Tabelle 1).

Doxey und Boswood (2004) kommen in ihrer Studie zu dem Schluss, dass Rasseunterschiede in der Herzfrequenz wahrscheinlich sind, obwohl sie keine signifikanten Unterschiede in der Herzfrequenz von drei brachycephalen (Boxer, Bulldogge, Cavalier King Charles Spaniel) und drei nicht-brachycephalen Rassen (Deutscher Schäferhund, Labrador Retriever und Cockerspaniel) nachweisen konnten.

Bei der Abhängigkeit der Herzfrequenz vom Geschlecht beschreibt Spörri (1987), dass die weiblichen Individuen bei vielen Tierarten eine etwas höhere Herzfrequenz aufweisen als die männlichen. Für den Hund existieren keine wissenschaftlichen Studien, die diese Aussage belegen.

Die Ruheherzfrequenz wird auch von der Umgebung beeinflusst, in der sich das untersuchte Tier befindet. In der Studie von Köhler (2003) über alpine Rettungshunde ergaben sich Ruheherzfrequenzen von durchschnittlich 91 - 112 bpm, die sich aufgrund der Körpergröße, Rasse und Trainingszustandes der untersuchten Hunde im oberen Referenzbereich befinden (siehe Tabelle 3). Die relative Erhöhung der Werte wurde in der Studie damit begründet, dass die Untersuchungen nicht in gewohnter häuslicher Umgebung stattfanden. Ruheherzfrequenzen von $107,2 \pm 14,7$ bpm gab Strasser (1993) in seiner Untersuchung über die Belastung von Gebrauchshunden bei der Suchtgiftsuche an (siehe Tabelle 3). Von Sanders et al. (1977) wurden Ruheherzfrequenzen von 101 ± 6 bpm und von Grignolo et al. (1982) von 106 ± 4 bpm bei den untersuchten Mischlingshunden angegeben (siehe Tabelle 2).

Auch der Trainingszustand von Hunden beeinflusst die Ruheherzfrequenz. Mackintosh et al. (1983) sowie Wyatt und Mitchell (1974) unterschieden in ihren jeweiligen Studien die Ruheherzfrequenzen zwischen trainierten und untrainierten Hunden. In beiden Studien fielen die Ruheherzfrequenzen aufgrund des Trainings. Mackintosh et al. (1983) erhielten bei den untersuchten Hunden der Rasse Beagle vor einem fünfzigtägigem Laufbandtraining Ruhewerte von $117,0 \pm 12,9$ bpm und danach Werte von $95,0 \pm 9,8$ bpm. Die Untersuchung von Wyatt und Mitchell (1974) zeigte nach einem zwölfwöchigen, vergleichbaren Laufbandtraining einen signifikanten Ruheherzfrequenzabfall von 72 bpm auf 49 bpm (siehe Tabelle 2).

Tabelle 1: Literaturüberblick über den Tagesdurchschnitt von Herzfrequenzen beim Hund.

Tageszeit	Rasse	Herzfrequenz (bpm)	Autor
	kleine Rassen	100 - 130	Spörri, 1987
	große Rassen	70 - 100	
tagsüber	Beagle	$93 \pm 11 - 110 \pm 15$	Miyazaki et al., 2002
	Beagle	98 ± 14	Matsunaga et al., 2001
nachts	Beagle	86 ± 12	Miyazaki et al., 2002
	Beagle	76 ± 8	Matsunaga et al., 2001

2.1.2.2 Herzfrequenz unter psychischer Belastung

Psychisch gestresste Hunde haben signifikant ansteigende Herzfrequenzen (Gaebelein et al., 1977; Galosy et al., 1979). Der Herzfrequenzanstieg während einer psychischen Stress

auslösenden Situation ist laut Galosy et al. (1979) das Ergebnis der ansteigenden betasympathischen Aktivität auf das Herz und die adaptive Gefäßveränderung in der Peripherie. In der Untersuchung von Galosy et al. (1979) zeigte sich, dass Hunde, die psychischem Stress ausgesetzt waren, sowohl an den Testtagen als auch an den Ruhetagen eine signifikant höhere durchschnittliche Herzfrequenz über den Tag aufwiesen als die Kontrollgruppe.

Der Herzfrequenzanstieg aufgrund der Erwartung einer zu vermeidenden Situation zeigte sich auch in der Studie von Grignolo et al. (1982). Hier lagen die Herzfrequenzen vor der Stress auslösenden Situation bei 111 ± 4 bpm im Gegensatz zu den vor dem Experiment erhobenen niedrigeren Kontrollwerten mit 101 ± 5 bpm (Grignolo et al., 1982). Auch Vincent und Leahy (1997) versuchten, mit der Messung der Herzfrequenz ein objektives Kriterium für die Einschätzung von Stress zu finden. An Blindenführhunden wurde u.a. mittels kontinuierlicher Herzfrequenzmessung das psychische Wohlbefinden während des Trainings untersucht. In dieser Studie wurde zwischen ruhigen und nervösen Tieren unterschieden, wobei die Herzfrequenzen der ersten Gruppe niedriger als die der zweiten lagen (Herzfrequenz der ruhigen Tiere durchschnittlich 112,5 bpm, der nervösen Tiere durchschnittlich 143,3 bpm). Aus den Untersuchungen wurde deutlich, dass die Veränderung der Herzfrequenz mehr über die psychische Arbeitsbelastung bzw. die Einstellung zur Arbeit aussagt als die absoluten Werte, da die Herzfrequenz laut Vincent und Leahy (1997) sehr sensitiv auf emotionale externe Faktoren reagiert.

Ist jedoch eine zusätzliche physische Aktivität gegeben, überlagert diese den Einfluss von psychischem Stress in der Herzfrequenz. Dies stellte Stichnoth (2002) in ihrer Studie über Stresserscheinung beim praxisähnlichen Einsatz von elektrischen Erziehungshalsbändern fest. Diese Überlagerung war auch in der Studie von Köhler (2003) über die Belastung von alpinen Rettungshunden bei der Suche nachweisbar. Eine Herzfrequenzänderung aufgrund psychischer Belastung war nur in der Ruhe zu erkennen.

2.1.2.3 Einfluss der Aktivität auf die Herzfrequenz

Mit einer steigenden Aktivität ist ein Anstieg der Herzfrequenz verbunden (Miyazaki et al., 2002). Dabei steigt die Herzfrequenz innerhalb der ersten 20 – 60 Sekunden körperlicher Anstrengung (Smulyan et al., 1965).

In der Literatur werden unterschiedlichste Werte für die Herzfrequenz von Hunden bei körperlicher Belastung angegeben (siehe Tabelle 2 und 3).

Die maximal angegebene Herzfrequenz bei Hunden lag zwischen 275 ± 3 bpm und 313 ± 9 bpm, die in der Untersuchung dann erreicht wurde, als die Hunde nicht mehr in der Lage waren, ihre Arbeit zu leisten, bzw. bis zur völligen Erschöpfung gelaufen sind (Sanders et al., 1977; Wagner et al., 1977; Musch et al., 1985) (siehe Tabelle 2). Es ist offensichtlich, dass die maximale Herzfrequenz des Hundes signifikant höher als die des Menschen liegt (Sanders et al., 1977).

Ein wichtiger Einflussfaktor auf die Herzfrequenz unter physischer Belastung ist der Trainingszustand des Hundes. In der Untersuchung bei Hunden nach einem fünfzehntägigen Ausdauertraining sanken die Herzfrequenzen, die zwei Minuten nach Belastungsende gemessen wurden, von $148 \pm 16,0$ bpm vor dem Ausdauertraining auf $109 \pm 7,1$ bpm nach dem Training (Mackintosh et al., 1983). Ein zwölfwöchiges Laufbandtraining mit einer Geschwindigkeit von 6,1 mph (9,8 km/h) bewirkte einen signifikanten Abfall der Herzfrequenz unter physischer Belastung von 205 bpm auf 158 bpm. Im Verlauf dieser Studie zeigte sich, dass durch hartes Training eine erhebliche Optimierung der Herzfrequenz bereits in weniger als zwei Wochen erreicht werden konnte (Wyatt and Mitchell, 1974) (siehe Tabelle 2).

Bei der Untersuchung von Sanders et al. (1977) über die Herzkreislaufreaktion auf physischen Stress stellte man fest, dass die untersuchten Hunde in einer so genannten „steady - state“ - Arbeitsbelastung laufen, die 75 % der maximalen Herzfrequenz und somit durchschnittlich 235 ± 6 bpm betrug. Definiert ist diese „steady - state“ - Belastung durch eine mittlere Arbeitsleistung, die konstant über 5 - 8 Minuten bei 75 % der maximalen Herzfrequenz gehalten wird.

Auch bei Gebrauchshunden findet man unterschiedliche Herzfrequenzangaben (siehe Tabelle 3). Die untersuchten Rettungshunde in der Studie von Köhler (2003) hatten in vier verschiedenen Belastungsformen einen signifikanten Anstieg von der Ruheherzfrequenz auf die durchschnittlichen Belastungswerte zwischen 164 - 176 bpm. Begleithunde erreichten bei ihrem Training über 15 - 20 Minuten durchschnittliche Herzfrequenzen von 95 ± 9 bis 156 ± 21 bpm (Vincent and Leahy, 1997). Bei Gebrauchshunden in der Rauschgiftsuche konnte man nach einer 15-minütigen Suche Herzfrequenzen von $140,8 \pm 21,0$ bpm messen (Strasser et al., 1993). Nach einer 15-minütigen Apportierarbeit erreichten Labrador Retriever Herzfrequenzen von 150 ± 20 bpm (Matwichuk et al., 1999).

Ein weiterer Einfluss auf die Herzfrequenz war in der Rettungshundestudie von Köhler (2003) im Alter zu sehen. Die über sieben Jahre alten Hunde hatten über den gesamten

Versuchszeitraum signifikant höhere Herzfrequenzen als die unter vier und die vier bis sieben Jahre alten Hunde.

2.1.2.4 Einfluss von Erholung auf die Herzfrequenz

Abhängig von der Art und Dauer einer Belastung werden in der wissenschaftlichen Literatur unterschiedliche Zeitspannen bis zur Normalisierung der Herzfrequenzen angegeben.

Nach dem Einfluss psychischer Stressoren (Lärmexposition) fielen die Herzfrequenzen der Hunde in der Studie von Vincent und Leahy (1997) innerhalb von zehn Minuten. Die Hunde bei Beerda et al. (1998) benötigten nach unterschiedlichen psychischen Stressoren acht Minuten zur Normalisierung der Herzfrequenzen.

Nach physischer Belastung sind Erholungsherzfrequenzen u.a. von Apportierarbeit, nach Hunderennen und nach Rettungshundearbeit bekannt (siehe Tabelle 3). In der Studie über Apportiertraining bei der Rasse Labrador Retriever benötigten die Hunde nach dem Training durchschnittlich eine halbe Stunde bis zum Erreichen der vorher gemessenen Ruheherzfrequenzen (Matwichuk et al., 1999). In der Rettungshundestudie von Köhler (2003) wurden 30 - 60 Minuten angegeben, bis die Ruheherzfrequenzen wieder erreicht wurden.

Tabelle 2: Literaturüberblick über die mittlere Herzfrequenz von Laborhunden vor und nach Laufbandbelastung.

Laufbandbelastung		Rasse	Herzfrequenz (bpm)		Autor
			vor Belastung	während/nach Belastung	
maximale Belastung		Mischlinge		301 ± 12	Wagner et al., 1977
		Mischlinge	122 ± 4	275 ± 3	Musch et al., 1986
		Mischlinge	101 ± 6	313 ± 9	Sanders et al., 1977
	5791 m Höhe			180 - 200	Schilling et al., 1956
submaximale Belastung		Mischlinge		190 ± 10	Wagner et al., 1977
		Mischlinge		217 ± 5	Musch et al., 1986
		Mischlinge		235 ± 6	Sanders et al., 1977
		Mischlinge	106 ± 4	165 ± 4	Grignolo et al., 1982
			108 ± 20	238 ± 27	Tipton et al., 1074
Trainingszustand	untrainiert	Beagle	117 ± 13	148 ± 16	Mackintosh et al., 1983
			72	205	Wyatt and Mitchell, 1974
	trainiert	Beagle	95 ± 10	109 ± 7	Mackintosh et al., 1983
			56	153	Wyatt and Mitchell, 1974

Tabelle 3: Literaturüberblick der mittleren Herzfrequenz von Arbeitshunden vor und nach verschiedenen Belastungsformen sowie nach unterschiedlichen Erholungszeiten.

Belastung	Rasse	Herzfrequenz (bpm)			Autor	
		vor Belastung	während/nach Belastung	nach Erholung		
Rennen	722 m	Greyhound	110 ± 16	245 ± 39	111 ± 21 (3h)	Ilkiw et al., 1989
Schlittenhundereennen	6 - 7,5 km			160 - 211		Ready and Morgan, 1984
Blindenführhundetraining	15 - 20 min	Retriever		95 ± 9 -		Vincent and Leahy, 1997
Apportierarbeit	10 min	Labrador Retriever	99 ± 16	150 ± 20	123 ± 20 (10 min)	Matwichuk et al., 1999
					112 ± 11 (15 min)	
					98 ± 21 (30 min)	
					93 ± 15 (60 min)	
					95 ± 15 (120 min)	
Rettungshunde- arbeit	Trümmersuche	unterschiedl. Rassen	92 ± 7	121 ± 8		Grandjean et al., 1996
Rettungshunde- arbeit	Sommer- Suche 2 x 20 min	unterschiedl. Rassen	108,8	164,4 - 166,8	98,7 (30 min)	Köhler, 2003
					93,4 (60 min)	
					93,1 (120 min)	
	Lawinen- Suche 2 x 20 min		106,3	173,3 - 173,7	114,4 (30 min)	
					108,8 (60 min)	
					110,2 (120 min)	
Laufbelastung von trainierten Rettungshunden	am Fahrrad 2 x 20 min	unterschiedl. Rassen	91,2	168,4 - 170,0	98,5 (30 min)	Köhler, 2003
					90,4 (60 min)	
					84,6 (120 min)	
	neben Skiern 2 x 20 min		111,8	168,9 - 176,0	117,0 (30 min)	
					106,9 (60 min)	
					110,2 (120 min)	
Rauschgiftsuche	15 min	unterschiedl. Rassen	102,2 ± 4,7	140,8 ± 21,0		Strasser et al., 1993

2.1.2.5 Einfluss der Höhenlage auf die Herzfrequenz

Die Höhenlage beeinflusst die körperliche Leistung von Mensch und Tier. Ohne vorherige Adaptation verschlechtert sich die Sauerstoffversorgung der Zellen in großen Höhen aufgrund des reduzierten Sauerstoffpartialdruckes der Atemluft. Die O₂-Chemorezeptoren werden gereizt, die Herzfrequenz erhöht sich, um eine ausreichende Sauerstoffversorgung des Gewebes gewährleisten zu können (Grandjean et al., 1998; Bärtsch, 2000; Scheid, 2001).

Auch ein Einfluss der Aufenthaltsdauer in der Höhe von der Ankunft bis zur physischen Leistung auf die Herzfrequenz war beim Menschen auf 1700 m zu sehen. Sechs Stunden nach Ankunft auf 1700 m lag die Herzfrequenz während körperlicher Belastung signifikant höher als auf Meereshöhe. 18 h bzw. 47 h nach Ankunft auf dieser Höhenlage fielen die Herzfrequenzen bei gleicher Belastung wieder auf Werte, die auf Meeresspiegelhöhe gemessen wurden (Weston et al., 2001).

Bei Hunden wurden bislang nur wenige wissenschaftliche Untersuchungen über den Höheneinfluss auf die Herzfrequenz in Ruhe sowie unter Belastung durchgeführt. Die durchschnittliche Ruheherzfrequenz von Grönlandschlittenhunden, die auf 2300 m Höhe lebten, betrug 132 bpm und lag signifikant höher als die der Kontrollgruppe auf 700 – 900 m mit Werten von 114 bpm ($p \leq 0,05$) (Glaus et al., 2003).

Unter hypobaren-hypoxischen Bedingungen zeigten Such- und Rettungshunde eine Herabsetzung der Leistungsfähigkeit und eine Erhöhung der Herzfrequenz sowohl in der Ruhe als auch nach Anstrengung (Grandjean et al., 1998). Die Hunde wurden auf einer Höhe von 0 m, 4800 m und 5980 m untersucht. Auf 0 m wurde eine durchschnittliche Ruheherzfrequenz von 91 ± 7 bpm und nach Belastung eine durchschnittliche Herzfrequenz von 121 ± 8 bpm gemessen. Dagegen stiegen die Ruhewerte auf 4800 m auf 134 ± 15 bpm. Auf 5980 m lagen die Ruheherzfrequenzen aufgrund einer 3-tägigen Höhenadaptation nur noch bei 112 ± 9 bpm. Die Herzfrequenzen nach Belastung ergaben eine Erhöhung auf 197 ± 14 bpm in 4800 m Höhe und nach der Höhenadaptation nur noch Werte von 157 ± 12 bpm auf 5980 m (siehe Tabelle 4).

Tabelle 4: Überblick über die mittlere Herzfrequenz der Such- und Rettungshunde aus der Studie von (Grandjean et al., 1998) auf verschiedenen Höhenlagen vor und nach Belastung.

Parameter	Höhenlage		
	0 m	4800 m	5980 m (nach 3d Höhenadaptation)
Ruheherzfrequenz (bpm)	92 ± 7	135 ± 15	112 ± 9
Herzfrequenz nach Belastung (bpm)	121 ± 8	197 ± 14	157 ± 12

Die Höhenadaptation von Hunden wurde auch von Schilling et al. (1956) nach 5-monatigem Aufenthalt unter klimatischen Verhältnissen von 5791 m Höhe bei Hunden untersucht. Es zeigten sich nach dieser Adaptation deutlich niedrigere Herzfrequenzen bei einer Laufbandbelastung sowohl auf 231 m als auch auf 5791 m (Schilling et al., 1956).

Auch in der Rettungshundestudie von Köhler (2003) zeigten die Hunde während der Suchbelastung auf 2600 m Höhe einen etwas höheren Anstieg der Herzfrequenz auf durchschnittlich 173,3 – 173,7 bpm im Vergleich zur Suchbelastung auf 600 m Höhe mit Werten von 164,4 – 166,8 bpm (siehe Tabelle 3). Da jedoch die Suche auf 2600 m Höhe eine Lawinensuche und in der niedrigen Höhenlage eine kombinierte Trümmer- und Flächensuche darstellte, konnte die Höhenlage nicht als einzige Ursache für die Herzfrequenzerhöhung betrachtet werden.

2.2 Bewegungsaktivität

2.2.1 Physiologische Grundlagen

Bei allen Tieren findet bei jedem Schritt wie bei einem Pendel einen Wechsel in der Nutzung der Erdanziehungskraft und der Bewegungsenergie statt. Während des Trabens und Galoppierens ist die pro Gewichtseinheit benötigte Kraft zur Aufrechterhaltung der Geschwindigkeit des Körpers nach vorne bei allen Tieren annähernd gleich (Cavagna et al., 1977). Hunde sind mehr als der Mensch für Sprintleistungen auf kurzen Strecken geeignet. Die Verteilung der Muskelfasertypen liegt bei den auf das Sprinten spezialisierten Hunderassen, z.B. den Greyhounds, mit etwa 97 % bei „schnellen Fasern“. Demgegenüber haben Hunde, die eine gute Ausdauerleistung beim Laufen bringen müssen, wie z.B. Foxhounds, nur 65 % mittel bis schnell ermüdende Fasern (Engelhardt, 2005).

2.2.2 Methoden zur Messung von Aktivität

Eine Maßeinheit der Aktivität ist die Geschwindigkeit (z.B. km/h), die Hunde auf unterschiedlichen Distanzen erreichen können. Vor allem bei Windhund- oder Schlittenhunderennen ist die maximale Geschwindigkeit und somit die minimal benötigte Zeit für eine definierte Strecke das Hauptkriterium (Phillips et al., 1981; Bjotvedt et al., 1984; Ilkiw et al., 1989; Rose and Bloomberg, 1989; Kolb and Seehawer, 2002).

Eine weitere Methode zur Auswertung der Aktivität ist die Direktbeobachtung bzw. Analyse von Videoaufnahmen. Köhler (2003) unterschied in ihrer Studie über Rettungshunde die Bewegungsaktivitäten Liegen, Stehen, Schritt, Trab und Galopp. Diese Lokomotionsarten wurden mit einem Aktivitäts-Rangindex versehen und statistisch ausgewertet.

Eine weitere Möglichkeit zur Aktivitätsmessung stellt die Aufzeichnung von Beschleunigung dar. Im humanmedizinischen Bereich wurde die zweidimensionale Aufzeichnung von Beschleunigung mit Hilfe eines Aktometers u.a. zur Bewegungsanalyse bei Morbus Parkinson eingesetzt (Csoti et al., 2001). Auch in der Tiermedizin wurde die Aufzeichnung von Beschleunigung in Kombination mit der Aufzeichnung der Kopfhaltung zur Erfassung von verschiedenen Aktivitätsmustern herangezogen. Die untersuchten Tiere waren jedoch aufgrund des hohen Gerätegewichtes große Haus- oder Wildtiere (Scheibe et al., 1998).

2.2.3 Einflussfaktoren auf die Bewegungsaktivität

2.2.3.1 Körperliche Leistungsfähigkeit von Hunden

Die geforderten Leistungen beim Hund für spezifische Aufgaben können sehr verschiedenartig sein. So können Greyhounds kurze Strecken sehr schnell laufen (Engelhardt, 2005). Ein 400 m Rennen können Greyhounds in 25 – 27 Sekunden (14,8 - 16,0 m/sec) absolvieren (Rose and Bloomberg, 1989). Auf eine Distanz von 600 – 800 m laufen Rennhunde mit einer Geschwindigkeit von 16 – 18 m/sec (57,6 - 64,8 km/h). Dies kann der Rennhund nur aufgrund des hohen Anteils der Muskulatur an der Körpermasse mit etwa 57 % erreichen. Durch Training wird die Leistungsfähigkeit des Herzens und der Muskulatur verbessert (Kolb and Seehawer, 2002). Von Schlittenhunden und schweren Hunden werden gegenüber Rennhunden Dauerleistungen verlangt (Engelhardt, 2005). Schlittenhunde können über längere Distanzen laufen und durchschnittliche Geschwindigkeiten bis 33 km/h (9,2 m/sec) auf einer Strecke von 16 – 50 km erreichen (Phillips et al., 1981). Labrador Retriever erreichen bei Apportierübungen mittlere Geschwindigkeiten von 18,3 km/h (5,1 m/sec) auf dem Land und 9,0 km/h (2,5 m/sec) im Wasser (Steiss et al., 2004). Jedoch bestimmen nicht nur die physischen Gegebenheiten oder der Trainingszustand die Leistungsfähigkeit des Hundes. Eine wesentliche Rolle bei der Leistungsfähigkeit spielt der Arbeitswille, auf den gezielt in Arbeitslinien gezüchtet wird. Hunde aus einer Arbeitslinie der Rasse Labrador Retriever arbeiten freiwillig aufgrund ihres Apportiertriebes bis zur Erschöpfung. In einer Studie über diese Rasse zeigten die Hunde nach einer 10-minütigen Dummyarbeit trotz erkennbarer Ermüdung und starkem Hecheln einen anhaltenden Arbeitswillen (Matwichuk et al., 1999).

2.2.3.2 Einfluss der Höhenlage auf die Aktivität

Die körperliche Leistung wird durch die Höhenlage beeinflusst. Mit steigender Höhe verringert sich die Arbeitskapazität aufgrund sinkender Sauerstoffversorgung der Zellen (Grandjean et al., 1998).

Beim Menschen wird der Leistungsverlust ab einer Höhe von 1500 m messbar und beträgt als Faustregel pro 100 m Höhenunterschied über 1500 m ca. 1 % Reduktion der maximalen Sauerstoffaufnahme. Höhenlagen zwischen 1500 m und 2500 m bewirken beim Menschen einen Leistungsverlust von ca. 5 – 10 %. Bei hoch trainierten Athleten beginnt der Leistungsabfall schon in Höhen ab 1000 m (Bärtsch, 2000). Weston et al. (2001) erbrachten den Beweis des leistungsmindernden Einflusses bereits auf einer Höhenlage von 1700 m. Es

zeigte sich zwar eine Leistungssteigerung 18 h bzw. 48 h nach Ankunft, jedoch wurden nicht mehr die Leistungen wie auf Meeresspiegelhöhe erbracht. Die Geschwindigkeit des Menschen lag bei einer einstündigen Laufbandübung unter hypoxischen Bedingungen in Höhenlagen von 2500 m signifikant niedriger als auf 120 m Höhenlage (Friedmann et al., 2004). Das Höhenttraining zur Verbesserung der Leistungsfähigkeit ist laut Friedmann et al. (2004) nicht gesichert. Das Entstehen eines Höhenlungenödems, welches oft Symptomen der akuten Bergkrankheit voraus geht, entwickelt sich erst nach akuter Exposition in Höhen über 2500 m – 3000 m (Bärtsch et al., 2003; Friedmann et al., 2004).

Der Einfluss der Höhenlage auf die Leistungsfähigkeit von Hunden wurde bisher kaum untersucht. Unter hypobaren-hypoxischen Bedingungen auf 4800 m Höhe zeigten Such- und Rettungshunde eine deutliche Herabsetzung der Leistungsfähigkeit (Grandjean et al., 1998). Auch in der Studie von Köhler (2003) über die Belastung von Lawinenhunden hat man unterschiedliche Belastungen der Hunde in der Suche auf 2600 m im Winter im Vergleich zu 600 m im Sommer feststellen können. Aufgrund der unterschiedlichen Sucharten und klimatischen Bedingungen konnte man jedoch die Gewichtung der Höhenlage nicht festlegen.

2.2.3.3 Einfluss der Geländebeschaffenheit und Belastungsdauer auf die Aktivität

Bei Laboruntersuchungen sah man, dass Hunde bei einer Neigung von 21° mit einer Geschwindigkeit von 5,8 km/h und einer Umgebungstemperatur von $22 \pm 1^\circ\text{C}$ bis zur Erschöpfung 90 ± 14 min laufen konnten. Wurden die Hunde zusätzlich mit Wasser gekühlt, dehnte sich die Zeitdauer bis zur Erschöpfung auf 145 ± 15 min aus (Kruk et al., 1985). Unter den gleichen Bedingungen konnten die Hunde von Kozlowski et al. (1985) nur 57 ± 8 min bis zur Erschöpfung laufen.

In Studien von Gebrauchshunden zeigte sich, dass bei Rettungshunden zwischen Trümmersuche und Flächensuche ein deutlicher Aktivitätsunterschied zu erkennen war, wobei der Aktivitätsindex bei der Flächensuche signifikant höher lag (Köhler, 2003). Daraus wurde geschlossen, dass die Flächensuche weniger anstrengend als die Trümmersuche war. Der Anteil an „Schritt“-Phasen war bei der alpinen Trümmersuche erheblich größer als der Anteil an „Galopp“-Phasen. Dieser Aktivitätsunterschied wurde auf die unterschiedlichen Geländestrukturen zurückgeführt, da der Hund auf Geröll und großen Felsbrocken konzentrierter laufen und seine Laufgeschwindigkeit den Gegebenheiten anpassen muss, um sein Gleichgewicht zu halten. Hinzu kam jedoch, dass die Flächensuche bergab und die Trümmersuche bergauf angelegt war, was wiederum diese Aktivitätsergebnisse verstärkte (Köhler, 2003).

Bei der Betrachtung der Belastungsdauer wurde zwischen dem ersten und zweiten 20-minütigen Suchdurchgang der Rettungshundestudie von Köhler (2003) eine Verschiebung der Zusammensetzung der Lokomotion der Hunde deutlich. Während die Hunde bei der Flächensuche die Geschwindigkeit der ersten Suche in der zweiten Suche halten konnten, lag der Aktivitätsindex bei der Trümmersuche während der ersten Belastung signifikant über dem der zweiten. Dies wurde als Ermüdungszeichen gedeutet und weist auf die Leistungsgrenze in der Nähe dieser Belastung hin (Köhler, 2003). Diensthunde zeigten bereits nach einer 15-minütigen Suchgiftsuche, Labrador Retriever schon nach 10-minütiger Dummyarbeit deutliche Ermüdungserscheinungen mit starkem Hecheln (Strasser et al., 1993; Matwischuk et al., 1999).

2.2.3.4 Einfluss des Alters auf die Aktivität

Mit fortschreitendem Alter nimmt die Aktivität von Mensch und Tier ab. In einer Studie über Laborhunde zeigte sich ein Tagesrhythmus der Bewegungsaktivität in Abhängigkeit vom Alter. Alte Hunde hatten ein verzögertes Auftreten von Aktivität mit Lichteinfall und zeigten kürzere Aktivitätsphasen mit häufigeren Ruheperioden über den Tag als junge Hunde (Siwak et al., 2003). Über die Aktivität bei Arbeitshunden während des Einsatzes oder im Training sind jedoch wenige wissenschaftliche Untersuchungen durchgeführt worden. In der Studie von Köhler (2003) über Rettungshunde zeigten sich im Aktivitätsindex keine signifikanten Unterschiede zwischen den 3 Altersklassen (I: < 4 Jahren, II: 4 - 7 Jahren, III: > 7 Jahre). Man konnte jedoch erkennen, dass die Altersklasse I in der Flächensuche im Sommerdurchgang stets die höchsten Aktivitätsindizes aufwies. Die über siebenjährigen Hunde dagegen hatten im selben Suchfeld durchgehend die niedrigste Aktivität (Köhler, 2003).

2.2.3.5 Einfluss der Körpertemperatur auf die Aktivität

Die Intensität und Dauer von schwerer Arbeit wird wesentlich durch die maximale Wärmeabgabe bestimmt, die in der herrschenden Umgebung möglich ist (Jessen, 2005). Das Kühlen des Körpers vermindert den Anstieg der Körpertemperatur und verbessert damit die Leistungsfähigkeit. Die Leistungsgrenze von Hunden während länger andauernder körperlicher Aktivität bei Umgebungstemperaturen von 20°C – 22°C steht jedoch nicht direkt mit dem Erreichen von bestimmten Körpertemperaturen in Relation. Die aufrechterhaltene Muskelhyperthermie während körperlicher Aktivität scheint vor allem beim Hund, neben vielen anderen Faktoren die die Leistungsfähigkeit limitieren, wichtig zu sein (Kozłowski et

al., 1985; Kruk et al., 1985). Es wird angenommen, dass der Einfluss der Körpertemperatur auf den Körper ein komplexes Phänomen darstellt. Bereits Young et al. (1995) waren der Ansicht, dass die Fähigkeit von Geweben und Organsystemen, Hitze zu tolerieren, die Leistungsfähigkeit von schwerer Arbeit teilweise festlegt.

2.3 Rektale Körpertemperatur

2.3.1 Physiologische Grundlagen

Der Hund ist als Säugetier homoiotherm, das heißt die Körpertemperatur bleibt auch dann in Grenzen konstant, wenn der Hund Kälte- oder Wärmebelastung ausgesetzt ist (Jessen, 2005). Die rektale Körpertemperatur von Hunden liegt durchschnittlich zwischen 37,5°C und 39,0°C (Hörnicker, 1987; Miyazaki et al., 2002; Refinetti and Piccone, 2003; Jessen, 2005). Die Fähigkeit zur Regulierung der Körpertemperatur ist von höchster Wichtigkeit, um die Arbeitsleistung aufrecht zu erhalten (Young et al., 1959). Die Körpertemperatur konstant zu halten ist nur dann möglich, wenn die Wärmeproduktion der Wärmeabgabe an die Umgebung entspricht. Aufgrund sinkender Umgebungstemperatur nimmt die Wärmeabgabe zu. Durch steigende Wärmebildung kann dann die Körpertemperatur aufrechterhalten werden. Die Wärmeabgabe durch Strahlung, Leitung und Konvektion ist immer proportional der Temperaturdifferenz zwischen der wärmeren Körperoberfläche und der kälteren Umgebung. Bei zu hoher Umgebungstemperatur bzw. bei erhöhter Wärmeproduktion erfolgt die Wärmeabgabe zusätzlich durch Verdunstung von Wasser über die Haut (Jessen, 2005). Der Hund hechelt, um die Körpertemperatur durch Verdunstung aufrechtzuerhalten. Dies stellt eine Form der Hyperventilation dar (Kanter, 1954). Bei schwerer körperlicher Anstrengung wird beim Hund annäherungsweise 60 % der Wärme über den Atmungsstrakt und 40 % durch Strahlung und Konvektion abgegeben (Young et al., 1959).

Tabelle 5: Literaturüberblick über die physiologischen Referenzwerte der Körpertemperatur beim Hund.

Rasse	Körpertemperatur (°C)	Autor
Beagle	38,0 ± 0,2 – 38,2 ± 0,2	Miyazaki et al., 2002
Beagle	39,13 ± 0,01	Refinetti and Piccone, 2003
	37,5 - 39,0	Jessen, 2005

2.3.2 Einflussfaktoren auf die Körpertemperatur

2.3.2.1 Einfluss der Aktivität auf die Körpertemperatur

Die Körpertemperatur steigt mit steigender Aktivität (Miyazaki et al., 2002). Die Skelettmuskulatur beeinflusst als veränderbarer Faktor die Körpertemperatur der Tiere. Bei starker körperlicher Belastung wird mehr als 80 % der metabolischen Wärme durch die Skelettmuskulatur produziert (Bjotvedt et al., 1984). Vor allem die andauernde Muskelhyperthermie während längerer körperlicher Belastung scheint beim Hund ein limitierender Faktor für die Arbeitsleistung zu sein. Der Erschöpfungsgrad stimmt jedoch nicht mit einer spezifischen rektalen Körpertemperatur überein. Es konnte keine signifikante Beziehung zwischen der Dauer bis zur Erschöpfung und der rektalen Körpertemperatur gefunden werden (Kruk et al., 1985). Bei den Versuchen von Kozlowski et al. (1985), die Hunde bis zur Erschöpfung laufen ließen, erreichte die Körpertemperatur durchschnittlich Werte von $41,8 \pm 0,2^\circ\text{C}$ (siehe Tabelle 6). Die Wärmeproduktion steigt fast linear mit der Laufgeschwindigkeit an, wobei die Körpertemperatur beim Haushund nach einem 20-minütigen Lauf mit einer Geschwindigkeit von 15 km/h und einer Umgebungstemperatur von 26°C Werte von $39,2 \pm 0,03^\circ\text{C}$ erreichte (Taylor et al., 1971) (siehe Tabelle 6). Phillips et al. (1981) dagegen konnten in ihrer Studie über Schlittenhunderennen keine Korrelation des Körpertemperaturanstiegs mit der Laufgeschwindigkeit der Hunde finden.

Es wurden unterschiedliche wissenschaftliche Untersuchungen über den Körpertemperaturanstieg aufgrund verschiedener Belastungen bei Hunden durchgeführt (Kruk et al., 1985; Strasser et al., 1993; Köhler, 2003). So konnte kein signifikanter Unterschied des Körpertemperaturanstiegs zwischen einer reinen Lauf- und einer Suchbelastung bei Rettungshunden festgestellt werden. Auch unterschied sich die durchschnittliche Körpertemperatur nach einem ersten 20-minütigen Suchdurchgang nicht signifikant von der durchschnittlichen Körpertemperatur nach einem zweiten 20-minütigen Suchdurchgang, wobei eine 20-minütige Pause zwischen beiden Suchdurchgängen lag (Köhler, 2003) (siehe Tabelle 7). Kruk et al. (1985) sowie Phillips et al. (1981) konnten auch in ihren Studien keine signifikante Beziehung zwischen der Dauer der Übung und der rektalen Körpertemperatur finden. Die mittlere Körpertemperatur von Lawinenhunden stieg nach der Belastung auf Werte zwischen $39,0^\circ\text{C}$ bis $39,7^\circ\text{C}$ an (Köhler, 2003). Diese Werte gaben auch Strasser et al. (1993) bei Gebrauchshunden in einer Suchgiftsuche an, die eine signifikante Zunahme der inneren Körpertemperatur von $38,7 \pm 0,4^\circ\text{C}$ in Ruhe auf $39,4 \pm 0,5^\circ\text{C}$ nach Belastung von 15-minütiger Suche zeigten, wobei der Anstieg der Körpertemperatur im erhöhten Energieumsatz vermutet wurde (siehe Tabelle 7).

Tabelle 6: Literaturüberblick über die mittleren Körpertemperaturen von Laborhunden vor und nach einer Laufbandbelastung.

Laufbandbelastung		Rasse	Körpertemperatur (°C)		Autor
			vor Belastung	nach Belastung	
maximale Belastung	ungekühlt	Mischling		41,6 - 43,4	Kruk et al., 1985
		Mischling		41,8 ± 0,2	Kozlowski et al., 1885
	gekühlt	Mischling		41,0 - 41,3	Kruk et al., 1985
		Mischling		40,7 ± 0,2	Kozlowski et al., 1885
		Rennhund	39,4 ± 0,3	42,2 ± 0,6	Wagner et al., 1977
		Beagle		41,7 - 43,3	Young et al., 1995
		Mischling	39,1 ± 0,2 -	40,1 ± 0,3 -	Musch et al., 1986
submaximale Belastung		Rennhund		41,0 ± 0,3	Wagner et al., 1977
		Mischling		39,7 ± 0,3 -	Musch et al., 1986
	7,5 km/h	Mischling		39,8 ± 0,2	Baker, 1984
	15 km/h	Haushund		39,11 ± 0,10	Taylor et al., 1971
				39,2 ± 0,003	

2.3.2.2 Einfluss der Pausen- und Erholungszeit

Die Körpertemperatur steigt mit ansteigender Aktivität und braucht laut Miyazaki et al. (2002) zum Absinken um 1°C ungefähr eine Stunde. Bei Schlittenhunden fiel die Körpertemperatur nach einem 16 km langen Rennen bereits nach 2 Minuten Pause um 0,9°C (Phillips et al., 1981) (siehe Tabelle 7). In einer Untersuchung über Lawinensuchhunde konnte nach zwanzigminütiger Pause bzw. sechzigminütiger Ruhe ein signifikanter Abfall der Körpertemperatur gegenüber den Belastungswerten gemessen werden. Im Sommer war aufgrund der höheren Körpertemperaturen nach einer Flächensuche ein signifikant stärkerer

Abfall der Körpertemperatur als im Winter zu sehen. Jedoch waren die Körpertemperaturen nach der Flächensuche im Sommer auch signifikant stärker gestiegen als nach der Lawinensuche im Winter (Köhler, 2003). Matwichuk et al. (1999) zeigten mit ihrer Untersuchung an Labrador Retrievern, dass nach einem zehnminütigen Dummytraining, bei dem die durchschnittliche Körpertemperatur bei $41,8 \pm 0,3^{\circ}\text{C}$ lag, innerhalb von 30 - 60 Minuten nach der Arbeit die Basalwerte von $39,4 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ erreicht wurden. 60 - 120 Minuten nach dem Training erhielten sie sogar Körpertemperaturen von $39,0 \pm 0,3^{\circ}\text{C}$ bis $38,8 \pm 0,4^{\circ}\text{C}$, die signifikant unter denen der Ausgangswerte lagen (Matwichuk et al., 1999) (siehe Tabelle 7). Bei Greyhounds dagegen waren 30 Minuten nach einem 400 m Rennen die Körpertemperaturen signifikant erhöht und lagen 60 Minuten nach Belastungsende noch über den Ruhewerten (Rose and Bloomberg, 1989) (siehe Tabelle 7).

Tabelle 7: Literaturüberblick der mittleren Körpertemperatur von Arbeitshunden vor und nach verschiedenen Belastungsformen und nach unterschiedlichen Erholungszeiten.

Belastung			Körpertemperatur (°C)			Autor
			vor Belastung	während/ nach Belastung	nach Erholung	
Rennen	400 m	Greyhound		41		Rose and Bloomberg, 1989
	503 m	Greyhound	38,0 ± 0,09	41,6 ± 0,02		Bjotvedt et al., 1984
	722 m	Greyhound	38,9 ± 0,5	40,6 ± 0,3	38,7 ± 0,3 (3 h)	Ilkiw et al., 1989
Schlittenhundereennen	3,5 km	Schlittenhunde	37,6 - 39,4	40,3 - 41,4		Phillips et al., 1981
Apportierarbeit	10 min	Labrador Retriever	39,4 ± 0,5	41,8 ± 0,3	41,6 ± 0,3 (10 min)	Matwichuk et al., 1999
					41,1 ± 0,4 (15 min)	
					39,8 ± 0,5 (30 min)	
					39,0 ± 0,3 (60 min)	
					38,8 ± 0,4 (120 min)	
Rettungshunde- arbeit	Sommer- Suche 2 x 20 min	unterschiedl. Rassen	38,5 ± 0,3	39,5 ± 0,5	38,3 ± 0,3 (60 min)	Köhler, 2003
					38,3 ± 0,4 (120 min)	
	Lawinen- Suche 2 x 20 min		38,5 ± 0,4	39,0 ± 0,4	38,4 ± 0,4 (60 min)	
					38,5 ± 0,3 (120 min)	
Laufbelastung von trainierten Rettungshunden	am Fahrrad 2 x 20 min	unterschiedl. Rassen	38,4 ± 0,4	39,7 ± 0,6	38,4 ± 0,4 (60 min)	Köhler, 2003
					38,2 ± 0,4 (120 min)	
	neben Skiern 2 x 20 min		38,7 ± 0,4	39,0 ± 0,5	38,5 ± 0,4 (60 min)	
					38,4 ± 0,4 (120 min)	
Rauschgiftsuche	15 min	unterschiedl. Rassen	38,7 ± 0,4	39,4 ± 0,5		Strasser et al., 1993

2.3.2.3 Einfluss des Alters auf die Körpertemperatur

In der Rettungshundestudie von Köhler (2003) zeigte die Körpertemperatur eine deutliche Abhängigkeit vom Alter. Die unter 4 Jahre alten Hunde wiesen stets die höchsten, die über 7 Jahre alten Hunde stets die niedrigsten durchschnittlichen Körpertemperaturen auf. Diese Ergebnisse wurden auf die altersabhängig höhere bzw. geringere Aktivität zurückgeführt. Die deutlich höheren rektalen Körpertemperaturen der unter vierjährigen Hunde in den Ruhephasen wurde auf den psychischen Stress der noch unerfahrenen Altersgruppe zurückgeführt. Die Körpertemperatur der 4 - 7 Jahre alten Hunde lag zwischen den beiden anderen Altersgruppen, wobei nach der Belastung die Körpertemperatur signifikant über der der siebenjährigen lag.

2.3.2.4 Einflussfaktor Geschlecht

Bei den Haussäugetieren besteht kein deutlicher Geschlechtsunterschied bezüglich der Körpertemperatur. An bestimmten Tagen des Zyklus kann bei den weiblichen Tieren die Körpertemperatur um etwa 0,1 - 0,3°C höher liegen (Hörnigke 1987).

2.3.2.5 Einfluss der Steigung des Geländes auf die Körpertemperatur

In der Studie über Rennhunde von Wagner et al. (1977) zeigten sich aufgrund unterschiedlicher Neigungswinkel in Verbindung mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten verschieden hohe Körpertemperaturanstiege. Bei einer Steigung von 10 % mit einer Geschwindigkeit von 6,4 km/h erreichten die Hunde eine rektale Körpertemperatur von durchschnittlich $41,0 \pm 0,3^\circ\text{C}$. War das Laufband auf 16 % Steigung mit 8 km/h eingestellt, erreichten die Tiere Körpertemperaturen von $41,7 \pm 0,3^\circ\text{C}$. Mit 15,8 km/h bei gleicher Steigung konnte eine rektale Körpertemperatur von $42,2 \pm 0,6^\circ\text{C}$ gemessen werden.

2.3.2.6 Einfluss der Fellbeschaffenheit auf die Körpertemperatur

Abhängig von der Felldicke ist die Größe des Wärmedurchganges durch das Fell. Je höher die Felldichte ist, desto geringer ist die Wärmeabgabe. Bei 10 mm Dicke beträgt der Wärmedurchgang ca. 4 W/m^2 für eine Temperaturdifferenz von 1°C zwischen Haut und Luft, bei 40 mm Felldicke nur $1 \text{ W}/(\text{m}^2 \times ^\circ\text{C})$. Somit beeinflusst die Fellqualität der Hunde die Wärmeabgabe bzw. den Wärmeverlust über die Körperoberfläche wesentlich. Eine ruhende Luftschicht gleicher Dicke isoliert aufgrund ihrer niedrigen Wärmeleitfähigkeit gleichermaßen hoch. Das Fell legt eine Schale aus ruhender Luft um die Haut. Durch

Kontraktion glatter Muskelfasern können die Haare zusätzlich aufgerichtet werden (sog. Pilomotorik), so dass die Luftschicht dicker wird. Wird jedoch durch Wind diese Isolierschicht zerstört, bewirkt dies einen Wärmeverlust über Konvektion. Bereits Windgeschwindigkeiten von 7,5 m/sec (27 km/h) verdoppeln die Wärmeabgabe, wenn der Wind im rechten Winkel auf das Fell trifft. Bei hohen Umgebungstemperaturen im Sommer erschwert ein dickes Fell die Wärmeabgabe. Gleichzeitig schützt es aber auch durch Reflektion von kurzwelliger Strahlung gegen Wärmeeinstrahlung (Hörnicker, 1987; Jessen, 2005).

Es gibt Hinweise darauf, dass Langhaarhunde einen größeren Wärmeverlust als Stockhaarhunde haben, da lange Haare die Temperatur vom Körper ableiten (Kremlicka, 2003).

2.3.2.7 Körpertemperatur in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur

Im Ruhezustand sind die rektalen Körpertemperaturen von Hunden bei verschiedenen Umgebungstemperaturen zwischen 21 - 41°C fast konstant und korrelieren nicht mit der Umgebungstemperatur (Taylor et al., 1971; Phillips et al., 1981). Hunde reagieren jedoch laut Kanter (1954) auf Änderungen in der Umgebungstemperatur sehr empfindlich. Die Verdunstung steigt beim Haushund mit steigender Lufttemperatur, bis der Wärmeverlust durch Verdunstung die Wärmeproduktion auf 38°C ausgeglichen hat. Bei höheren Lufttemperaturen überschreitet die Wärmeabgabe durch Verdunstung die Wärmeproduktion. Sowohl die metabolische Wärmezunahme als auch die Umgebungswärmezunahme wird durch Verdunstung abgegeben. Der größte Anstieg der Verdunstung beim Hund zeigt sich in der Atmung, und es ist nur ein geringer Anstieg in der Hautverdunstung zu sehen (Taylor et al., 1971).

Während des Laufens in einer Umgebungstemperatur um 38°C hat der Haushund eine höhere Wärmezunahme aus der Umgebung als während der Ruhe. Um jedoch eine konstante Körpertemperatur während eines Laufes aufrechtzuerhalten, werden große Verdunstungsraten benötigt (Taylor et al., 1971). In der Rettungshundestudie von Köhler (2003) wurde der stärkere Körpertemperaturanstieg der Hunde nach einer Flächensuche im Sommer verglichen mit einer Lawinensuche im Winter auf die positive Korrelation zwischen Körpertemperatur und Außentemperatur zurückgeführt. Auch der durchschnittliche Körpertemperaturanstieg bei Schlittenhunden während eines Rennens korrelierte deutlich mit der Umgebungstemperatur, jedoch nicht mit der Luftfeuchtigkeit (Phillips et al., 1981). Umgebungstemperaturen zwischen 11°C und 28°C hatten dagegen auf die Körpertemperatur während der

Dummyarbeit von Labrador Retriever keine signifikante Auswirkung (Matwichuk et al., 1999).

2.4 Speichelkortisol

2.4.1 Physiologische Grundlagen

Die Grundlagenforschung über das Hormon Kortisol findet man beim Menschen. Kortisol wird in der Nebennierenrinde produziert, von dort nicht kontinuierlich, sondern pulsierend in mehreren Sekretionsphasen über den Tag ausgeschüttet (Kirschbaum and Hellhammer, 1999). Das biologisch aktive Kortisol im Blut ist ein geringer, nicht an das Serumprotein (CBG) und Albumin gebundener Anteil von 1 – 15 % des Gesamtkortisols. Die Speichelkortisol-Konzentration reflektiert das ungebundene Kortisol im Serum und ist somit unabhängig von CBG-Konzentrationsschwankungen im Blut. Aufgrund dessen ist Speichelkortisol als klinischer Parameter zur Kontrolle der Nebennierenrindenfunktion sehr gut geeignet (Vining et al., 1983). Durch die hohe Fettlöslichkeit, wie bei allen Steroidhormonen, und in Verbindung mit seiner geringen Größe (MK 362) kann Kortisol im Blut schnell durch die lipidreiche Zellmembran durch passive intrazelluläre Diffusion gelangen. Wenn es zu den Acinuszellen der sekretorischen Endstücke der Speicheldrüsen durch den Blutstrom transportiert worden ist, gelangt das ungebundene Kortisol leicht durch diese Zellen in den Speichel. Somit beeinflusst die Speichelflussrate die Kortisolkonzentration nicht (Kirschbaum et al., 1989). Speicheldrüsen enthalten Enzyme (11 β -hydroxysteroid Dehydrogenase), die Kortisol in Kortison umwandeln, so dass die Speichelkortisolkonzentration 10 – 35 % niedriger als die Konzentration von ungebundenem Kortisol im Plasma ist (Vining et al., 1983).

2.4.2 Kortisol im Speichel

Die Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse (HPA) reagiert sensitiv auf externe Stimulation. Die Messung von Kortisol im Speichel ist eine stressfreie, nicht invasive Methode und dient der Kontrolle der Nebennierenrindenfunktion. In der Humanmedizin wurde durch viele Studien bewiesen, dass Speichelkortisol aufgrund der linearen Beziehung zu dem freien, nicht gebundenen Kortisol im Serum eine gute Alternative zu Plasmakortisol

als Werkzeug in Untersuchungen über die HPA ist. Ein großer Vorteil besteht in der fast unbegrenzten und in kurzen Zeitintervallen möglichen Entnahme (Umeda et al., 1981; Vining et al., 1983; Kirschbaum and Hellhammer, 1989; Kirschbaum et al., 1989; Kirschbaum and Hellhammer, 1999). Die Entnahme von Speichel beim Hund zur Untersuchung von Kortisolkonzentration kann bis zu vier Minuten benötigen, ohne einen Handlingseffekt in der Kortisolkonzentration zu bewirken (Kobelt et al., 2003). Beerde et al. (1996) zeigten mit ihrer Studie bei Hunden, dass Speichelkortisol eine berechnigte und wenig invasive Alternative zu Plasmakortisol darstellt. Die Speichelkortisolmessung ist vor allem nützlich, um einen stressinduzierten Kortisolanstieg als Reaktion der HPA-Achse aufzudecken.

Rushen (1991) steht dagegen den Untersuchungen der HPA zur Erfassung des Wohlergehens von Tieren skeptisch gegenüber. Seiner Meinung nach stimmen die Ergebnisse verschiedener Studien nicht konsequent überein.

Tabelle 8: Literaturüberblick über Basalwerte von Speichelkortisol beim Hund.

Rasse	Speichelkortisol (nmol/l)	Autor
Beagle	2,1 ± 0,4	Beerda et al., 1998
Beagle	5,3 ± 0,9	Vincent and Michell, 1992
Beagle	2,0 ± 1,3	Stichnoth, 2002
Kelpies	4,3	Kobelt et al., 2003
unterschiedl. Rassen	1,48 - 2,28	Köhler, 2003

2.4.3 Einflussfaktoren auf Kortisol

2.4.3.1 Circadianer Rhythmus

Beim Menschen ist ein circadianer Rhythmus sowohl im Speichel als auch im Serum vorhanden (Vining et al., 1983). Bei gesunden Menschen erhält man die höchsten Werte der Speichelkortisol-Konzentration, ähnlich wie bei der Plasmakortisol-Konzentration, am frühen Morgen und die niedrigsten um Mitternacht (Kirschbaum et al., 1989).

Auch bei vielen Tierarten liegen Untersuchungen vor, die einen circadianen Rhythmus der Kortisolausschüttung bestätigen. So zeigten zum Beispiel Ruis et al. (1997), dass die Kortisolkonzentration von Schweinen einen circadianen Rhythmus hat. Der Anstieg der Kortisolkonzentration aufgrund von Stressoren war in dieser Studie abhängig vom Zeitpunkt der Stressaussetzung, wobei er am Morgen höher war.

Beim Hund differieren jedoch die Aussagen über einen circadianen Rhythmus der Kortisolausschüttung in der Literatur stark. So konnten Johnston und Mather (1987) in

Blutproben von Hunden zu acht verschiedenen Uhrzeiten keinen Einfluss der Tageszeit auf die Kortisolausschüttung erkennen. Auch Orth et al. (1988) teilten diese Meinung aufgrund ihrer Untersuchungen, wobei sie eine episodische Sekretion von Kortisol festgestellt hatten. Palazzolo und Quadri (1987a) dagegen wiesen in ihrer Studie einen circadianen Rhythmus bei erwachsenen Hunden im Alter von $3,3 \pm 0,6$ Jahren nach. Jedoch konnten signifikante Änderungen während eines 24h Zeitraumes weder bei alten Hunden ($12,1 \pm 0,3$ Jahre) noch bei Welpen ($8,4 \pm 0,2$ Wochen) gefunden werden. Es wurde daraus geschlossen, dass bei alten Hunden der circadiane Rhythmus gestört ist und bei Welpen noch nicht entwickelt. Ihren Ergebnissen nach hatten die erwachsenen Hunde die höchsten Konzentrationen zwischen 10.00 Uhr und 12.00 Uhr (Palazzolo and Quadri, 1987a). Dieses Ergebnis bestätigte auch Beerda et al. (1999) in der Untersuchung über chronischen Stress bei Hunden. Die Ergebnisse dieser Studie zeigten, dass über den Tag gesehen die durchschnittlichen Kortisolkonzentrationen vor 10.00 Uhr signifikant höher als am restlichen Tag sind. Zudem zeigte sich, dass die Tagesrhythmik am stärksten bei den Tieren mit sozialer und räumlicher Beschränkung ausgeprägt war (Beerda et al., 1999). In der Untersuchung von Murase et al. (1988) wurden sogar zwei circadiane Muster der Kortisolausschüttung gefunden. Von 10,1 Peaks der Kortisolausschüttung während 24 Stunden wurde von Kempainen und Sartin (1984) in ihrer Untersuchung berichtet. Die aktuellste Studie über den circadianen Rhythmus der Kortisolsekretion beim Hund von Kolevska et al. (2003) zeigte eine Abhängigkeit des Tagesrhythmus von Kortisol von der Tages- bzw. Nachtaktivität. Hunde, die einen Alltag ohne besondere physische oder psychische Belastung erlebten, zeigten einen deutlichen Kortisol-Tagesrhythmus. Die Kortisolkonzentrationen lagen zwischen 10.00 Uhr und 13.00 Uhr signifikant höher ($p \leq 0,05$) als zwischen 19.00 Uhr und 22.00 Uhr. Dies bestätigte die Ergebnisse von Beerda et al. (1999) und Palazzolo und Quadri (1987a). Ein Tagesrhythmus zeigte sich in der Studie von Kolevska et al. (2003) jedoch weder in der Versuchstiergruppe noch in der Diensthundegruppe. Diese Ergebnisse werden auf die Aktivierung der HPA-Achse durch verschiedene interne und externe Einflussfaktoren zurückgeführt, die beim Hund eine größere Rolle als beim Menschen spielen. Bei der Versuchstiergruppe stellte der erhöhte Stress durch Manipulationen einen Einflussfaktor dar. Die Diensthunde dagegen hatten aufgrund frequenter Tages- und Nachteinsätze einen untypischen Tagesrhythmus. Auch individuelle Unterschiede sowie Rasse- und Geschlechtsunterschiede fließen neben den Aktivitäts- und Umwelteinflüssen mit ein.

2.4.3.2 Einfluss der Aktivität auf die Kortisolkonzentration

Bei körperlicher Belastung findet eine beträchtliche Steigerung der Kortisolsekretion statt (Kolb and Seehawer, 2002). In der Studie über die Belastung von Rettungshunden von Köhler (2003) war aufgrund beider Belastungsformen, der Lauf- und Suchbelastung, ein Anstieg der Kortisolkonzentration zu vermerken. Dieser war jedoch in keinem größeren Ausmaß und unterschied sich zwischen den verschiedenen Belastungsformen nicht (Köhler, 2003).

2.4.3.3 Einfluss von psychischem Stress auf die Kortisolkonzentration

In vielen wissenschaftlichen Untersuchungen wurde Kortisol als Parameter für psychischen Stress herangezogen (Vining et al., 1983; Kuhn et al., 1990; Beerda et al., 1999; Bergeron et al., 2002; Stichnoth, 2002; Cronin et al., 2003; Köhler, 2003). Nach Einfluss von psychischem Stress erhielt man einen bis zu zehnfachen Anstieg der Kortisolkonzentration im Speichel (Vincent and Michell, 1992; Beerda et al., 1998). Es stellte sich jedoch ein Unterschied in der Kortisolantwort auf psychischen Stress abhängig von der Vorhersehbarkeit dar. Ein Anstieg der Kortisolkonzentration war dann messbar, wenn der psychische Reiz unerwartet auftrat (Beerda et al., 1998). Kortisolanstieg aufgrund von psychischem Stress bei Caniden wurde auch in Studien über Haltung im Tierheim (Hennessy et al., 1989), Transport von Hunden (Kuhn et al., 1990; Bergeron et al., 2002), bei Immobilisierung von afrikanischen Wildhunden (De Villiers, 1997) und beim Einsatz von elektrischen Erziehungshalsbändern bei Haushunden (Stichnoth, 2002) gemessen.

2.4.3.4 Einfluss des Alters auf die Kortisolkonzentration

Eine Belastung bewirkt laut den Untersuchungen von Rothuizen et al. (1991) bei älteren Hunden einen höheren Anstieg von ACTH und von Kortisol im Blutplasma als bei jungen Hunden. Auch im Ruhezustand sind diese Hormonkonzentrationen bei älteren Hunden höher als bei jungen Hunden (Rothuizen et al., 1991). Bei Rettungshunden wurde ein Zusammenhang der Speichelkortisol-Konzentration und dem Alter der Hunde nachgewiesen. In dieser Studie lagen die Kortisolwerte der älteren und jüngeren Hunde signifikant über denen der mittleren Altersklasse. Die höheren Kortisolkonzentrationen der jüngeren Hunde wurden auf den psychischen Stress, die der älteren Hunde auf die physische Belastung zurückgeführt (Köhler, 2003). Bei afrikanischen Wildhunden spielte unter anderem das Alter eine Rolle in der Kortisolausschüttung als Stressreaktion (De Villiers, 1997). Murase et al.

(1988) dagegen konnten keine signifikante Korrelation des Alters und der Kortisolwerte feststellen.

2.4.3.5 Einflussfaktor Geschlecht

Beim Menschen wird die Kortisolkonzentration als geschlechtsunabhängig beschrieben (Vining et al., 1983). Auch diese Fragestellung wird beim Hund in der Literatur unterschiedlich diskutiert. In der Studie von Murase et al. (1988) fand man keinen signifikanten Geschlechtsunterschied in der Kortisolkonzentration. Dagegen lagen in der Studie von Garnier et al. (1990) die Basalkonzentrationen von Serumkortisol bei weiblichen Hunden signifikant höher als bei männlichen. Auch bei den Hunden in der Untersuchung von Beerda et al. (1999) lagen die Kortisolkonzentrationen der weiblichen Tiere sowohl in Einzelhaltung als auch in Gruppenhaltung nach dem Aussetzen eines Stressors signifikant über den männlichen Tieren (Beerda et al., 1999). Das Geschlecht spielte unter anderem auch eine Rolle bei afrikanischen Wildhunden bei der Kortisolantwort auf Stress (De Villiers, 1997). Auch die Untersuchung von Slotta-Bachmayr (2003) über Lawinenhunde gab Hinweise auf eine höhere Kortisolausschüttung der weiblichen Hunde im Training in fremder Umgebung, jedoch nicht zuhause. Es wird vermutet, dass Östrogen einen verstärkenden Effekt auf die Stressantwort hat (Carrasco and Van de Kar, 2003).

2.4.3.6 Klimaeinfluss

Einen Einfluss des Wetters auf die Speichelkortisol-Konzentration konnte man bei Laborhunden feststellen, die zur Stressauslösung sozial und räumlich eingeschränkt wurden. Bei der Versuchsgruppe stiegen die Kortisolkonzentrationen bei schönem Wetter an und fielen bei schlechtem Wetter. Bei der Gruppenhaltung, der Kontrollgruppe, war ein signifikanter Anstieg der Werte bei schönem Wetter zu sehen, jedoch fielen diese bei schlechtem Wetter nicht signifikant ab (Beerda et al., 1999).

Palazzolo und Quadri (1987a) konnten bei ihren Untersuchungen keinen Einfluss der Umgebungstemperatur (22°C, 10°C und 4°C) auf die Kortisolkonzentration nachweisen. Wurden die Hunde in eine Umgebung mit -5°C verbracht, so konnte ein signifikanter Anstieg der Kortisolkonzentration auf über 280 % bei adulten Hunden im Alter von durchschnittlich $3,3 \pm 0,6$ Jahren nachgewiesen werden. Dagegen reagierten die Kortisolkonzentrationen bei Welpen ($8,4 \pm 0,2$ Wochen) und alten Hunden ($12,1 \pm 0,3$ Jahren) nicht auf den Kältereiz (Palazzolo and Quadri, 1987a).

3 Tiere, Material und Methode

3.1 Hunde

Die Untersuchungen fanden insgesamt an 19 Rettungshunden unterschiedlichen Geschlechts und Rasse statt (siehe Tabelle 9). Davon gehörten neun Hunde der Suchhundestaffel des Salzburger Roten Kreuz, acht Hunde der Lawinenhundestaffel der Bergwacht Bayern, Abschnitt Allgäu, Chiemgau und Hochland und ein Hund dem Technischen Hilfswerk (THW) Garmisch Partenkirchen an.

Tabelle 9: Name, Rasse, Alter, Geschlechtes, Körpergewicht, Fell und Ausbildungsstand der untersuchten Rettungshunde (DSH = Deutscher Schäferhund).

Hund Nr.	Name	Rasse	Alter (Jahre)	Geschlecht	KGW (kg)	Fell	Ausbildungsstand/ entsprechend
1	Pretty	DSH	1	Hündin	28	Stockhaar	A-Kurs
2	Aica	DSH	2	Hündin	30	Stockhaar	A-Kurs
3	Eyka	DSH	2	Hündin, kastr.	30	Stockhaar	A-Kurs
4	Smilla	Magyar Vizsla	2	Hündin	25	Kurzhaar	A-Kurs
5	Kromit	Shapendog	2,5	Rüde	17	Langhaar	B-Kurs
6	Scip	Border Collie	2,5	Rüde	19	Langhaar	B-Kurs
7	Aiko II	Golden Retriever	3	Rüde	32	Langhaar	B-Kurs
8	Benno	Labrador Retriever	4	Rüde	30	Langhaar	C-Kurs
9	Chessi	Chesapeake Bay Retriever	4	Rüde	45	Kurzhaar	C-Kurs
10	Ronco	Hovawart-Mischling	4,5	Rüde, kastr.	28	Langhaar	C-Kurs
11	Aiko I	DSH	5	Rüde	30	Stockhaar	C-Kurs
12	Fee	Malinoi	5	Hündin, kastr.	28	Kurzhaar	C-Kurs
13	Eilif	DSH-Mischling	6	Rüde	30	Kurzhaar	C-Kurs
14	Fly	Labrador-Mischling	6	Hündin, kastr.	29	Kurzhaar	C-Kurs
15	Chico	DSH	7	Rüde, kastr.	38	Stockhaar	C-Kurs
16	Jake	DSH	8	Rüde	35	Stockhaar	C-Kurs
17	Spot	Border Collie	8	Rüde	24	Langhaar	C-Kurs
18	Kira	Appenzeller-Mischling	10	Hündin, kastr.	25	Kurzhaar	C-Kurs
19	Xando	DSH	10	Rüde	38	Stockhaar	C-Kurs
M ± SD			4,9 ± 2,7		29,5 ± 6,5		

Die Hunde wurden in drei Altersgruppen eingeteilt: Altersgruppe I: <4 Jahre, Altersgruppe II: 4 - 7 Jahre und Altersgruppe III: >7 Jahre. Das durchschnittliche Alter betrug $4,9 \pm 2,7$ Jahre (weibliche Hunde: $4,0 \pm 3,2$ Jahre; männliche Hunde $5,4 \pm 2,4$ Jahre). Das durchschnittliche Gewicht der Hunde betrug $29,5 \pm 6,5$ kg (weibliche Hunde $27,9 \pm 2,1$ kg; männliche Hunde $30,5 \pm 8,0$ kg). Zusätzlich erfolgte eine Einteilung der Hunde nach der Fellart: Fellbeschaffenheit I: Kurzhaarahunde, Fellbeschaffenheit II: Langhaarahunde und Fellbeschaffenheit III: Stockhaarahunde.

Der Ausbildungsstand der Hunde wird mit A, B und C angegeben. Die Hunde absolvieren als Junghunde mit dem A-Kurs die Grundausbildung. Nach Bestehen der B-Prüfung ein Jahr später gilt das Hund-Hundeführer-Team als einsatzbereit. Es folgen jährlich zu wiederholende C-Prüfungen.

3.2 Versuchsaufbau und Versuchsablauf

3.2.1 Allgemein

Die Untersuchungen wurden in drei verschiedenen Höhenlagen durchgeführt (Höhenlage I: 500 m - 700 m über dem Meeresspiegel, Höhenlage II: 1500 m - 1700 m, Höhenlage III: 2500 m - 2700 m). In den Höhenlagen I und II fanden eine alpine Trümmersuche und eine alpine Flächensuche im dichten Bewuchs statt. In der Höhenlage III fand lediglich eine alpine Trümmersuche statt. Die Übungen auf der Höhenlage I fanden in den Monaten Mai bis November, auf der Höhenlage II in den Monaten Juni bis Oktober und auf der Höhenlage III in den Monaten August und September statt. Insgesamt wurde jeder Hund in fünf verschiedenen Suchbelastungen untersucht.

Aufgrund der Teilnahme von Teams unterschiedlicher Herkunft war die Umsetzung der Übungen auf demselben Gelände nicht durchführbar. Um weitgehend einheitliche Suchbedingungen für alle Hund-Hundeführer-Teams gewährleisten zu können, befanden sich alle Suchfelder auf den oben angegebenen Höhenlagen und hatten annähernd denselben Steigungswinkel. In jeder Übung mussten von den Hunden ca. 100 Höhenmeter bei der Suche überwunden werden. Zusätzlich wurden die Geländeformen der alpinen Flächensuche so ausgewählt, dass der Schwierigkeitsgrad zwischen den Regionen vergleichbar war.

Ziel dieses Versuchsaufbaues war es zum einen den Einfluss der Höhenlage, zum anderen den Einfluss der beiden Geländeformen alpine Trümmersuche und alpine Flächensuche im

dichten Bewuchs auf die Belastung von Rettungshunden während der Sucharbeit erfassen zu können.

Der Versuchsablauf war bei allen fünf Belastungssituationen identisch. Nachdem das Aktometerhalsband und der Herzfrequenzgurt angelegt und angeschaltet wurden, folgte eine 16-minütige Ruhephase. Zwischen den darauf folgenden zwei mal 20-minütigen Belastungsphasen lag eine Pause von 16 Minuten. Die 20-minütigen Suchen unterteilten sich jeweils in zwölf Minuten Bergauf-Suche und acht Minuten Bergab-Suche. Jeweils am Ende der Suche 1 und Suche 2 war ein Figurant vom Hund zu finden und anzuzeigen. Anschließend erhielt jeder Hund eine Stunde Erholungszeit. Während des Versuchablaufes wurden insgesamt acht Probennahmen durchgeführt (siehe Abbildung 1). Sie fanden am Startzeitpunkt vor der Ruhephase (T1), nach der Ruhephase vor dem ersten Suchdurchgang (T2), direkt danach (T3), nach der Pause vor dem zweiten Suchdurchgang (T4), direkt danach (T5) und nach der Erholung 1 (T6), nach der Erholung 2 (T7) und nach der Erholung 3 (T8) statt.

Zeit- abschnitt	T1	Ruhe	T2	Suche 1	T3	Pause	T4	Suche 2	T5	Erholung 1	T6	Erholung 2	T7	Erholung 3	T8
(min)	4	16	4	20	4	16	4	20	4	16	4	16	4	16	4

Abbildung 1: Überblick über den zeitlichen Ablauf des Versuchsaufbaus mit 16-minütiger Ruhephase, zwei mal 20-minütiger Suche, 16-minütiger Pause, drei mal 16-minütiger Erholung und acht mal vierminütiger Probennahmen.

(Probenzeitpunkt: T1: Start; T2: nach 16 min Ruhe; T3: nach den ersten 20 min Suchbelastung; T4: nach 16 min Pause; T5: nach den zweiten 20 min Suchbelastung; T6: nach den ersten 16 min Erholung; T7: nach den zweiten 16 min Erholung; T8: nach den dritten 16 min Erholung).

3.2.2 Alpine Trümmersuche

Die alpinen Trümmersuchen fanden auf den Höhenlagen I, II und III statt (*Höhenlage I - Trümmer, Höhenlage II - Trümmer, Höhenlage III - Trümmer*). Das Gelände zeichnete sich durch große Felsbrocken und Geröll aus. Das Versteck des Figuranten war so angelegt, dass der Figurant weder vom Hund noch vom Hundeführer gesehen werden, sondern nur durch Nasenarbeit des Hundes aufgefunden werden konnte.

3.2.3 Alpine Flächensuche im dichten Bewuchs

Auf der Höhenlage I (*Höhenlage I - Bewuchs*) war eine Sicht einschränkung durch Wald mit Unterholz, auf der Höhenlage II (*Höhenlage II - Bewuchs*) durch dichten Latschenbewuchs gegeben. Das Versteck des Figurantens war genauso wie im Trümmergelände für den Hund und den Hundeführer nicht einsehbar.

3.3 Erfassung von Klimafaktoren

Die Klimadaten wurden mit Hilfe eines Thermohygrographen kontinuierlich erfasst.

3.4 Erfassung der Parameter und Probenanalyse

Tabelle 10: 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	Aktivität	Körpertemperatur	Speichelentnahme
0 - 4	Probe 1 (T1)	4	x	x	x	x
4 - 20	Ruhe	16	x	x		
20 - 24	Probe 2 (T2)	4	x	x	x	x
24 - 44	Suche 1	20	x	x		
44 - 48	Probe 3 (T3)	4	x	x	x	x
48 - 64	Pause	16	x	x		
64 - 68	Probe 4 (T4)	4	x	x	x	x
68 - 88	Suche 2	20	x	x		
88 - 92	Probe 5 (T5)	4	x	x	x	x
92 - 108	Erholung 1	16	x	x		
108 - 112	Probe 6 (T6)	4	x	x	x	x
112 - 128	Erholung 2	16	x	x		
128 - 132	Probe 7 (T7)	4	x	x	x	x
132 - 148	Erholung 3	16	x	x		
148 - 152	Probe 8 (T8)	4	x	x	x	x

Herzfrequenz und Aktivität wurden kontinuierlich aufgezeichnet. Die rektale Körpertemperatur und die Speichelprobe wurden an den 8 Probenzeitpunkten genommen sowie die Atemfrequenz, die Schleimhautfarbe und die kapilläre Rückfüllungszeit bestimmt. Die Reihenfolge der Probennahme war stets dieselbe. Zuerst wurde die Atemfrequenz gezählt, anschließend die rektale Körpertemperatur gemessen, die Speichelprobe genommen und zuletzt die Schleimhautfarbe und die kapilläre Rückfüllungszeit bestimmt. Die vollständige Probennahme erforderte ungefähr vier Minuten.

3.4.1 Herzfrequenz

Messzeitpunkt: Die Herzfrequenz wurde kontinuierlich über den gesamten Versuchszeitraum, beginnend 20 Minuten vor dem Start bis eine Stunde nach Ende der Belastung, aufgezeichnet.

Messtechnik: Die Herzfrequenzen der Hunde wurden mit Hilfe der Herzfrequenzuhr Accurex Plus™ (Fa. Polar Electro Oy, Kempele, Finnland) von Polar aufgezeichnet. Die Daten wurden von den flexiblen Elektroden, die im neuen elastischen Gurt von Polar® eingearbeitet sind, auf die Uhr übertragen und dort gespeichert. Der Elektrodengurt wurde um den Brustkorb der Hunde hinter den Achsel eng anliegend gespannt und passte sich mit den flexiblen Elektroden der jeweiligen Brustkorbform gut an. Ein zusätzlicher, individuell einstellbarer Halsgurt verhinderte das Verrutschen des Brustgurtes nach caudal. Um den notwendigen Kontakt von den Elektroden zur Haut sicherzustellen, wurden die Elektroden mit Ultraschallgel und das darunter liegende Fell und die Haut mit Gleitgel (Fa. Heiland, Hamburg) bestrichen. Während der Übungen wurde das Einstreichen des Fells mit Gleitgel - wenn notwendig - wiederholt. Der Messbereich der Herzfrequenzuhr lag zwischen 10 bpm und 240 bpm. Die kodierte Messung erfolgte im 5 Sekunden Intervall.

Probenanalyse: Die auf der Uhr gespeicherten Herzfrequenzen wurden mit Hilfe des Polar Interface Plus™ auf den Computer übertragen und zusammen mit den Daten des ActiTrac™ in die „Monitor-Koppelsoftware“ (Fa. Somnomedics, Kist) eingefügt. Somit konnten die Herzfrequenzen mit den Aktometerdaten synchronisiert dargestellt und ausgewertet werden. Es wurden Zeitabschnitte ausgewählt und den vorher definierten Bezeichnungen zugeordnet. Die Einteilung erfolgte in 15 verschiedene Zeitbereiche: eine 16-minütige Ruhephase, zwei 20-minütige Belastungsphasen, eine 16-minütige Pause, drei 16-minütige Erholungsphasen und acht Probennahmen. Die Ruhe-, Aktivitäts-, Pausen- und Erholungsphasen wurden

nochmals für die Detailbetrachtung in 4-Minuten-Intervalle unterteilt. Für den jeweils gewählten Zeitabschnitt wurde durch die Monitor-Koppel-Software Mittelwert, Standardabweichungen sowie die Extremwerte von der Aktivität und der Herzfrequenz berechnet. Die dadurch entstehenden Reporte wurden zur weiteren statistischen Auswertung in Excel und SPSS exportiert.

3.4.2 Aktivität

Messzeitpunkt: Die Aktivität wurde kontinuierlich über den gesamten Versuchszeitraum, beginnend 20 Minuten vor dem Start bis eine Stunde nach Ende der Belastung, aufgezeichnet.

Messtechnik: Vor dem Beginn des Versuches wurde dem zu beprobenden Hund ein individuell einstellbares Halsband angelegt, an dem das „ActiTrac“ (Fa. Somnomedics, Kist), ein Aktivitätsmonitor, befestigt war. Das Halsband wurde eng am Hals anliegend befestigt, so dass keine Eigendynamik des Aktometers die Werte verfälschen konnte. Der Monitor zeichnete mit einer Empfindlichkeit von 2,5 g und einer Epochenlänge von 2 sec die Bewegung in biaxialer Richtung auf. Die Aktivität wurde in Erdbeschleunigung „mG“ angegeben. Die auf dem Aktivitätsmonitor und der Herzfrequenzuhr gespeicherte Uhrzeit wurden vor Testbeginn mit dem auswertenden PC synchronisiert.

Probenanalyse: Die Daten wurden nach Aufzeichnung mittels eines 9 pol-Sub-D-Steckers zur Auswertung auf einen PC übertragen. Um die Ergebnisse der Aktivität und der Herzfrequenz synchronisiert darzustellen, wurden die gespeicherten Daten in die „Monitor-Koppel-Software“ (Fa. Somnomedics, Kist) übertragen und ausgewertet (siehe Kap. 3.4.1).

3.4.3 Rektale Körpertemperatur

Messzeitpunkt: Die rektale Körpertemperatur wurde zu acht Zeitpunkten gemessen (siehe Tabelle 10):

- zum Startzeitpunkt vor der 16-minütigen Ruhephase (T1)
- nach der 16-minütigen Ruhephase (T2)
- unmittelbar nach der ersten 20-minütigen Suchbelastung (T3)
- nach der 16-minütigen Pause (T4)
- unmittelbar nach der zweiten 20-minütigen Suchbelastung (T5)
- nach den ersten 16 Minuten Erholung (T6)

- nach den zweiten 16 Minuten Erholung (T7)
- nach den dritten 16 Minuten Erholung (T8)

Messtechnik: Die Temperatur wurde durch die rektale Messung der Körpertemperatur (°C) mittels des „Vet-Tem“-Thermometers erhoben (Fa. Microlife, Schweiz). Um das Einführen des Thermometers zu erleichtern, wurde Gleitgel (Fa. Heiland, Hamburg) verwendet. Die digitale Anzeige des Messwertes benötigte ca. zehn Sekunden.

3.4.4 Endokrine Parameter

Zeitpunkt der Probennahme: Die Entnahme der Speichelproben erfolgte zu acht Zeitpunkten (siehe Tabelle 10):

- zum Startzeitpunkt vor der 16-minütigen Ruhephase (T1)
- im Anschluss an die 16-minütige Ruhephase (T2)
- unmittelbar nach der ersten 20-minütigen Suchbelastung (T3)
- nach der 16-minütigen Pause (T4)
- unmittelbar nach der zweiten 20-minütigen Suchbelastung (T5)
- nach den ersten 16 Minuten Erholung (T6)
- nach den zweiten 16 Minuten Erholung (T7)
- nach den dritten 16 Minuten Erholung (T8)

Probennahme: Um den Speichelfluss anzuregen, wurde ein Futterstück vor die Nase des zu beprobenden Hundes gehalten. Zur Gewinnung des Speichels wurden „Wattestäbchen PP“ verwendet (Fa. Zefa, Harthausen). Dies sind 15 Zentimeter lange Wattestäbchen, die aus einem Polypropylenstiel und einem Watteträger (10 – 12 mm) bestehen. Die Wattestäbchen wurden zwischen die hinteren Backenzähne geschoben, um das Kauen anzuregen und den Speichel im Wattekopf anzusammeln. Zudem wurden die Lefzen- sowie die Backentaschen ausgestrichen. Um eine Verunreinigung des Speichels mit Futterresten zu vermeiden, wurde die Belohnung erst nach der Speichelgewinnung gegeben. Um eine ausreichende Menge an Speichel zur Probenanalyse zu erhalten, ließ man 2 Wattestäbchen pro Probennahme bekauen. Nach dem Abschneiden der Stäbchen wurden beide vollgesaugten Watteköpfchen in das Außenteil einer 5-ml-Einmalspritze versenkt, welche in einem Polypropylenröhrchen (PP-Röhrchen) steckte. Die Proben wurden zugeklebt und während des Transportes zum Labor auf Eis gekühlt. Im Labor wurden die PP-Röhrchen mit den enthaltenen Speichelproben bei 3700 g 10 min lang bei 3°C zentrifugiert (Zentrifuge; EBA 12R; Fa. Hettich, Tuttlingen).

Somit gelangte der enthaltene Speichel in das PP-Röhrchen und konnte in 1,5 ml Eppendorf-Gefäße pipettiert werden. Die Eppendorf-Gefäße wurden zunächst bei -20°C eingefroren und anschließend bei -80°C bis zur Auswertung aufbewahrt.

Probenanalyse: Die quantitative Bestimmung der Kortisolkonzentration erfolgte mit Hilfe eines ELISA's (LMU, Institut für Tierschutz, Tierverhalten und Tierhygiene)

Testprinzip: Das Prinzip beruht auf einer kompetitiven Reaktion einer definierten Menge Antigen (Kortisol) aus der Hundespeichelprobe und einer konstant definierten Menge von Enzym-markiertem Antigen um freie Bindungsstellen der Kortisol-Antikörper an der ELISA-Platte. Nach einer Inkubationszeit wird die Reaktion durch vierfachen Waschvorgang beendet. Aufgrund der Enzymreaktion durch Zugabe von H_2O_2 und TMB-Substrat (Tetramethylbenzidin in Dimethylsulfoxid) findet eine Blaufärbung des Substrates statt. Nach einer weiteren Inkubationszeit wird die Aktivität der Peroxidase durch eine Stopplösung gehemmt, was einen Farbumschlag ins Gelbe bewirkt. Die Intensität dieser Gelbfärbung wurde photometrisch bei 450 nm (Photometer „Genios“, Fa. Tecan, Carlsheim) gemessen und durch das Computerprogramm Microwin 2000 ausgewertet. Die Antigenkonzentration (Kortisol) der Speichelprobe ist zum entstehenden Farbsignal umgekehrt proportional. Mit Hilfe einer Standardkurve werden die unbekanntenen Probenkonzentrationen berechnet. Zudem wurden pro ELISA-Platte vier kanine Speichelkontrollen zur Berechnung der Inter- und Intraassay Variation gemessen.

Testdurchführung: Nach der Beschichtung der ELISA-Platte mit Kortisol-Antikörper erfolgte eine Inkubationszeit von zwei Stunden bei 37°C . Ein vierfacher Waschvorgang folgte, um anschließend mit Gelatine freie Bindungsstellen zu blockieren. Nach einer weiteren Inkubationszeit von einer Stunde folgten wiederum vier Waschvorgänge, wobei nach jedem Waschvorgang die Restflüssigkeit durch sorgfältiges Ausklopfen entfernt werden musste. Im Anschluss daran wurde in Spalte A, bestehend aus acht Kavitäten ein Leerwert, in Spalten B und C je acht Kavitäten jeweils eine Standardkurve angelegt. Diese wurde mit einem Standard der Endkonzentration 69 nmol/l durch \log_2 Verdünnung angefertigt. Die bei Zimmertemperatur aufgetauten Speichelproben wurden nun mit Hilfe des Mischgerätes „Vortex“ (Fa. Scientific Industries) durchmischt und als Doppelansatz unverdünnt mit je 50 μl zusammen mit je 50 μl Konjugat in eine Vertiefung pipettiert. Nach einer weiteren Inkubationszeit von einer Stunde bei 37°C und vierfachen Waschvorgang wurde das TMB-

Substrat zusammen mit H_2O_2 für die Farbreaktion in die Vertiefung pipettiert. Nach anschließender Inkubation von 10 Minuten im Dunkeln wurde mit H_2SO_4 die chemische Reaktion gestoppt. Dies bewirkte einen Farbumschlag ins Gelb. Die Farbintensität wurde sofort photometrisch bei 450 nm gemessen (Photometer „Genios“, Fa Tecan, Carlsheim).

3.5 Statistische Methode

Die statistische Auswertung der Herzfrequenzen parallel zur Aktivität erfolgte mit Hilfe der „Monitor-Koppel-Software“ (Fa. Somnomedics, Kist). Es wurden die durchschnittliche Aktivität bzw. Herzfrequenz, die Standardabweichung (SD), Minima (Min) sowie Maxima (Max) von definierten Zeitabschnitten der einzelnen Untersuchungen berechnet. Die Ergebnisse wurden in das Computer-Programm Microsoft Excel®2002 exportiert. Nach dem Export der gesamten Daten in SPSS® 12.0 erfolgte die Berechnung der arithmetischen Mittelwerte (M), Standardabweichung (SD), Minima (Min) und Maxima (Max) sowie die Anzahl der Messungen aus den Ergebnistabellen.

Die Aktivitäts- und Herzfrequenzaufzeichnungen wurden in 15 Zeitabschnitten untergliedert. Es erfolgte eine Varianzanalyse der Mittelwerte sowohl der 15 Bereiche als auch eine Detailaufnahme der Ruhephase (4-min-Mittelwerte), der 2 Belastungsdurchgänge (4-min-Mittelwerte), der Pause (4-min-Mittelwerte) sowie der 3 Erholungsphasen (4-min-Mittelwerte). Um mögliche Einflussfaktoren der Belastung durch die Höhenlagen, die Geländebeschaffenheit, das Alter, das Geschlecht, die Fellbeschaffenheit und durch Klimadaten zu ermitteln, erfolgte eine univariate Varianzanalyse.

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

Die statistische Auswertung wurde vom statistischen Beratungslabor (STABLAB, LMU) überprüft.

4 Ergebnisse

Die Daten der vorliegenden Ergebnisse wurden bei durchschnittlichen Außentemperaturen von 12,3°C bis 15,0°C und durchschnittlicher Luftfeuchtigkeit von 72,9 % bis 84,0 % erhoben (siehe Kapitel 4.5 Klimafaktoren).

4.1 Herzfrequenz

4.1.1 Verlauf der Herzfrequenz

Die Ruheherzfrequenzen lagen zwischen $88,3 \pm 20,7$ bpm und $98,1 \pm 21,4$ bpm und unterschieden sich zwischen den fünf Übungen nicht signifikant. Ein signifikanter Anstieg der Herzfrequenz war bei allen Übungen sowohl in Suche 1 ($p \leq 0,001$) gegenüber der Ruhe, als auch in Suche 2 ($p \leq 0,001$) gegenüber der Pause gegeben. Die Herzfrequenzen lagen mit Werten zwischen $155,8 \pm 14,9$ bpm und $165,0 \pm 13,3$ bpm in Suche 1 auf dem gleichen Niveau wie in Suche 2. Eine Ausnahme stellten die Werte auf *Höhenlage I - Trümmer* dar, die in Suche 2 um durchschnittlich 5,2 bpm signifikant niedriger lagen als in Suche 1. Nach beiden Suchen (Pause, Erholung 1) fielen die Herzfrequenzen wieder signifikant ($p \leq 0,001$) gegenüber der Belastung. Die Herzfrequenzen in der Pause entsprachen bei allen fünf Übungen denen der Erholung 1 und lagen durchschnittlich zwischen $98,0 \pm 16,9$ bpm und $108,5 \pm 25,8$ bpm. In der weiteren Erholungszeit fiel die Herzfrequenz in allen fünf Übungen weiter kontinuierlich ab. Jedoch war der Abfall der Herzfrequenz von der Erholung 1 zur Erholung 2 nur bei den beiden Suchen der *Höhenlage I - Bewuchs* und *Höhenlage I - Trümmer* signifikant ($p \leq 0,001$) und der Abfall der Herzfrequenz von der Erholung 2 zur Erholung 3 nur auf der *Höhenlage I - Bewuchs* signifikant ($p \leq 0,001$). Die Herzfrequenzen lagen bei allen Übungen in der Erholung 2 zwischen $88,8 \pm 11,0$ bpm und $100,0 \pm 16,5$ bpm und in der Erholung 3 zwischen $81,9 \pm 14,3$ bpm und $96,4 \pm 23,3$ bpm.

Die Ruheherzfrequenzen waren auf *Höhenlage II - Trümmer* bereits in der Erholung 1, bei den anderen Übungen in der Erholung 2 wieder erreicht.

Zeit- abschnitt	T1	Ruhe	T2	Suche 1	T3	Pause	T4	Suche 2	T5	Erholung 1	T6	Erholung 2	T7	Erholung 3	T8
(min)	4	16	4	20	4	16	4	20	4	16	4	16	4	16	4

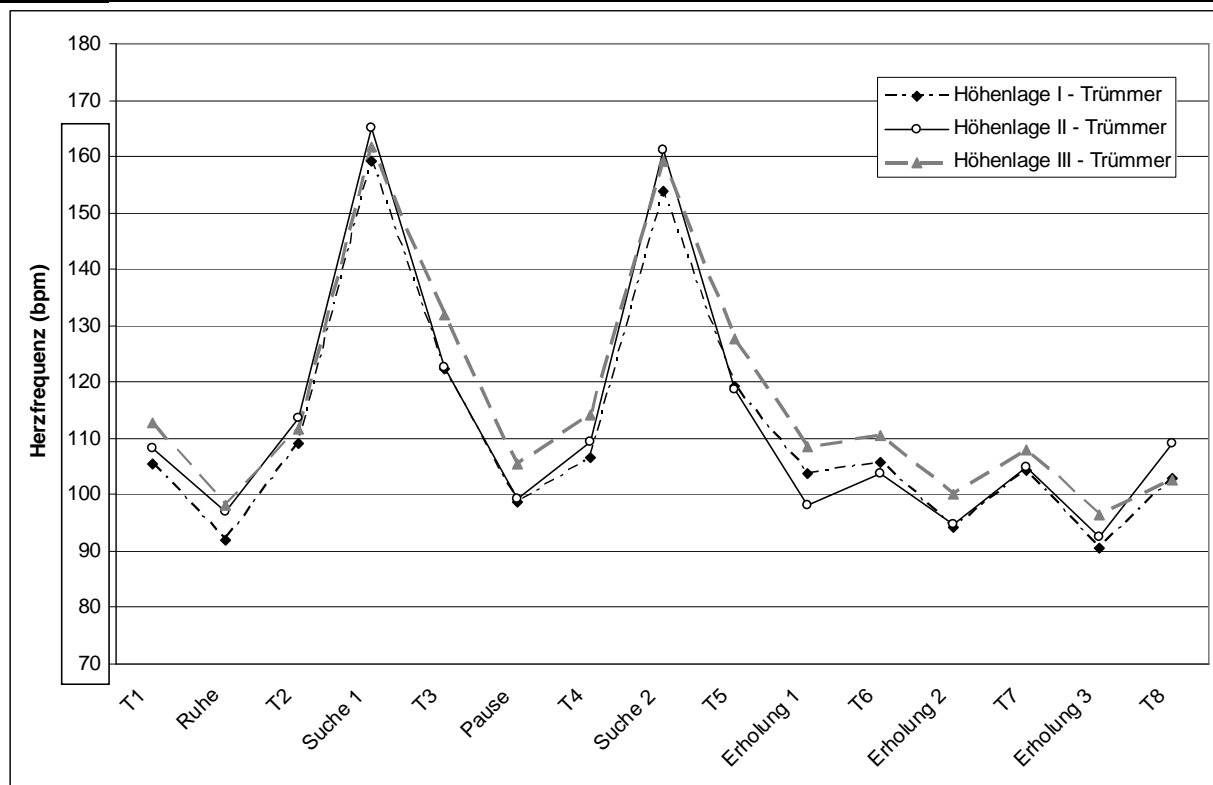


Abbildung 2: Mittlere Herzfrequenz (bpm) während der Ruhe- und Belastungszeit, während der acht Probenahmen sowie in der Pausen- und Erholungszeit auf der Geländeform Trümmer auf den Höhenlagen I, II und III.

(Probenzeitpunkt: T1: Start; T2: nach 16 min Ruhe; T3: nach den ersten 20 min Suchbelastung; T4: nach 16 min Pause; T5: nach den zweiten 20 min Suchbelastung; T6: nach den ersten 16 min Erholung; T7: nach den zweiten 16 min Erholung; T8: nach den dritten 16 min Erholung; Höhenlage I und II: N = 19; Höhenlage III: N = 17). Referenzwerte sind schwarz umrahmt.

Zeit- abschnitt	T1	Ruhe	T2	Suche 1	T3	Pause	T4	Suche 2	T5	Erholung 1	T6	Erholung 2	T7	Erholung 3	T8
(min)	4	16	4	20	4	16	4	20	4	16	4	16	4	16	4

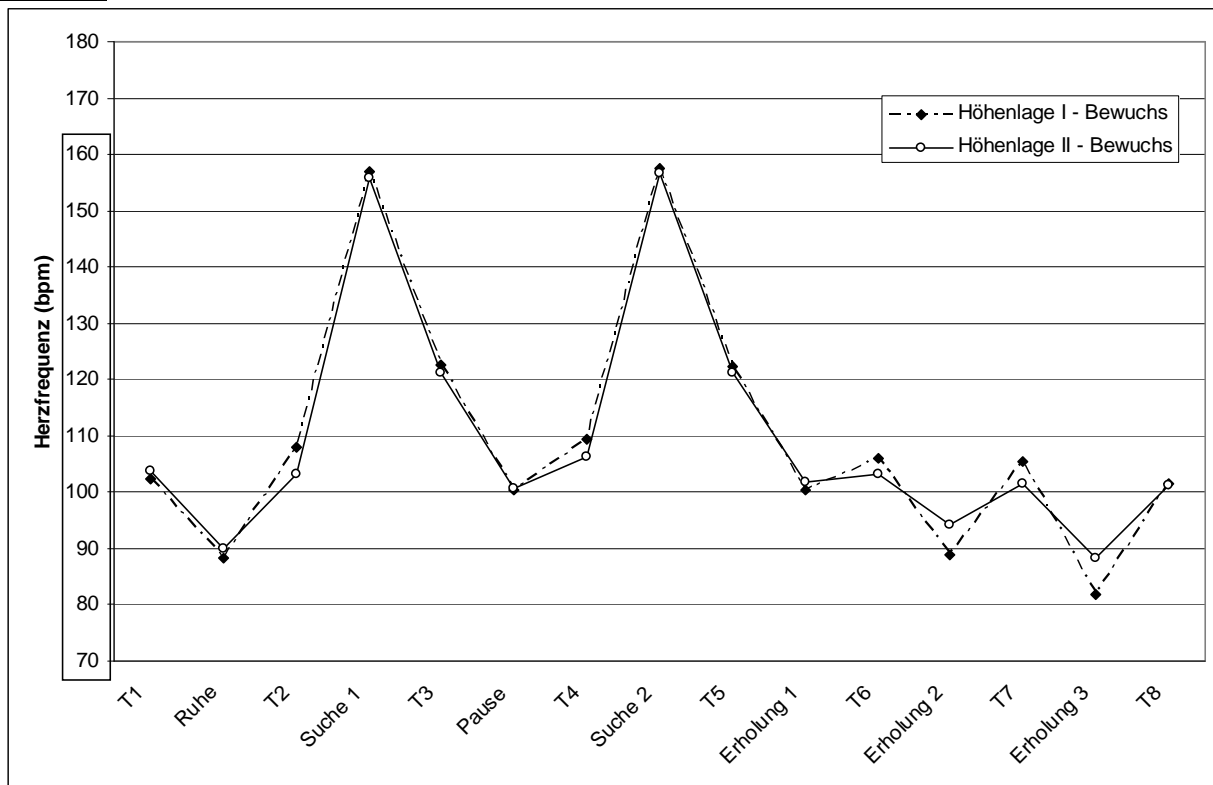


Abbildung 3: Mittlere Herzfrequenz (bpm) während der Ruhe- und Belastungszeit, während der acht Probenahmen sowie in der Pausen- und Erholungszeit auf der Geländeform Bewuchs auf den Höhenlagen I und II.

(Probenzeitpunkt: T1: Start; T2: nach 16 min Ruhe; T3: nach den ersten 20 min Suchbelastung; T4: nach 16 min Pause; T5: nach den zweiten 20 min Suchbelastung; T6: nach den ersten 16 min Erholung; T7: nach den zweiten 16 min Erholung; T8: nach den dritten 16 min Erholung; Höhenlage I und II: N = 19). Referenzwerte sind schwarz umrahmt.

Detaillierte Betrachtung der beiden 20-minütigen Belastungsdurchgänge

Die durchschnittliche Herzfrequenz der 4-Minuten-Intervalle unterschied sich weder in der ersten Suche noch in der zweiten Suche signifikant zwischen den fünf Übungen. Die Herzfrequenzen lagen zwischen $147,6 \pm 40,7$ bpm und $173,5 \pm 13,5$ bpm in den vier Minuten-Intervallen der Suche 1 und zwischen $150,8 \pm 23,5$ bpm und $165,2 \pm 28,8$ bpm in den 4-

Minuten-Intervallen der Suche 2. Somit variierten die Herzfrequenzen in der ersten Suche mit 25,9 bpm deutlich stärker als in der zweiten Suche mit 14,4 bpm.

Betrachtet man die einzelnen Übungen, so zeigte sich, dass die jeweiligen 4-Minuten-Intervalle der ersten Suche auf dem gleichen Niveau der zweiten Suche lagen. Innerhalb der fünf Übungen unterschied sich die Herzfrequenz damit zu keinem Zeitpunkt zwischen der Suche 1 und der Suche 2.

Während der fünf Übungen konnten einige signifikante Veränderungen der Herzfrequenzen innerhalb der beiden Suchdurchgänge beobachtet werden. Innerhalb der ersten Suche konnte auf der *Höhenlage I - Bewuchs* ein signifikanter ($p \leq 0,01$) Anstieg der Herzfrequenz vom Zeitpunkt Suche 1.1 zu Suche 1.2 festgestellt werden. Auf *Höhenlage II - Trümmer* und *Höhenlage III - Trümmer* zeigte sich ein signifikanter ($p \leq 0,05$ bzw. $p \leq 0,01$) Abfall der Herzfrequenz vom Zeitpunkt Suche 1.3 zu Suche 1.4.

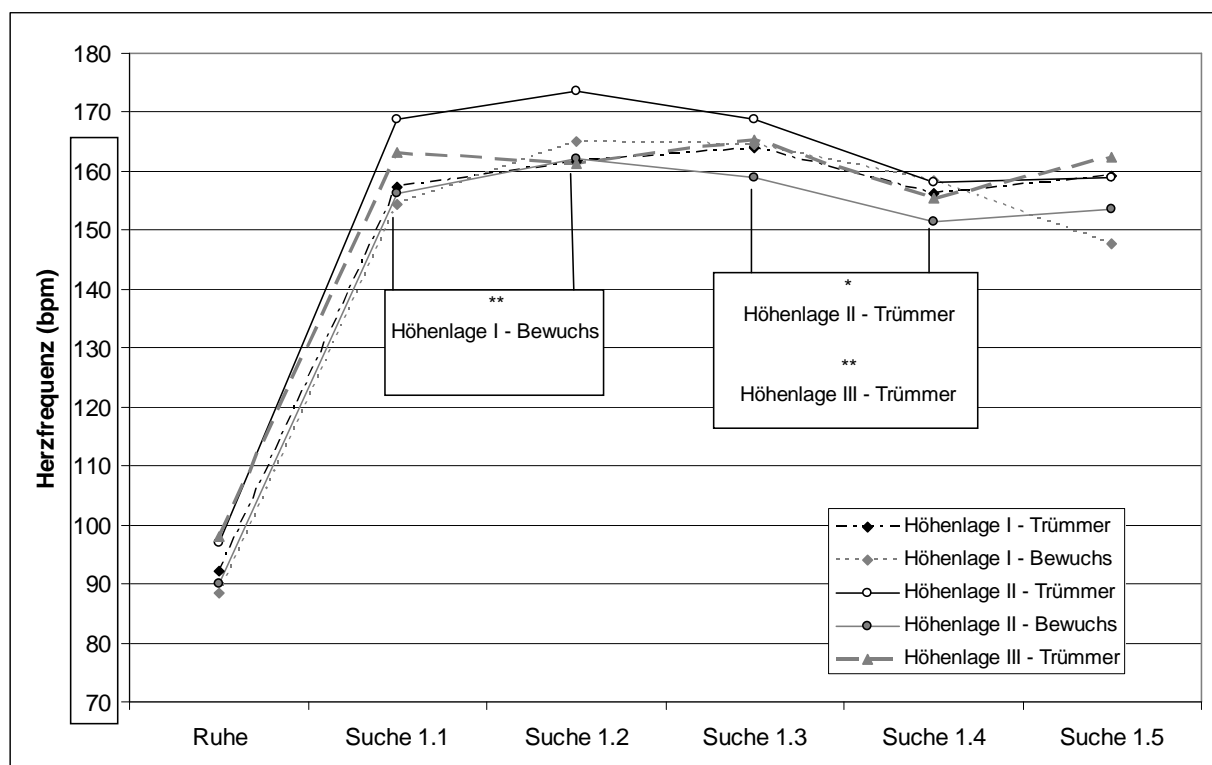


Abbildung 4: Detailbetrachtung der Herzfrequenz (bpm) während der ersten 20-minütigen Suche bei den fünf Übungen. Angegeben sind die durchschnittlichen Ruhewerte und die Mittelwerte, die aus jeweils vier Suchbelastungsminuten gebildet wurden (Höhenlage I - Bewuchs: N = 19; Höhenlage II - Bewuchs: N = 18; Höhenlage I - Trümmer, Höhenlage II - Trümmer: N = 19; Höhenlage III - Trümmer: N = 18; * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$). Referenzwerte sind schwarz umrahmt.

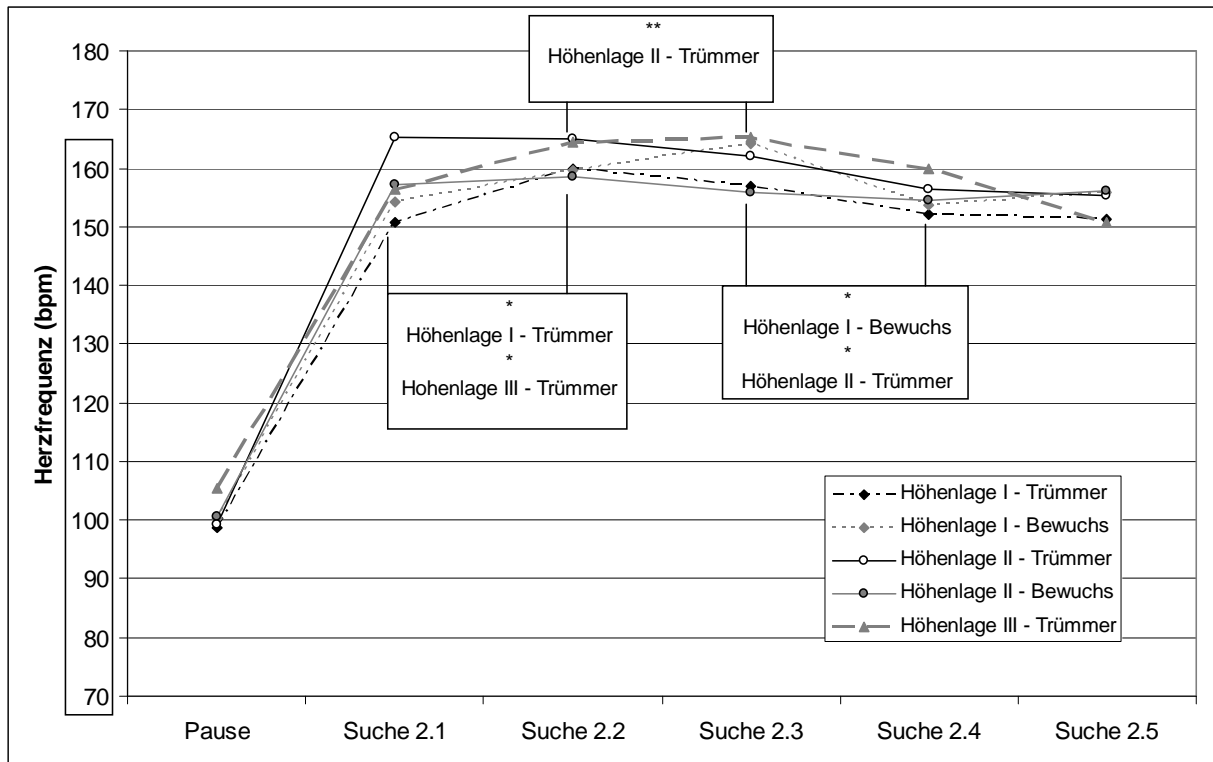


Abbildung 5: Detailbetrachtung der Herzfrequenz (bpm) während der zweiten 20-minütigen Suche bei den fünf Übungen. Angegeben sind die durchschnittlichen Pausenwerte und die Mittelwerte, die aus jeweils vier Suchbelastungsminuten gebildet wurden (Höhenlage I - Bewuchs: N = 19; Höhenlage II - Bewuchs: N = 18; Höhenlage I - Trümmer, Höhenlage II - Trümmer: N = 19; Höhenlage III - Trümmer: N = 18; * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$). Referenzwerte sind schwarz umrahmt.

Innerhalb der zweiten Suche zeigte sich auf der *Höhenlage I - Trümmer* und der *Höhenlage III - Trümmer* ein signifikanter ($p \leq 0,05$) Anstieg der Herzfrequenz vom Zeitpunkt Suche 2.1 zu Suche 2.2. Auf der *Höhenlage II - Trümmer* konnte ein signifikanter ($p \leq 0,05$) Abfall der Herzfrequenz während der Suche vom Zeitpunkt Suche 2.2 auf Suche 2.3 und von Suche 2.3 auf Suche 2.4 beobachtet werden.

Von den vorletzten (Suche 1.4 bzw. Suche 2.4) zu den letzten 4-Minuten-Intervallen (Suche 1.5 bzw. Suche 2.5) ergaben sich weder in der ersten Suche noch in der zweiten Suche signifikante Unterschiede.

Herzfrequenz in Ruhe, Pause und Erholung

Weder die Höhenlage noch die Geländebeschaffenheit beeinflusste die Herzfrequenz in der Ruhephase (Ruhe 1.1 bis Ruhe 1.4). In allen fünf Übungen zeigte sich zwischen der Ruhephase vor der ersten Suche und der Erholung 2 und Erholung 3 kein signifikanter Unterschied in der Herzfrequenz. Hier lagen die durchschnittlichen Herzfrequenzen zwischen $88,3 \pm 20,7$ bpm und $100,0 \pm 16,5$ bpm. Lediglich auf *Höhenlage I - Bewuchs* lag die Herzfrequenz in der Erholung 3 signifikant ($p \leq 0,001$) niedriger als in der Erholung 2.

Die durchschnittlichen Herzfrequenzen in der Pause lagen in der Geländeform Bewuchs auf beiden Höhenlagen signifikant ($p \leq 0,05$) höher als in der Ruhe. Im Trümmergelände dagegen befanden sie sich auf allen drei Höhenlagen auf dem gleichen Niveau wie in der Ruhe.

Bei allen fünf Übungen lagen die durchschnittlichen Herzfrequenzen in der Pause auf dem gleichen Niveau wie zur Erholung 1 mit Werten zwischen $98,8 \pm 14,5$ bpm und $108,5 \pm 25,8$ bpm. Von der Erholung 1 zur Erholung 2 fielen die durchschnittlichen Herzfrequenzen auf der Höhenlage I auf beiden Geländeformen signifikant ($p \leq 0,001$). In der Erholung 3 lagen die durchschnittlichen Herzfrequenzen mit Ausnahme der *Höhenlage I - Trümmer* signifikant ($p \leq 0,001$) unter den Werten der Erholung 1.

Einfluss der Probennahme auf die Herzfrequenz

Die Herzfrequenzen während der ersten Probennahme (T1) lagen durchschnittlich zwischen $102,3 \pm 19,0$ bpm und $112,8 \pm 22,5$ bpm und unterschieden sich in den fünf Übungen nicht signifikant voneinander. Mit Ausnahme der *Höhenlage I - Trümmer* lag kein signifikanter Unterschied der Herzfrequenzen zwischen der ersten (T1) und der zweiten Probennahme (T2) vor. Bei der *Höhenlage I - Trümmer* lagen die Herzfrequenzen während der zweiten Probennahme (T2) signifikant ($p \leq 0,05$) höher als bei der ersten Probennahme (T1). Zu den Probenzeitpunkten T4, T6, T7, und T8 lagen die durchschnittlichen Herzfrequenzen auf dem gleichen Niveau wie zu T1 und T2. Eine Ausnahme bildete die Herzfrequenz zum Probenzeitpunkt T7, die auf *Höhenlage II - Trümmer* signifikant ($p \leq 0,01$) niedriger als zum Zeitpunkt T2 lag. Im Vergleich zur ersten Probennahme (T1) lagen die durchschnittlichen Herzfrequenzen nach beiden Belastungsdurchgängen signifikant höher (T3, $p \leq 0,05$ bis $0,001$; T5, $p \leq 0,05$ bis $0,01$) und unterschieden sich nicht signifikant zwischen den fünf Übungen. Zu den Probenzeitpunkten T3 und T5 lagen die durchschnittlichen Werte zwischen $118,6 \pm 15,3$ bpm und $131,8 \pm 23,4$ bpm.

Vergleich der Höhenlage

Lediglich in den ersten vier Minuten der Pause (Pause 1.1) und den zweiten vier Minuten der Erholung 2 (Erholung 2.2) konnte ein signifikanter Einfluss ($p \leq 0,01$ bzw. $p \leq 0,05$) der Höhenlage auf die Herzfrequenz nachgewiesen werden. In der Pause 1.1 lag die Herzfrequenz auf der Höhenlage III signifikant ($p \leq 0,01$) höher als auf der Höhenlage I. In der Erholung 2.2 lag auf der Höhenlage III die Herzfrequenz signifikant höher als auf der Höhenlage I und II ($p \leq 0,05$).

Vergleich der Geländeform

Zu keinem Messzeitpunkt konnte ein signifikanter Einfluss der Geländebeschaffenheit auf die Herzfrequenz nachgewiesen werden.

Tabelle 11: Übersicht über die in der univariaten Varianzanalyse signifikanten Einflussfaktoren auf die Herzfrequenz über den gesamten Versuchsablauf.

	Messzeitpunkt	Einflussfaktor	p≤
Ruhe	Ruhe 1.1	Fellbeschaffenheit	0,001
		Geschlecht	0,01
	Ruhe 1.2	Fellbeschaffenheit	0,001
		Geschlecht	0,01
Ruhe 1.3	Fellbeschaffenheit	0,01	
	Geschlecht	0,05	
Ruhe 1.4	Fellbeschaffenheit	0,01	
	Geschlecht	0,01	
Suche 1	Suche 1.1	Körpergewicht	0,01
		Fellbeschaffenheit	0,01
	Suche 1.2	Alter	0,05
		Körpergewicht	0,01
	Suche 1.3	Alter	0,05
Körpergewicht		0,05	
Suche 1.4	Alter	0,05	
	Körpergewicht	0,01	
Suche 1.5	--	--	
Pause	Pause 1.1	Höhenlage	0,01
		Alter	0,01
		Körpergewicht	0,001
		Körpertemperatur	0,01
Pause 1.2	Körpergewicht	0,01	
	Körpertemperatur	0,05	
Pause 1.3	Körpergewicht	0,001	
	Körpertemperatur	0,01	
	Fellbeschaffenheit	0,01	
	Geschlecht	0,05	
Pause 1.4	Körpertemperatur	0,05	
Suche 2	Suche 2.1	--	--
	Suche 2.2	Alter	0,01
	Suche 2.3	Alter	0,05
	Suche 2.4	Alter	0,001
	Suche 2.5	Alter	0,001
Erhol. 1	Erholung 1.1	Körpergewicht	0,05
	Erholung 1.2	Körpergewicht	0,01
		Körpertemperatur	0,05
	Erholung 1.3	--	--
Erholung 1.4	--	--	
Erhol.2	Erholung 2.1	--	--
	Erholung 2.2	Höhenlage	0,05
	Erholung 2.3	--	--
	Erholung 2.4	--	--
Erhol. 3	Erholung 3.1	--	--
	Erholung 3.2	--	--
	Erholung 3.3	--	--
	Erholung 3.4	--	--

4.1.2 Einfluss des Alters auf die Herzfrequenz

Bei der Betrachtung der drei Altersklassen (I: < 4 Jahre, II: 4 – 7 Jahre, III: > 7 Jahre) konnte ein signifikanter Einfluss des Alters auf die Herzfrequenz nachgewiesen werden. In der Suche 1 war ein signifikanter Einfluss des Alters bei den Zeitabschnitten Suche 1.2 ($p \leq 0,05$), Suche 1.3 ($p \leq 0,05$) und Suche 1.4 ($p \leq 0,05$) nachzuweisen. In allen drei Abschnitten lagen die unter vierjährigen Hunde signifikant unter den vier bis sieben Jahre alten Hunden. Lediglich in der Suche 1.4 lag die Altersgruppe I auch signifikant ($p \leq 0,05$) unter der Altersgruppe III.

In der Pause war in den ersten vier Minuten (Pause 1.1) ein signifikanter Einfluss ($p \leq 0,01$) des Alters auf die Herzfrequenz gegeben. Hier lag die Altersgruppe I signifikant niedriger als die Altersgruppe II und III ($p \leq 0,01$). Während der Suche 2 war wiederum ein signifikanter Einfluss des Alters in Suche 2.2 ($p \leq 0,01$), Suche 2.3 ($p \leq 0,05$), Suche 2.4 ($p \leq 0,001$) und in der Suche 2.5 ($p \leq 0,001$) zu sehen. In allen vier Abschnitten lag die Herzfrequenz der unter vier Jahre alten Hunde signifikant unter den Herzfrequenzen der beiden anderen Altersgruppen.

Zeit- abschnitt	T1	Ruhe	T2	Suche 1	T3	Pause	T4	Suche 2	T5	Erholung 1	T6	Erholung 2	T7	Erholung 3	T8
(min)	4	16	4	20	4	16	4	20	4	16	4	16	4	16	4

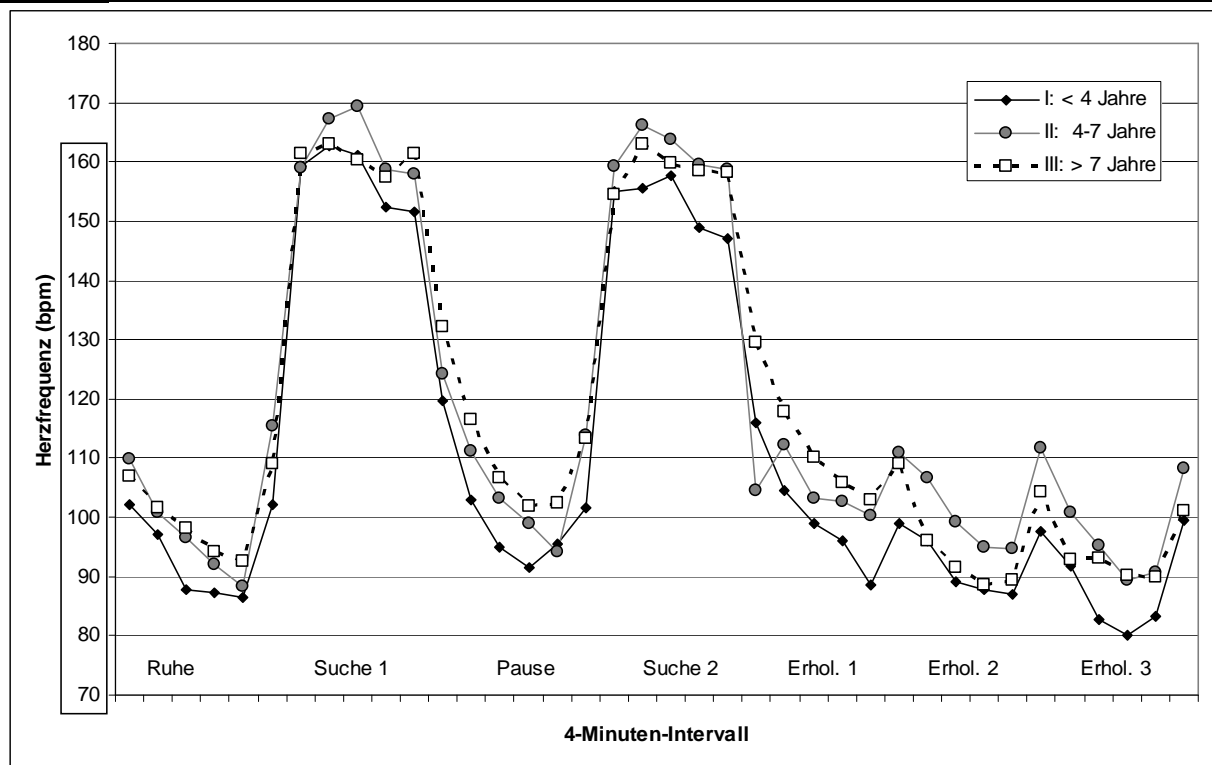


Abbildung 6: Detailbetrachtung der Herzfrequenz (bpm) während der Ruhe- und Belastungszeit, während der acht Probennahmen sowie in der Pausen- und Erholungszeit in Abhängigkeit vom Alter. Angegeben sind die jeweiligen 4-Minuten-Intervalle aus den fünf Übungen (Altersklasse I: N = 7; II: N = 8; III: N = 4). Referenzwerte sind schwarz umrahmt.

4.1.3 Einfluss des Körpergewichtes auf die Herzfrequenz

Ein signifikanter Einfluss des Körpergewichtes auf die durchschnittliche Herzfrequenz konnte während der Suche 1 im Suchabschnitt 1.1 ($p \leq 0,01$), 1.2 ($p \leq 0,01$), 1.3 ($p \leq 0,05$) und 1.4 ($p \leq 0,01$) nachgewiesen werden. Ein um ein Kilogramm (kg) höheres Gewicht bewirkte eine durchschnittlich um 1 bpm (Suche 1.1) bzw. 2 bpm (Suche 1.2 bis 1.4) niedrigere Herzfrequenz. Auch in der Pause lag ein signifikanter Einfluss des Gewichtes in Pause 1.1 ($p \leq 0,001$), Pause 1.2 ($p \leq 0,01$) und Pause 1.3 ($p \leq 0,001$) vor. Wieder ergab ein um 1 kg höheres Gewicht eine durchschnittlich um 1 bpm (Pause 1.1) bzw. 2 bpm (Pause 1.2 und 1.3) niedrigere Herzfrequenz. In der Suche 2 konnte kein signifikanter Einfluss des Gewichtes auf die Herzfrequenz nachgewiesen werden. Jedoch trat dieser Einfluss wieder in der Erholung

1.1 ($p \leq 0,05$) und Erholung 1.2 ($p \leq 0,01$) mit einer um 1 bpm niedrigeren Herzfrequenz pro 1 kg höherem Körpergewicht auf.

4.1.4 Einfluss der Körpertemperatur auf die Herzfrequenz

Ein signifikanter Einfluss der Körpertemperatur auf die Herzfrequenz konnte lediglich in den Phasen nach den Belastungsdurchgängen festgestellt werden. Eine um 1°C höhere Körpertemperatur nach der ersten Suche zum Probenzeitpunkt T3 ergab eine um 9 bpm höhere Herzfrequenz in der Pause 1.1 ($p \leq 0,01$), eine um 8 bpm höhere Herzfrequenz in der Pause 1.2 ($p \leq 0,05$) und eine um 13 bpm höhere Herzfrequenz in Pause 1.3 und Pause 1.4 ($p \leq 0,01$ bzw. $p \leq 0,05$). Die nach der Suche 2 gemessene Körpertemperatur (T5) beeinflusste die Herzfrequenz in der Erholung 1.2 ($p \leq 0,05$). Eine um 1°C höhere Körpertemperatur bewirkte hier eine um 10 bpm höhere Herzfrequenz.

4.1.5 Einfluss der Fellbeschaffenheit auf die Herzfrequenz

Ein signifikanter Einfluss der Fellbeschaffenheit (Kurzhaar, Langhaar, Stockhaar) auf die durchschnittliche Herzfrequenz war in allen vier Intervallen der Ruhephase (Ruhe 1.1 bis Ruhe 1.4, $p \leq 0,01$ bis $0,001$) und in der Pause 1.3 ($p \leq 0,01$) gegeben. Die Langhaarhunde hatten zu den oben angegebenen Zeitpunkten die niedrigsten Herzfrequenzen. Die Herzfrequenz der Langhaarhunde lag durchschnittlich 29 bis 38 bpm unter der Herzfrequenz der Stockhaarhunde und 35 bis 49 bpm unter der Herzfrequenz der Kurzhaarhunde. In der Suche 1.1 lagen sowohl die Langhaarhunde mit einer um 17 bpm als auch die Kurzhaarhunde mit einer um 18 bpm niedrigeren Herzfrequenz signifikant ($p \leq 0,01$) unter denen der Stockhaarhunde.

4.1.6 Einfluss des Geschlechtes auf die Herzfrequenz

Ein signifikanter Einfluss des Geschlechtes auf die durchschnittliche Herzfrequenz zeigte sich in allen vier Intervallen der Ruhephase (Ruhe 1.1 bis Ruhe 1.4, $p \leq 0,05$ bis $0,01$) und in der Pause 1.3 ($p \leq 0,05$). Die durchschnittlichen Herzfrequenzen der männlichen Hunde lagen während dieser Intervalle um 18 bis 28 bpm höher als die der weiblichen Tiere.

4.1.7 Einfluss der Klimafaktoren Umgebungstemperatur und Luftfeuchtigkeit auf die Herzfrequenz

Es konnte kein signifikanter Einfluss der beiden Klimafaktoren auf die durchschnittliche Herzfrequenz nachgewiesen werden.

4.2 Aktivität

4.2.1 Verlauf der Aktivität

Die Aktivität in der Ruhe lag bei allen fünf Übungen zwischen $17,3 \pm 11,1$ mG und $25,2 \pm 12,3$ mG und unterschied sich nicht signifikant. Während der Suche 1 erreichten die Hunde eine durchschnittliche Aktivität zwischen $190,4 \pm 78,5$ mG und $240,6 \pm 88,6$ mG. Die durchschnittliche Aktivität der Suche 2 war mit Werten zwischen $162,6 \pm 76,2$ mG und $202,3 \pm 69,5$ mG signifikant ($p \leq 0,001$) niedriger als in der ersten Suche. In der Pause ($16,9 \pm 11,2$ mG bis $23,5 \pm 14,4$ mG) und in der Erholung 1 ($17,5 \pm 9,6$ mG bis $22,9 \pm 11,1$ mG) waren die durchschnittlichen Aktivitäten mit denen der Ruhewerte vergleichbar. Die Aktivitäten in der Erholung 1 lagen signifikant höher als in der Erholung 2 auf *Höhenlage I - Bewuchs* ($p \leq 0,05$), auf *Höhenlage II - Bewuchs* ($p \leq 0,01$) und auf *Höhenlage III - Trümmer* ($p \leq 0,05$) (siehe Abbildung 7 und 8). Bei allen fünf Übungen lagen in der Erholung 3 die durchschnittlichen Aktivitäten mit Werten zwischen $10,8 \pm 10,8$ mG und $15,4 \pm 9,0$ mG signifikant ($p \leq 0,05$ bis $0,01$) unter denen der Erholung 1 (siehe Abbildung 7 und 8).

Zeit- abschnitt	T1	Ruhe	T2	Suche 1	T3	Pause	T4	Suche 2	T5	Erholung 1	T6	Erholung 2	T7	Erholung 3	T8
(min)	4	16	4	20	4	16	4	20	4	16	4	16	4	16	4

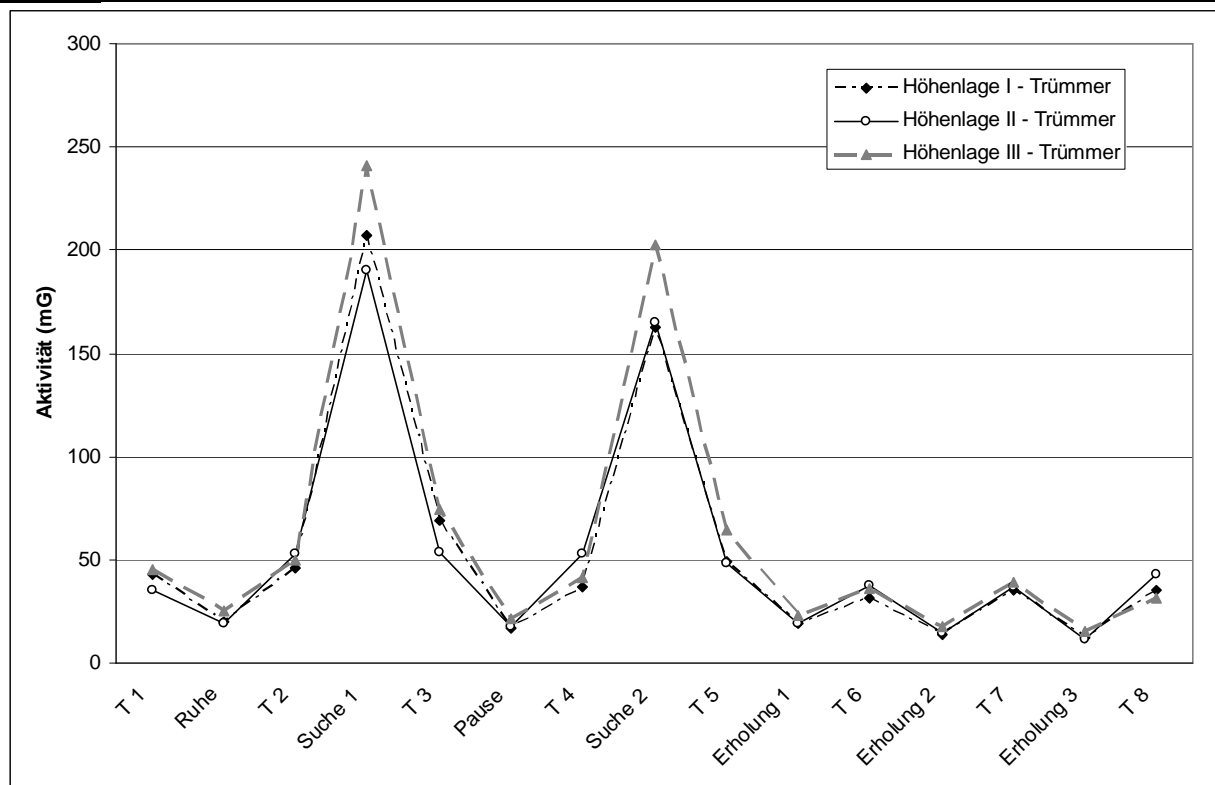


Abbildung 7: Mittlere Aktivität (mG) während der Ruhe- und Belastungszeit, während der acht Probenahmen sowie in der Pausen- und Erholungszeit im Trümmergebiet auf den Höhenlagen I, II und III.

(Probenzeitpunkt: T1: Start; T2: nach 16 min Ruhe; T3: nach den ersten 20 min Suchbelastung; T4: nach 16 min Pause; T5: nach den zweiten 20 min Suchbelastung; T6: nach den ersten 16 min Erholung; T7: nach den zweiten 16 min Erholung; T8: nach den dritten 16 min Erholung; Höhenlage I und II: N = 19; Höhenlage III: N = 17).

Zeit- abschnitt	T1	Ruhe	T2	Suche 1	T3	Pause	T4	Suche 2	T5	Erholung 1	T6	Erholung 2	T7	Erholung 3	T8
(min)	4	16	4	20	4	16	4	20	4	16	4	16	4	16	4

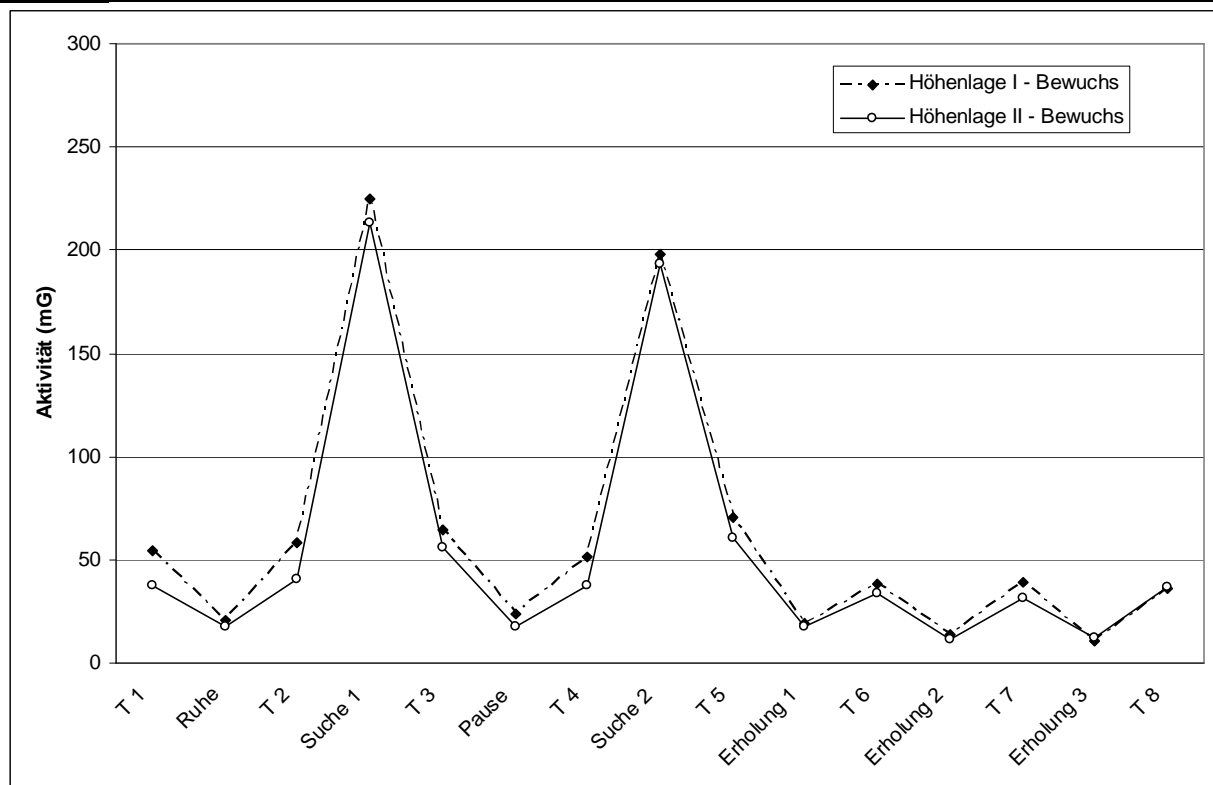


Abbildung 8: Mittlere Aktivität (mG) während der Ruhe- und Belastungszeit, während der acht Probenahmen sowie in der Pausen- und Erholungszeit auf der Geländeform Bewuchs auf den Höhenlagen I und II.

(Probenzeitpunkt: T1: Start; T2: nach 16 min Ruhe; T3: nach den ersten 20 min Suchbelastung; T4: nach 16 min Pause; T5: nach den zweiten 20 min Suchbelastung; T6: nach den ersten 16 min Erholung; T7: nach den zweiten 16 min Erholung; T8: nach den dritten 16 min Erholung; Höhenlage I und II: N = 19).

Detaillierte Betrachtung der beiden 20-minütigen Belastungsdurchgänge

Bei der Detailbetrachtung der beiden Suchdurchgänge lassen sich Unterschiede der Aktivitätskurven zwischen den fünf Übungen und den Belastungsdurchgängen aus den Abbildungen 9 und 10 ablesen.

In allen fünf Übungen starteten die Hunde in den ersten vier Minuten (Suche 1.1) mit dem gleichen Aktivitätsniveau zwischen $212,3 \pm 107,6$ mG und $243,7 \pm 76,1$ mG. Während auf der Höhenlage I und II in beiden Geländeformen die Hunde in den zweiten vier Minuten (Suche

1.2) auf dem gleichen Aktivitätsniveau blieben wie in Suche 1.1, stieg die Aktivität auf *Höhenlage III - Trümmer* nochmals signifikant an auf $264,2 \pm 98,8$ mG ($p \leq 0,05$).

Das Aktivitätsniveau auf der Geländeform Bewuchs blieb in den Höhenlagen I und II über die gesamte erste Suche erhalten, wohingegen die Aktivität auf *Höhenlage II - Trümmer* bereits von Suche 1.2 auf Suche 1.3 ($p \leq 0,01$) und auf der *Höhenlage I - Trümmer* und *Höhenlage III - Trümmer* von Suche 1.3 auf Suche 1.4 ($p \leq 0,05$) signifikant fiel. Gegen Ende der ersten Suche war jedoch wieder ein signifikanter Anstieg der Aktivität im Trümmengelände zu erkennen, der sich auf der *Höhenlage II - Trümmer* von Suche 1.3 zur Suche 1.4 ($p \leq 0,01$) und auf der *Höhenlage I - Trümmer* von Suche 1.4 auf Suche 1.5 ($p \leq 0,01$) zeigte.

In der zweiten Suche starteten die Hunde mit durchschnittlichen Aktivitäten von $168,1 \pm 75,4$ mG bis $181,8 \pm 67,4$ mG signifikant ($p \leq 0,05$ bis $0,001$) unter den Aktivitäten von Suche 1.1. Eine Ausnahme bildete die Übung *Höhenlage I - Bewuchs*. Dort starteten die Hunde mit einer durchschnittlichen Aktivität von $219,1 \pm 108,0$ mG mit dem gleichen Aktivitätsniveau wie bei der Suche 1. Jedoch war bei dieser Übung (*Höhenlage I - Bewuchs*) bereits von Suche 2.1 auf Suche 2.2 ein signifikanter Abfall ($p \leq 0,05$) der Aktivität gegeben. Im gleichen Zeitabschnitt war auf *Höhenlage III - Trümmer* ein signifikanter Anstieg der Aktivität ($p \leq 0,05$) zu sehen. Bei den restlichen Übungen blieb das gleiche Aktivitätsniveau erhalten. Während im Verlauf der zweiten Suche sich auf *Höhenlage III - Trümmer* keine signifikante Änderung im Aktivitätsniveau zeigte, stieg die Aktivität auf beiden Geländeformen der Höhenlage II von Suche 2.3 auf 2.4 und der Höhenlage I von Suche 2.4 auf 2.5 signifikant ($p \leq 0,01$) an.

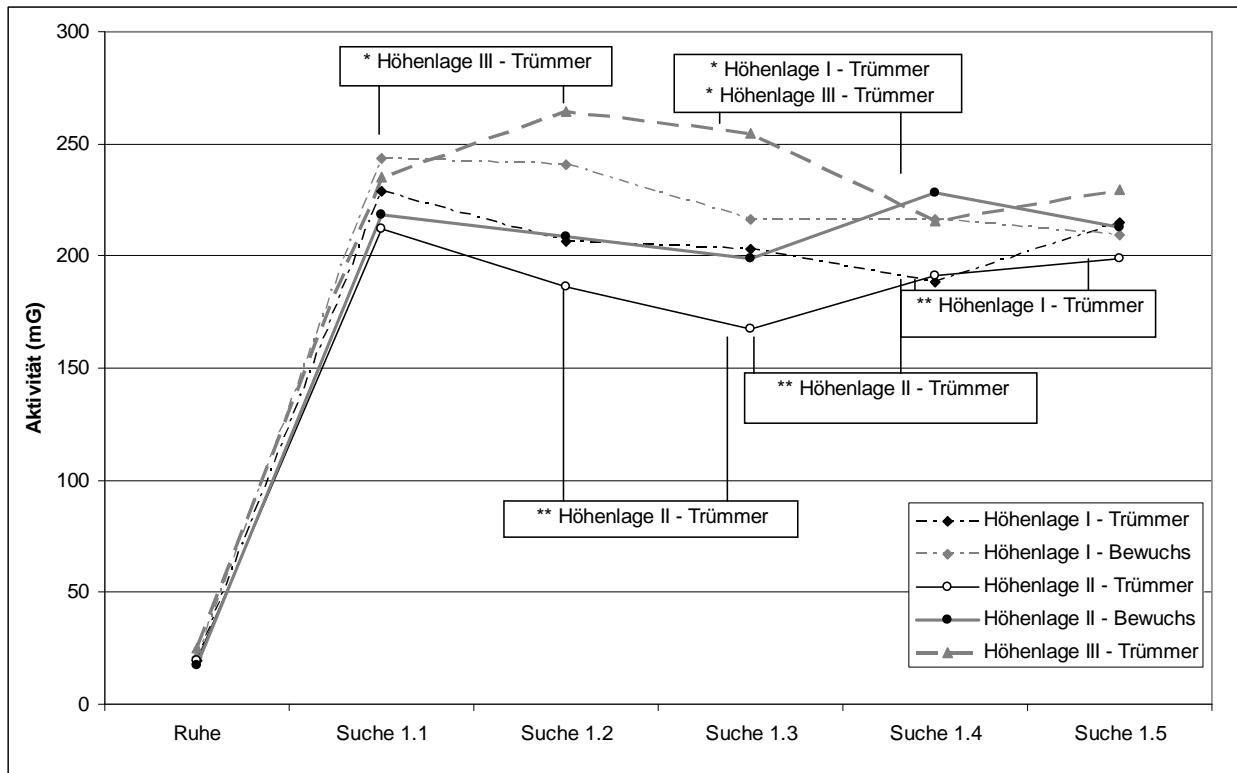


Abbildung 9: Detailbetrachtung der Aktivität (mG) während der ersten 20-minütigen Suchbelastung bei den fünf Übungen. Angegeben sind die Ruhewerte und die Mittelwerte, die aus jeweils vier Suchbelastungsminuten gebildet wurden (Höhenlage I - Bewuchs: N = 19; Höhenlage II - Bewuchs: N = 18; Höhenlage I - Trümmer, Höhenlage II - Trümmer: N = 19; Höhenlage III - Trümmer: N = 18; * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$).

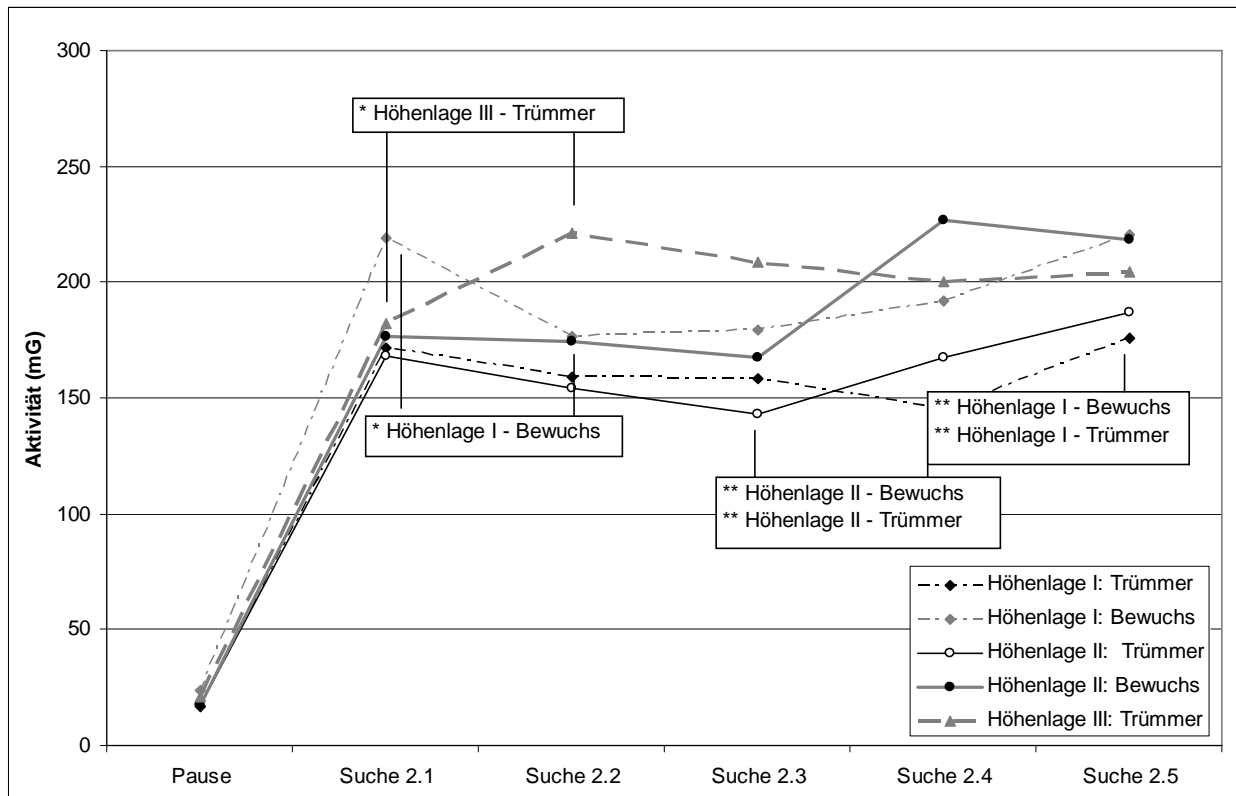


Abbildung 10: Detailbetrachtung der Aktivität (mG) während der zweiten 20-minütigen Suchbelastung bei den fünf Übungen. Angegeben sind die Ruhewerte und die Mittelwerte, die aus jeweils vier Suchbelastungsminuten gebildet wurden (Höhenlage I - Bewuchs: N = 19; Höhenlage II - Bewuchs: N = 18; Höhenlage I - Trümmer, Höhenlage II - Trümmer: N = 19; Höhenlage III - Trümmer: N = 18; * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$).

Aktivität in Ruhe, Pause und Erholung

Weder die Höhenlage noch die Geländebeschaffenheit beeinflusste die Aktivität in der Ruhephase (Ruhe 1.1 bis Ruhe 1.4). In allen fünf Übungen zeigte sich zwischen der Ruhephase vor der ersten Suche, der Pause zwischen den beiden Belastungen und der 1. Erholungsphase nach der zweiten Suche kein signifikanter Unterschied in der Aktivität. Hier lagen die durchschnittlichen Aktivitätswerte zwischen $16,9 \pm 11,2$ mG und $25,2 \pm 12,3$ mG. Ein signifikanter Abfall der Aktivität war jedoch auf die Erholung 3 erkennbar ($p \leq 0,05$ bis 0,001). Von der Erholung 1 auf die Erholung 2 war ein signifikanter Abfall der Aktivität auf *Höhenlage I - Bewuchs* ($p \leq 0,05$), *Höhenlage II - Bewuchs* ($p \leq 0,01$) und auf *Höhenlage III - Trümmer* ($p \leq 0,05$) vorhanden. Die Aktivität der Erholung 2 lag bei durchschnittlich 14,1

$\pm 9,2$ mG und unterschied sich nicht signifikant von der Erholung 3 mit durchschnittlich $12,4 \pm 9,1$ mG.

Einfluss der Probennahme auf die Aktivität

Die Aktivitäten während der ersten Probennahme (T1) lagen durchschnittlich zwischen $34,9 \pm 18,3$ mG und $54,8 \pm 26,5$ mG. Mit Ausnahme auf *Höhenlage I - Trümmer* lag kein signifikanter Unterschied der Aktivität zwischen der ersten (T1) und der zweiten Probennahme (T2) vor. Dort lagen jedoch die Aktivitäten während der zweiten Probennahme (T2) signifikant ($p \leq 0,01$) höher als in der Probennahme zuvor (T1). Im Vergleich zur ersten Probennahme (T1) lagen die durchschnittlichen Aktivitäten nach der ersten Suche (T3) außer auf *Höhenlage I - Bewuchs* signifikant höher ($p \leq 0,01$ bis $0,001$). Die Aktivitäten während der Probennahme nach der zweiten Belastung (T5) lagen auf dem gleichen Niveau wie nach der ersten Belastung zu T3. Eine Ausnahme bildete die Probennahme auf *Höhenlage I - Trümmer* mit signifikant ($p \leq 0,05$) niedrigeren Aktivitäten. Auch waren die durchschnittlichen Aktivitäten während T5, außer auf Trümmer auf der Höhenlage I und III, signifikant ($p \leq 0,05$ bis $0,001$) höher als während T1. Die Aktivitäten während den Probennahmen T6, T7 und T8 in der Erholung waren auf dem gleichen Niveau mit Werten zwischen $31,3 \pm 9,8$ mG und $43,1 \pm 24,8$ mG.

Einfluss der Höhe auf die Aktivität

Ein signifikanter Einfluss der Höhenlage während den beiden Belastungsdurchgängen zeigte sich in den Intervallen Suche 1.2 ($p \leq 0,01$), Suche 1.3 ($p \leq 0,05$), Suche 2.2 ($p \leq 0,01$), Suche 2.3 ($p \leq 0,01$) und Suche 2.4 ($p \leq 0,001$). In den beiden Abschnitten der ersten Suche lag die Aktivität auf der Höhenlage III signifikant höher als auf der Höhenlage II ($p \leq 0,05$). Während der Suche 1.2 lag die Aktivität auf der Höhenlage III auch signifikant ($p \leq 0,01$) über der von Höhenlage I. In der zweiten Suchbelastung lagen die Aktivitäten auf der Höhenlage III während der Suche 2.2 und Suche 2.3 signifikant über denen der Aktivitäten der Höhenlage I ($p \leq 0,01$ bis $0,001$) und II ($p \leq 0,05$ bis $0,01$). Während der Suche 2.4 lagen die Aktivitäten auf der Höhenlage III nur noch signifikant ($p \leq 0,01$) über denen der Höhenlage I. Nach den Belastungsdurchgängen konnte nochmals ein signifikanter Einfluss der Höhenlage auf die Aktivität in der Pause 1.1 ($p \leq 0,05$) sowie in der Erholung 1.1 ($p \leq 0,05$) nachgewiesen werden. Wieder lag die Aktivität auf der Höhenlage III signifikant über denen der Höhenlage

I (Pause 1.1, $p \leq 0,01$; Erholung 1.1, $p \leq 0,05$) und über denen der Höhenlage II (Pause 1.1, $p \leq 0,05$; Erholung 1.2 $p \leq 0,01$).

Einfluss der Geländeform auf die Aktivität

Nur während der zweiten Suche im Abschnitt 2.4 konnte ein signifikanter Einfluss ($p \leq 0,01$) der Geländeform auf die Aktivität nachgewiesen werden. In diesem Abschnitt war die durchschnittliche Aktivität auf der Geländeform Bewuchs auf den Höhenlagen I und II signifikant höher als auf der Geländeform Trümmer.

Ein Einfluss der Geländebeschaffenheit der jeweiligen Höhenlage auf die Höhe des Abfalls der Aktivität von der ersten zur zweiten Suche wurde deutlich. Auf der Höhenlage I lag der Aktivitätsabfall im Trümmengelände durchschnittlich bei 44,3 mG, während im Bewuchs die Aktivität nur um 26,7 mG sank. Auf der Höhenlage II fiel die Aktivität der Hunde im Trümmengelände von der ersten Suche zur zweiten Suche um durchschnittlich 25,7 mG, während in der Geländeform Bewuchs die Aktivität durchschnittlich um 20,0 mG sank.

Tabelle 12: Übersicht über die in der univariaten Varianzanalyse signifikanten Einflussfaktoren auf die Aktivität über den gesamten Versuchsablauf.

	Messzeitpunkt	Einflussfaktor	p≤
Ruhe	Ruhe 1.1	--	--
	Ruhe 1.2	--	--
	Ruhe 1.3	--	--
	Ruhe 1.4	--	--
Suche 1	Suche 1.1	Luftfeuchtigkeit	0,05
	Suche 1.2	Höhenlage	0,01
		Außentemperatur	0,01
	Suche 1.3	Höhenlage	0,05
		Außentemperatur	0,01
		Luftfeuchtigkeit	0,05
Suche 1.4	Außentemperatur	0,01	
	Luftfeuchtigkeit	0,05	
Suche 1.5	Außentemperatur	0,01	
	Luftfeuchtigkeit	0,01	
Pause	Pause 1.1	Höhenlage	0,05
	Pause 1.2	Außentemperatur	0,001
	Pause 1.3	Außentemperatur	0,05
	Pause 1.4	--	--
Suche 2	Suche 2.1	Körpertemperatur	0,05
		Luftfeuchtigkeit	0,01
	Suche 2.2	Höhenlage	0,01
		Außentemperatur	0,01
		Luftfeuchtigkeit	0,01
	Suche 2.3	Höhenlage	0,01
		Körpergewicht	0,05
Luftfeuchtigkeit		0,001	
Suche 2.4	Höhenlage	0,001	
	Geländebeschaffenheit	0,01	
	Körpergewicht	0,01	
	Außentemperatur	0,01	
	Luftfeuchtigkeit	0,01	
Suche 2.5	Körpergewicht	0,05	
	Außentemperatur	0,05	
	Luftfeuchtigkeit	0,05	
Erhol.1	Erholung 1.1	Höhenlage	0,05
		Körpertemperatur	0,01
	Erholung 1.2	--	--
	Erholung 1.3	--	--
Erhol.2	Erholung 1.4	Körpertemperatur	0,05
	Erholung 2.1	--	--
	Erholung 2.2	Außentemperatur	0,01
	Erholung 2.3	Außentemperatur	0,05
Erhol.3	Erholung 2.4	--	--
	Erholung 3.1	Außentemperatur	0,05
	Erholung 3.2	--	--
	Erholung 3.3	--	--
	Erholung 3.4	--	--

4.2.2 Einfluss des Alters auf die Aktivität

Es konnte aufgrund der univariaten Varianzanalyse kein signifikanter Einfluss des Alters auf die Aktivität nachgewiesen werden. Im Verlauf der Aktivitätskurve konnten jedoch innerhalb einer Altersgruppe signifikante Ergebnisse berechnet werden. Bei allen drei Altersgruppen (I: < 4 Jahre, II: 4 – 7 Jahre, III: > 7 Jahre) war ein signifikanter Abfall in der Aktivität von der ersten Suche zur zweiten Suche zu sehen ($p \leq 0,001$). Die Aktivität während der ersten Suche war durchschnittlich bei 213 ± 77 mG bis 216 ± 79 mG. Während der zweiten Suche war die durchschnittliche Aktivität der Altersgruppe III mit 166 ± 82 mG am niedrigsten. Die Altersgruppe I (186 ± 68 mG) und die Altersgruppe II (190 ± 71 mG) unterschieden sich nur wenig in ihrer Aktivität.

Im Vergleich der Suche 1.5 mit der Suche 2.5, die Zeit während des Auffindens des Figuranten, war kein signifikanter Unterschied in der Aktivität bei der Altersgruppe I und II zu sehen. Bei den über 7 Jahre alten Hunden (Altersgruppe III) hingegen lag auch hier ein signifikanter Abfall von der ersten Suche auf die zweite Suche vor ($p \leq 0,05$).

Bei den über siebenjährigen Hunden war bereits ein signifikanter Abfall in der Aktivität während der ersten Suche von der Suche 1.1 auf die Suche 1.2 vorhanden ($p \leq 0,05$), während bei der Altersgruppe II ein signifikanter Abfall erst nach 8 Minuten auftrat ($p \leq 0,05$). Bei der Altersgruppe I hingegen war während der gesamten ersten Suche kein signifikanter Abfall der Aktivität erkennbar.

Zeit- abschnitt	T1	Ruhe	T2	Suche 1	T3	Pause	T4	Suche 2	T5	Erholung 1	T6	Erholung 2	T7	Erholung 3	T8
(min)	4	16	4	20	4	16	4	20	4	16	4	16	4	16	4

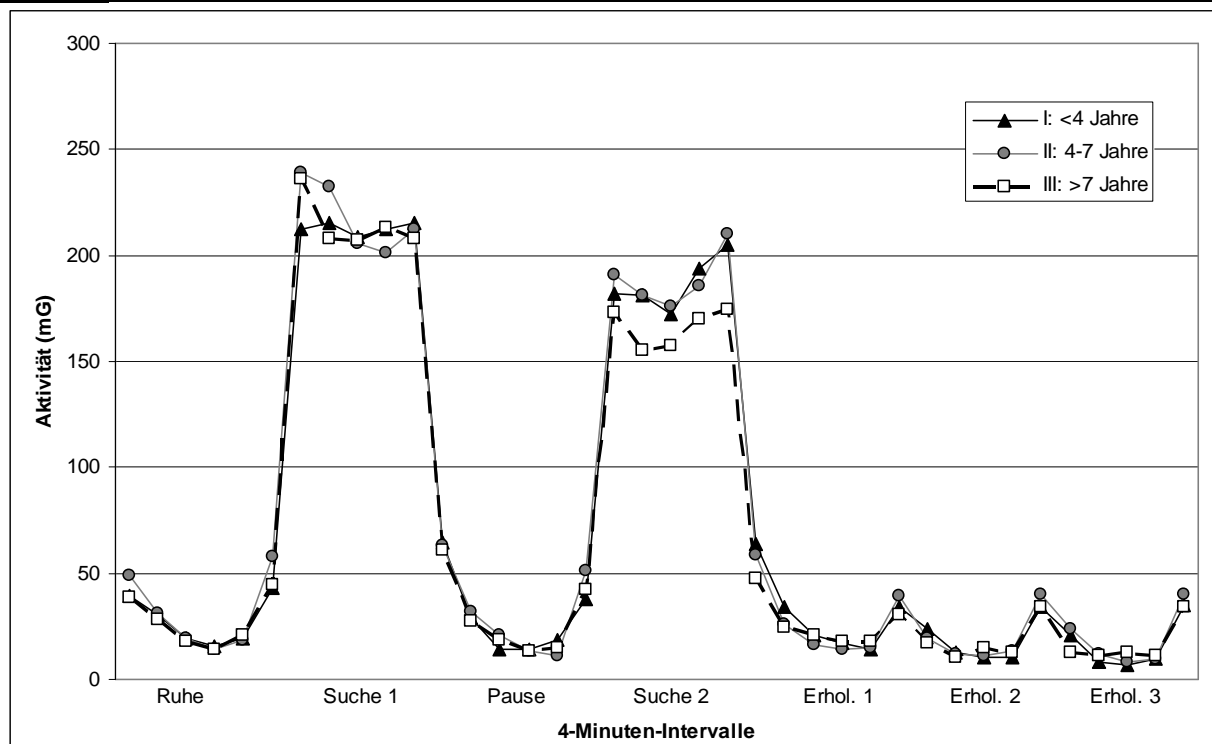


Abbildung 11: Detailbetrachtung der Aktivität (mG) während der Ruhe- und Belastungszeit, während der acht Probenahmen sowie in der Pausen- und Erholungszeit in Abhängigkeit vom Alter. Angegeben sind die 4-Minuten-Intervalle aus den fünf Übungen (Altersklasse I: N = 7; II: N = 8; III: N = 4).

4.2.3 Einfluss des Körpergewichtes auf die Aktivität

Ein signifikanter Einfluss des Körpergewichtes auf die durchschnittliche Aktivität konnte während der zweiten Suche im Abschnitt Suche 2.3 ($p \leq 0,05$), Suche 2.4 ($p \leq 0,01$) und Suche 2.5 ($p \leq 0,05$) nachgewiesen werden. Ein um ein Kilogramm höheres Körpergewicht bewirkte eine um durchschnittlich 4 bis 6 mG niedrigere Aktivität.

4.2.4 Einfluss der Körpertemperatur auf die Aktivität

Ein signifikanter Einfluss der Körpertemperatur auf die Aktivität konnte in der Suche 2.1 ($p \leq 0,05$) und in der Erholung 1.1 ($p \leq 0,01$) und 1.4 ($p \leq 0,05$) festgestellt werden. In der Suche 2.1 war eine um 1°C höhere Körpertemperatur zum Zeitpunkt T4 mit einer um 63 mG

höheren Aktivität verbunden. Während in der Erholungsphase eine um 1°C höhere Körpertemperatur zum Zeitpunkt T5 in Zusammenhang mit einer um 15 mG höheren Aktivität in der Erholung 1.1 und mit einer um 9 mG höheren Aktivität in der Erholung 1.4 stand.

4.2.5 Einfluss der Fellbeschaffenheit auf die Aktivität

Ein signifikanter Einfluss der Fellbeschaffenheit (Kurzhaar, Langhaar, Stockhaar) auf die durchschnittliche Aktivität konnte nicht nachgewiesen werden.

4.2.6 Einfluss des Geschlechtes auf die Aktivität

Die weiblichen Tiere unterschieden sich in ihrer durchschnittlichen Aktivität nicht signifikant von den männlichen.

4.2.7 Einfluss der Klimafaktoren Umgebungstemperatur und Luftfeuchtigkeit auf die Aktivität

Die Umgebungstemperatur beeinflusste die durchschnittliche Aktivität signifikant während den Belastungsdurchgängen in den Intervallen Suche 1.2 bis Suche 1.5 ($p \leq 0,01$) und in den Intervallen Suche 2.2 bis Suche 2.5 ($p \leq 0,01$). Während dieser Zeitintervalle lag bei einer um 1°C höheren Umgebungstemperatur eine um 4 bis 6 mG höhere Aktivität vor. In den Ruhephasen konnte ein signifikanter Einfluss der Umgebungstemperatur auf die Aktivität in der Pause 1.2 ($p \leq 0,001$), in der Pause 1.3 ($p \leq 0,05$), in der Erholung 2.2 ($p \leq 0,01$), in der Erholung 2.3 ($p \leq 0,05$) und in der Erholung 3.1 ($p \leq 0,05$) nachgewiesen werden. Eine um 1°C höhere Umgebungstemperatur war mit einer um 1 mG höheren Aktivität verbunden.

Die Luftfeuchtigkeit hatte während den Belastungsdurchgängen in der Suche 1.1, Suche 1.3 bis Suche 1.5, und in der Suche 2.1 bis Suche 2.5 einen signifikanten Einfluss ($p \leq 0,05$ bis $0,001$) auf die durchschnittliche Aktivität. Es zeigte sich eine um 10 mG höhere Aktivität mit Erhöhung der Luftfeuchtigkeit um 10 %.

4.3 Körpertemperatur

4.3.1 Verlauf der Körpertemperatur

Bei den Hunden wurden insgesamt 688 Temperaturmessungen durchgeführt.

Einfluss der Belastung auf die Körpertemperatur

Kein signifikanter Unterschied der rektalen Körpertemperaturen zum Startzeitpunkt T1 war zwischen den fünf Übungen mit durchschnittlichen Werten zwischen $38,5 \pm 0,3^\circ\text{C}$ und $38,8 \pm 0,3^\circ\text{C}$ gegeben. Die Ruhekörpertemperaturen zum Zeitpunkt T2 lagen bei allen fünf Übungen zwischen $38,4 \pm 0,3^\circ\text{C}$ und $38,6 \pm 0,2^\circ\text{C}$ und unterschieden sich auch zu diesem Messzeitpunkt nicht signifikant. In allen Übungen erfolgte ein signifikanter Anstieg der Körpertemperatur ($p \leq 0,001$) nach beiden Belastungen (T3 und T5) gegenüber dem Ruhe- bzw. Pausenwert (siehe Abbildung 12 und 13). Die durchschnittliche Körpertemperatur unterschied sich dabei zwischen den einzelnen Übungen nicht signifikant. Nach Belastung lag die durchschnittliche Körpertemperatur auf den Höhenlagen I und II zwischen $39,5 \pm 0,5^\circ\text{C}$ und $39,8 \pm 0,6^\circ\text{C}$ und auf Höhenlage III zwischen $39,2 \pm 0,5^\circ\text{C}$ und $39,3 \pm 0,5^\circ\text{C}$. Innerhalb einer Belastungsform konnte nur auf *Höhenlage I - Trümmer* und auf *Höhenlage II - Bewuchs* ein signifikanter Unterschied ($p \leq 0,05$) der durchschnittlichen Körpertemperatur nach Belastung zwischen der ersten und der zweiten Suche festgestellt werden. In diesen beiden Belastungsformen erreichte die Körpertemperatur nach der Suche 2 (T5) durchschnittlich $0,2^\circ\text{C}$ weniger als nach der Suche 1 (T3).

Einfluss der Ruhe-, Pausen- und Erholungszeit

Nach der Ruhephase zum Zeitpunkt T2 lagen die durchschnittlichen Körpertemperaturen außer auf *Höhenlage II - Trümmer* und auf *Höhenlage III - Trümmer* signifikant ($p \leq 0,05$) unter den Körpertemperaturen zum Startzeitpunkt (T1). In allen fünf Übungen war die durchschnittliche Körpertemperatur nach 16 Minuten Pause (T4) bzw. nach 16 Minuten Erholung (T6) mit Werten zwischen $38,6 \pm 0,3^\circ\text{C}$ und $38,9 \pm 0,5^\circ\text{C}$ signifikant ($p \leq 0,001$) gegenüber den Belastungswerten abgesunken (siehe Abbildung 12 und 13). Jedoch lag die Körpertemperatur bei allen fünf Übungen sowohl nach der Pause (T4) als auch nach der Erholung 1 (T6) noch signifikant ($p \leq 0,05$ bis $0,001$) über den Ruhewerten (T2). In der weiteren Erholungsphase kam es zu einem kontinuierlichen Abfall der Körpertemperatur. Die durchschnittliche Körpertemperatur erreichte nach Erholung 2 (T7) die Ruhewerte und lag

nach Erholung 3 (T8) mit 0,1°C bis 0,3°C deutlich unter den Ruhewerten (T2) (siehe Abbildung 12 und 13).

Zeit- abschnitt	T1	Ruhe	T2	Suche 1	T3	Pause	T4	Suche 2	T5	Erholung 1	T6	Erholung 2	T7	Erholung 3	T8
(min)	4	16	4	20	4	16	4	20	4	16	4	16	4	16	4

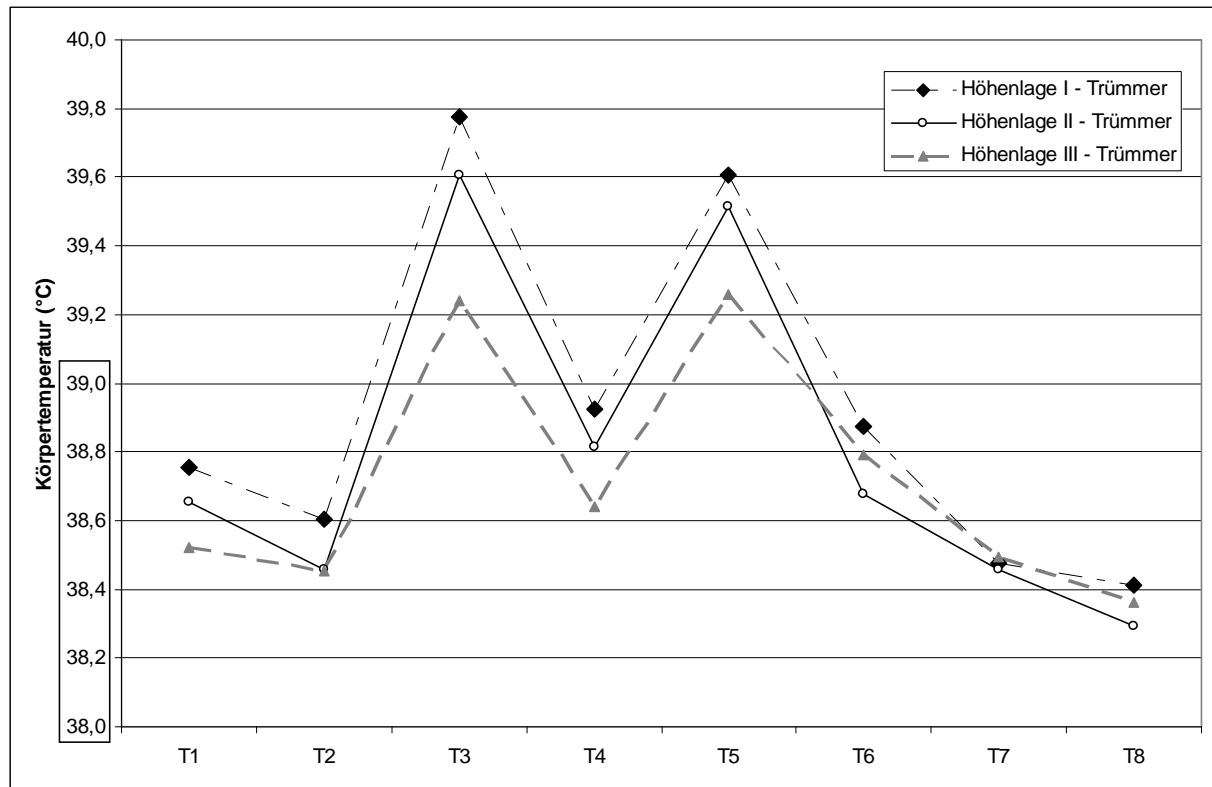


Abbildung 12: Mittelwerte der rektalen Körpertemperatur (°C) zu den acht Probennahmen auf der Geländeform Trümmer auf den Höhenlagen I, II und III.

(Probenzeitpunkt: T1: Start; T2: nach 16 min Ruhe; T3: nach den ersten 20 min Suchbelastung; T4: nach 16 min Pause; T5: nach den zweiten 20 min Suchbelastung; T6: nach den ersten 16 min Erholung; T7: nach den zweiten 16 min Erholung; T8: nach den dritten 16 min Erholung; Höhenlage I und II: N = 18; Höhenlage III: N = 15). Referenzwerte sind schwarz umrahmt.

Zeit- abschnitt	T1	Ruhe	T2	Suche 1	T3	Pause	T4	Suche 2	T5	Erholung 1	T6	Erholung 2	T7	Erholung 3	T8
(min)	4	16	4	20	4	16	4	20	4	16	4	16	4	16	4

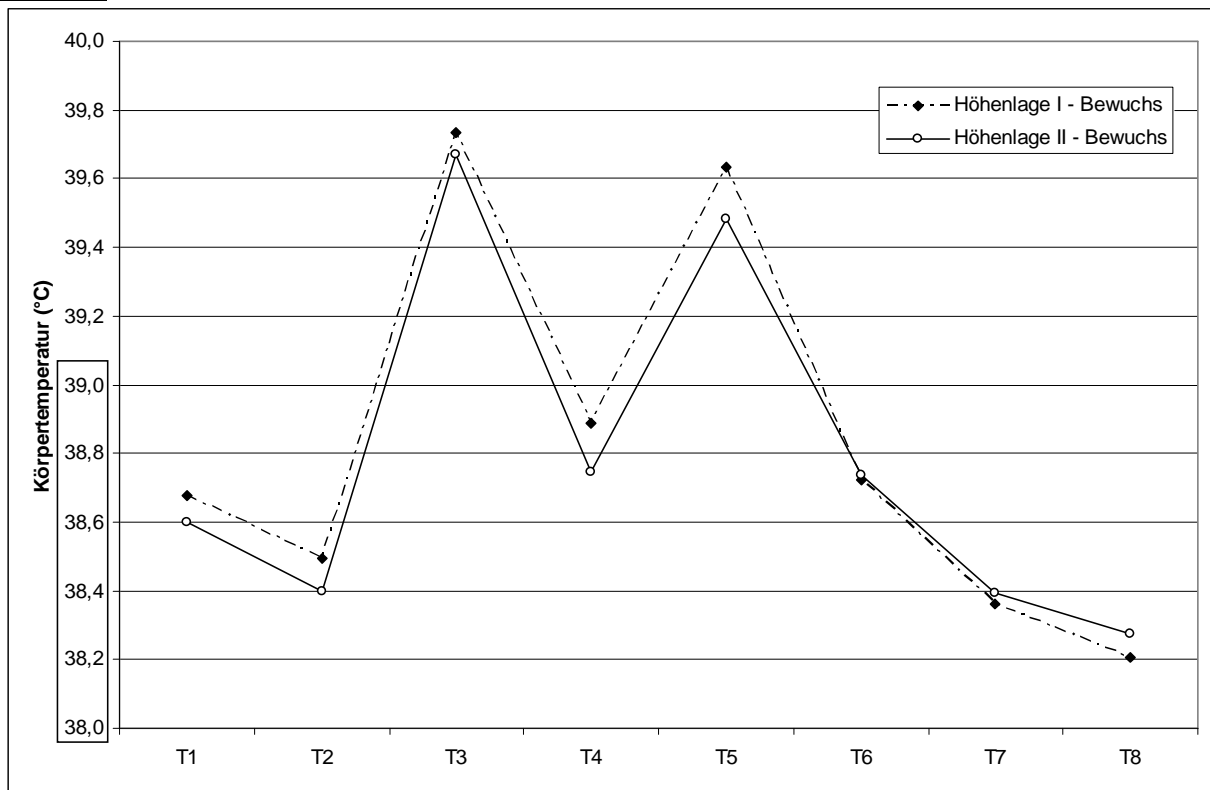


Abbildung 13: Mittelwerte der rektalen Körpertemperatur (°C) zu den acht Probenahmen auf der Geländeform Bewuchs auf den Höhenlagen I und II (Probenzeitpunkt: T1: Start; T2: nach 16 min Ruhe; T3: nach den ersten 20 min Suchbelastung; T4: nach 16 min Pause; T5: nach den zweiten 20 min Suchbelastung; T6: nach den ersten 16 min Erholung; T7: nach den zweiten 16 min Erholung; T8: nach den dritten 16 min Erholung; Höhenlage I: N = 18; Höhenlage II: N = 17). Referenzwerte sind schwarz umrahmt.

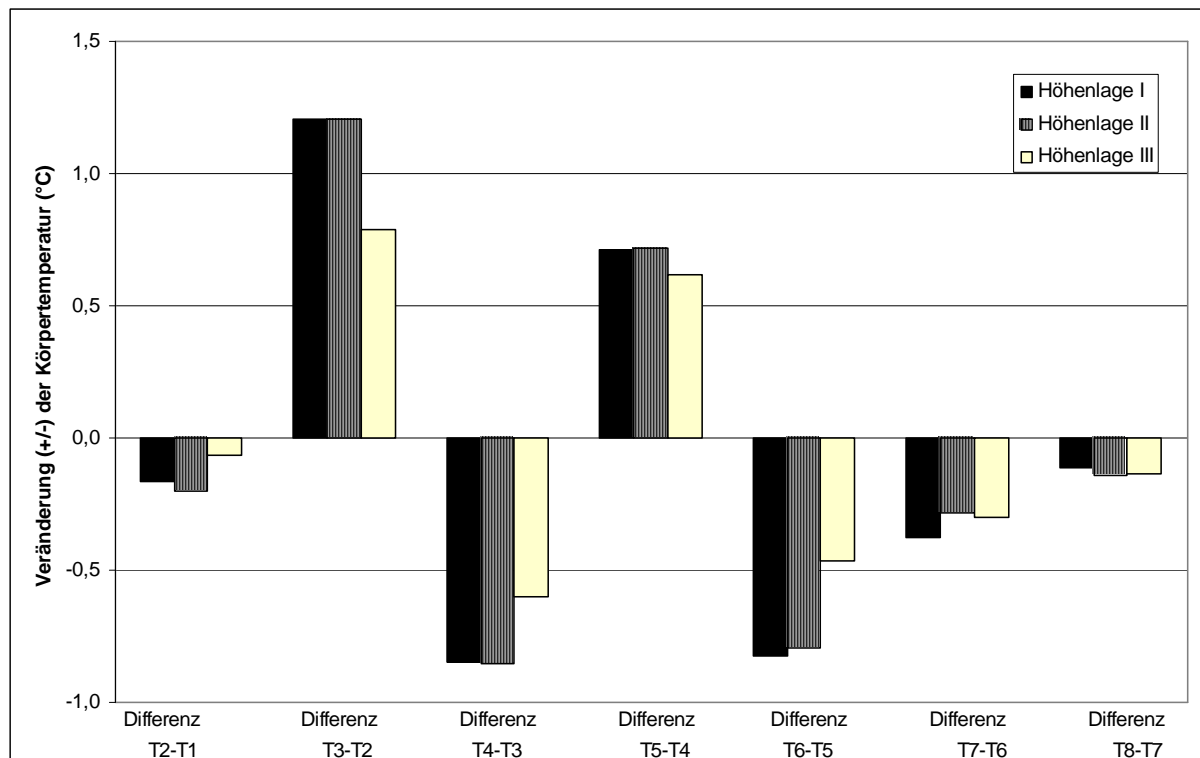


Abbildung 14: Darstellung des belastungsbedingten Anstiegs bzw. Abfalls der rektalen Körpertemperatur (°C) in der Ruhe-, Pausen- und Erholungszeit sowie signifikante Unterschiede zwischen den drei Höhenlagen I, II und III (Probenzeitpunkt: T1: Start; T2: nach 16 min Ruhe; T3: nach den ersten 20 min Suchbelastung; T4: nach 16 min Pause; T5: nach den zweiten 20 min Suchbelastung; T6: nach den ersten 16 min Erholung; T7: nach den zweiten 16 min Erholung; T8: nach den dritten 16 min Erholung; Höhenlage I: N = 18, II: N = 17, III: N = 15).

Vergleich der Höhenlagen

Sowohl nach den beiden Suchdurchgängen (T3 und T5) als auch in der Pause (T4) ergab die Varianzanalyse einen signifikanten Einfluss ($p \leq 0,05$ bis $p \leq 0,001$) der Höhenlagen auf die Körpertemperaturen. Auf der Höhenlage III lagen zu diesen drei Messzeitpunkten die durchschnittlichen Körpertemperaturen signifikant unter denen der Höhenlagen I und II.

Der Anstieg der Körpertemperatur nach der ersten Suche war auf der Höhenlage III signifikant geringer als auf Höhenlage I ($p \leq 0,05$) und II ($p \leq 0,001$).

Vergleich der Geländeformen

Zu keinem Zeitpunkt der Probennahme konnte ein signifikanter Einfluss der Geländeform auf die Körpertemperatur nachgewiesen werden.

Tabelle 13: Übersicht über die in der univariaten Varianzanalyse signifikanten Einflussfaktoren auf die Körpertemperatur zu den acht Probenzeitpunkten (T1 bis T8).

Probenzeitpunkt	Einflussfaktor	p≤
T1	--	--
T2	Herzfrequenz	0,05
T3	Höhenlage	0,01
	Aktivität	0,05
	Fellbeschaffenheit	0,001
	Außentemperatur	0,05
T4	Höhenlage	0,05
	Körpergewicht	0,01
	Fellbeschaffenheit	0,001
	Geschlecht	0,001
T5	Höhenlage	0,001
	Aktivität	0,001
	Körpergewicht	0,05
	Fellbeschaffenheit	0,001
T6	Körpergewicht	0,05
	Fellbeschaffenheit	0,05
	Geschlecht	0,05
T7	--	--
T8	--	--

4.3.2 Einfluss der Aktivität auf die Körpertemperatur

Die Aktivität während der beiden Suchdurchgänge hatte einen signifikanten Einfluss (1. Durchgang $p \leq 0,05$; 2. Durchgang $p \leq 0,001$) auf die im Anschluss gemessene Körpertemperatur. So bewirkte eine durchschnittliche Aktivitätserhöhung von 10 mG während einer Suche einen durchschnittlichen Anstieg der Körpertemperatur von $0,02^\circ\text{C}$ zum Zeitpunkt T3 und $0,03^\circ\text{C}$ zum Zeitpunkt T5.

4.3.3 Einfluss der Herzfrequenz auf die Körpertemperatur

Nur während der Ruhephase konnte ein signifikanter Einfluss ($p \leq 0,05$) der Herzfrequenz auf die Körpertemperatur nachgewiesen werden. Hier bewirkte ein durchschnittlicher Anstieg der Herzfrequenz um 10 bpm eine Erhöhung der Körpertemperatur um $0,05^\circ\text{C}$ zum Zeitpunkt T2.

4.3.4 Einfluss des Alters auf die Körpertemperatur

Zu keinem Zeitpunkt der Probennahme konnte ein signifikanter Einfluss des Alters auf die Körpertemperatur nachgewiesen werden.

4.3.5 Einfluss des Körpergewichtes auf die Körpertemperatur

Ein signifikanter Einfluss des Körpergewichtes auf die durchschnittliche Körpertemperatur zeigte sich zu den Probennahmen T4 ($p \leq 0,01$), T5 ($p \leq 0,05$) und T6 ($p \leq 0,05$). Ein durchschnittlich um 1 kg schwereres Körpergewicht bewirkte eine bis zu $0,09^\circ\text{C}$ höhere Körpertemperatur.

4.3.6 Einfluss der Fellbeschaffenheit auf die Körpertemperatur

Ein signifikanter Einfluss der Fellbeschaffenheit (Kurzhaar, Langhaar, Stockhaar) auf die durchschnittliche Körpertemperatur konnte nach den beiden Belastungsdurchgängen (T3, T5; $p \leq 0,001$), in der Pause (T4; $p \leq 0,001$) und nach der Erholungsphase 1 (T6; $p \leq 0,05$) nachgewiesen werden. Hier lag die durchschnittlich gemessene Körpertemperatur unter Berücksichtigung der gegebenen Einflussfaktoren bei den Kurzhaarhunden stets signifikant ($p \leq 0,01$ bis $0,001$) unter den Werten der langhaarigen und stockhaarigen Hunde.

Zeit- abschnitt	T1	Ruhe	T2	Suche 1	T3	Pause	T4	Suche 2	T5	Erholung 1	T6	Erholung 2	T7	Erholung 3	T8
(min)	4	16	4	20	4	16	4	20	4	16	4	16	4	16	4

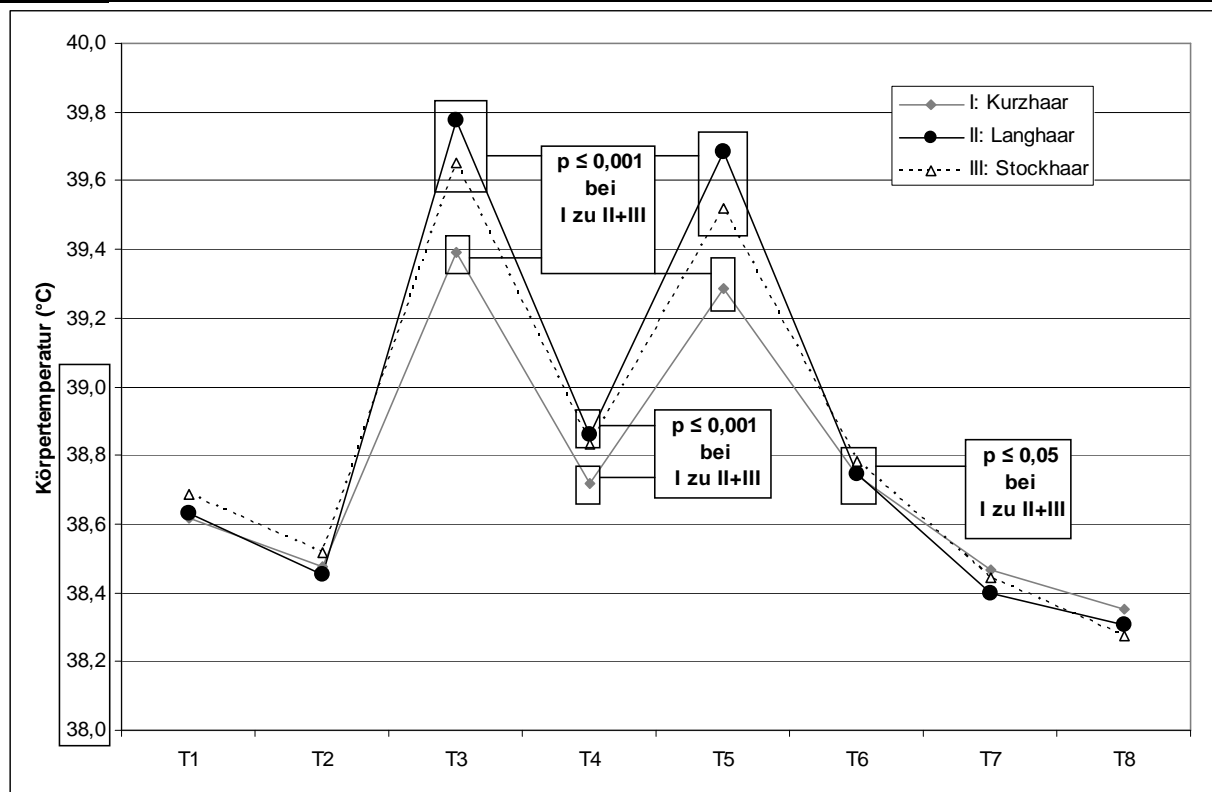


Abbildung 15: Mittelwerte der rektalen Körpertemperatur (°C) zu den acht Probennahmen in Abhängigkeit von der Fellbeschaffenheit.

(Probenzeitpunkt: T1: Start; T2: nach 16 min Ruhe; T3: nach den ersten 20 min Suchbelastung; T4: nach 16 min Pause; T5: nach den zweiten 20 min Suchbelastung; T6: nach den ersten 16 min Erholung; T7: nach den zweiten 16 min Erholung; T8: nach den dritten 16 min Erholung; Fellbeschaffenheit I: Kurzhaar, N = 5; II: Langhaar, N = 6; III: Stockhaar, N = 7). Referenzwerte sind schwarz umrahmt.

4.3.7 Einfluss des Geschlechtes auf die Körpertemperatur

Ein signifikanter Einfluss des Geschlechtes auf die Körpertemperatur zeigte sich nach der Pause (T4) und nach der Erholung 1 (T6). Die weiblichen Hunde hatten in den Probennahmen T4 und T6 eine um 0,4°C bzw. 0,6°C signifikant ($p \leq 0,001$ und $p \leq 0,05$) höhere Körpertemperatur als die männlichen.

4.3.8 Einfluss der Klimafaktoren Umgebungstemperatur und Luftfeuchtigkeit auf die Körpertemperatur

Ein signifikanter Einfluss der Umgebungstemperatur auf die durchschnittliche Körpertemperatur konnte nur zum Messzeitpunkt T3 ($p \leq 0,05$) nachgewiesen werden. Eine um 1°C höhere Umgebungstemperatur bewirkte eine um 0,03°C höhere Körpertemperatur nach der ersten Suche.

4.4 Endokrine Parameter

Es wurden bei den 19 Hunden insgesamt 736 Speichelproben genommen.

4.4.1 Qualitätskontrolle des Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA)

In diesen Untersuchungen wurde die Präzision der Methode durch die unten angegebenen intra- und interspezifischen Variationskoeffizienten bei caninen Speichelkortisolproben überprüft.

Tabelle 14: Intra- und Interspezifische Variation (VK) in Abhängigkeit von der Kortisolkonzentration in caninen Speichelproben ($M \pm SD$)

Intraspezifische Variation		M (nmol/l)	SD (nmol/l)	N	VK (%)
Pool	canin	7,7	0,3	4	4,1

Interspezifische Variation		M (nmol/l)	SD (nmol/l)	N	VK (%)
Pool	canin	8,5	0,8	6	9,7

4.4.2 Verlauf der Speichelkortisol-Konzentration

Die Kortisolkonzentrationen unterschieden sich bei den fünf Übungen zu keinem Zeitpunkt signifikant voneinander.

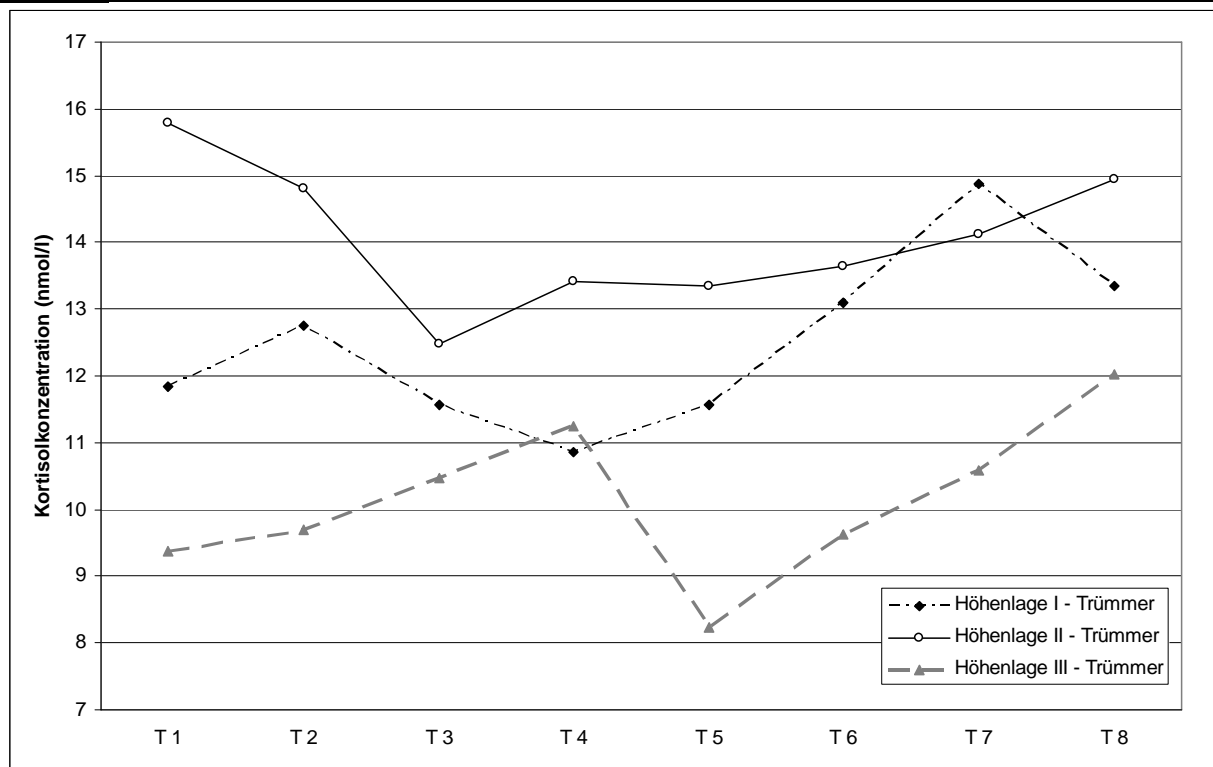
Auf *Höhenlage I - Trümmer* (Anreise mit Auto) zeigte sich ein Anstieg der Kortisolkonzentration um 1 nmol/l von der Probennahme T1 auf $12,8 \pm 7,9$ nmol/l zum Messzeitpunkt T2. Es folgte ein kontinuierlicher Abfall bis zur Probennahme T4. Hier wurden die tiefsten Werte dieser Übung mit $10,8 \pm 4,6$ nmol/l erreicht. Danach zeigte sich ein kontinuierlicher Anstieg bis zum Zeitpunkt T7, dieser lag signifikant ($p \leq 0,05$) höher als T4. Mit einer Kortisolkonzentration von durchschnittlich $14,9 \pm 9,4$ nmol/l wurden auf *Höhenlage I - Trümmer* zum Zeitpunkt T7 die höchsten Konzentrationen gemessen. Zur Probennahme T8 fielen die Werte wieder auf $13,4 \pm$ nmol/l ab (siehe Abbildung 16).

Ein ähnlicher, lediglich zeitversetzter Verlauf zeigte sich auf *Höhenlage III - Trümmer* (Anreise mit Auto bzw Seilbahn). Die Hunde starteten mit durchschnittlichen Kortisolkonzentrationen von $9,4 \pm 5,3$ nmol/l. Ein kontinuierlicher Anstieg bis zum Probenzeitpunkt T4 folgte. Es folgte ein deutlicher Abfall der Kortisolkonzentration von durchschnittlich $11,3 \pm 9,7$ nmol/l zum Zeitpunkt T4 auf $8,2 \pm 4,4$ nmol/l zum Zeitpunkt T5. Im weiteren Verlauf stieg die Kortisolkonzentration kontinuierlich an bis zum Probenzeitpunkt T8. Zu diesem Messzeitpunkt lagen die Konzentrationen signifikant ($p \leq 0,05$) höher als zum Zeitpunkt T2 und wiesen mit durchschnittlich $12,0 \pm 7,4$ nmol/l die höchsten Werte dieser Übung auf (siehe Abbildung 16).

Auf *Höhenlage II - Trümmer* (längere Anmarschstrecke) starteten die Hunde mit Kortisolkonzentrationen von $15,8 \pm 9,1$ nmol/l deutlich höher als in den anderen vier Übungen. Ein Abfall der Werte bis zum Messzeitpunkt T3 folgte. Hier lagen die durchschnittlich niedrigsten Konzentrationen dieser Übung bei $12,5 \pm 5,4$ nmol/l. Bis zum Probenzeitpunkt T8 stieg die Kortisolkonzentration wieder kontinuierlich an und lag bei $14,9 \pm 5,9$ nmol/l (siehe Abbildung 16).

Auf der Geländeform Bewuchs (*Höhenlage I*, Anreise mit Auto und *Höhenlage II*, kurzer Aufstieg) verliefen die Kurven einheitlicher als auf der Geländeform Trümmer. Die Kortisolkonzentrationen bewegten sich auf einem relativ einheitlichen Niveau mit Werten zwischen $10,9 \pm 6,7$ nmol/l und $12,9$ nmol/l. Eine Ausnahme bildete *Höhenlage I - Bewuchs* mit einem deutlichen Abfall der Kortisolkonzentration zum Probenzeitpunkt T3 ($9,5 \pm 4,1$ nmol/l). Bei *Höhenlage I - Bewuchs* sowie bei *Höhenlage II - Bewuchs* stiegen die Kortisolkonzentrationen von T5 ($11,0 \pm 5,9$ nmol/l und $11,9 \pm 5,7$ nmol/l) bis zum Messzeitpunkt T7 leicht an, um bei T8 wieder auf $12,0 \pm 4,5$ nmol/l (*Höhenlage I - Bewuchs*) und $12,4 \pm 4,7$ (*Höhenlage II - Bewuchs*) zu fallen (siehe Abbildung 17). Auf *Höhenlage I - Bewuchs* lag die Kortisolkonzentration zum Probenzeitpunkt T3 signifikant unter den Werten von den Probezeitpunkten T7 und T8 ($p \leq 0,05$).

Zeit- abschnitt	T1	Ruhe	T2	Suche 1	T3	Pause	T4	Suche 2	T5	Erholung 1	T6	Erholung 2	T7	Erholung 3	T8
(min)	4	16	4	20	4	16	4	20	4	16	4	16	4	16	4



Übung	Probenzeitpunkte	Signifikanz
Höhenlage I - Trümmer	T4 : T7	$p \leq 0,05$
Höhenlage II - Trümmer	T1 : T4	$p \leq 0,05$
Höhenlage III - Trümmer	T2 : T8	$p \leq 0,05$
	T5 : T7	$p \leq 0,05$
	T5 : T8	$p \leq 0,05$
	T6 : T7	$p \leq 0,05$

Abbildung 16: Mittlere Kortisolkonzentrationen (nmol/l) zu den acht Probenahmen auf der Geländeform Trümmer auf den Höhenlagen I, II und III (Probenzeitpunkt: T1: Start; T2: nach 16 min Ruhe; T3: nach den ersten 20 min Suchbelastung; T4: nach 16 min Pause; T5: nach den zweiten 20 min Suchbelastung; T6: nach den ersten 16 min Erholung; T7: nach den zweiten 16 min Erholung; T8: nach den dritten 16 min Erholung; Höhenlage I und II: N = 19; Höhenlage III: N = 17).

Zeit- abschnitt	T1	Ruhe	T2	Suche 1	T3	Pause	T4	Suche 2	T5	Erholung 1	T6	Erholung 2	T7	Erholung 3	T8
(min)	4	16	4	20	4	16	4	20	4	16	4	16	4	16	4

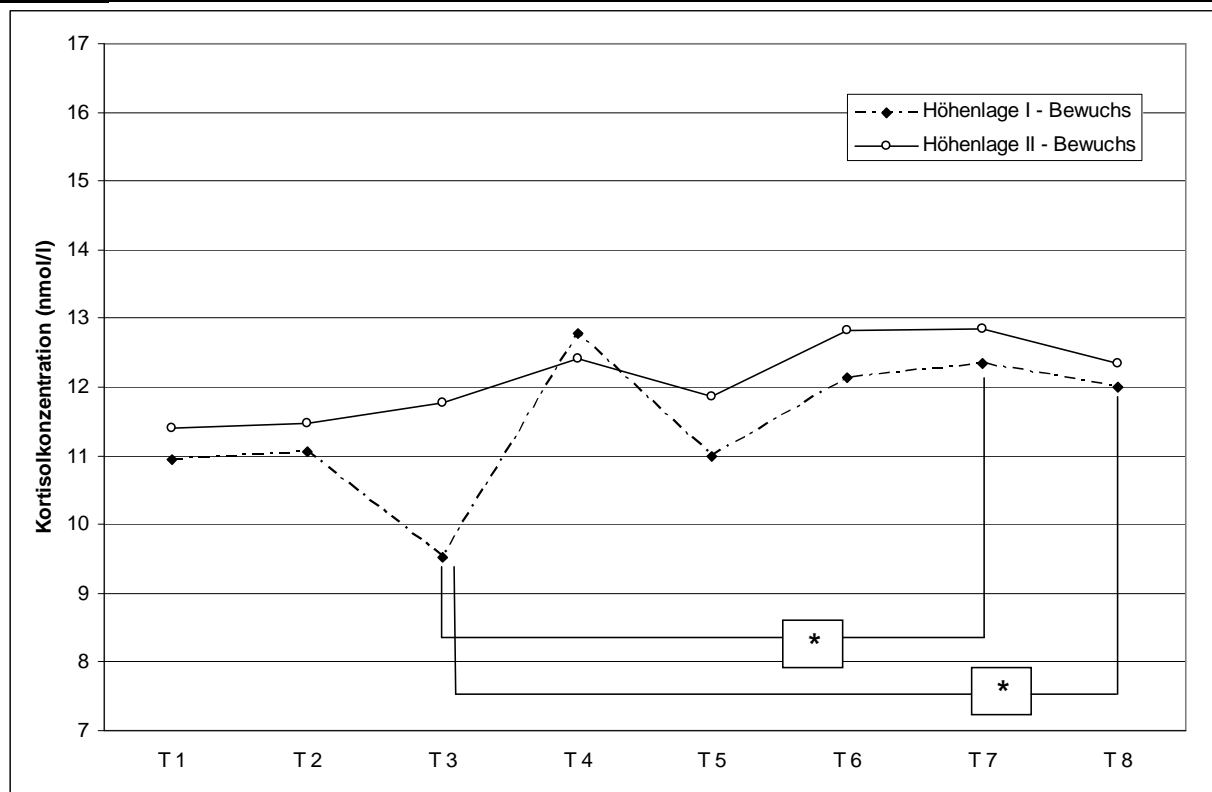


Abbildung 17: Mittlere Kortisolkonzentrationen (nmol/l) zu den acht Probenahmen auf der Geländeform Bewuchs auf den Höhenlagen I und II (Probenzeitpunkt: T1: Start; T2: nach 16 min Ruhe; T3: nach den ersten 20 min Suchbelastung; T4: nach 16 min Pause; T5: nach den zweiten 20 min Suchbelastung; T6: nach den ersten 16 min Erholung; T7: nach den zweiten 16 min Erholung; T8: nach den dritten 16 min Erholung; Höhenlage I und II: N = 19; * $p \leq 0,05$).

Vergleich der Höhenlagen

Sowohl nach der Ruhephase (T2) als auch nach der zweiten Belastung (T5) ergab die Varianzanalyse einen signifikanten Einfluss ($p \leq 0,05$) der Höhenlagen auf die Kortisolkonzentration. Auf der Höhenlage III lagen zu diesen zwei Messzeitpunkten die durchschnittlichen Kortisolkonzentrationen signifikant unter denen der Höhenlagen I und II.

Vergleich der Geländeformen

Zu keinem Zeitpunkt der Probennahme konnte ein signifikanter Einfluss der Geländeform auf die Kortisolkonzentration nachgewiesen werden. Jedoch unterschied sich der Verlauf der Kortisolkurven zwischen den beiden Geländeformen deutlich (siehe Kapitel 4.4.2 Verlauf der Speichelkortisol-Konzentration).

Tabelle 15: Übersicht über die in der univariaten Varianzanalyse signifikanten Einflussfaktoren auf die Speichelkortisolkonzentration zu den acht Probenzeitpunkten (T1 bis T8).

Probenzeitpunkt	Einflussfaktor	p≤
T1	Alter	0,01
T2	Höhenlage	0,05
	Alter	0,01
	Außentemperatur	0,01
T3	Aktivität	0,01
	Alter	0,001
	Körpertemperatur	0,05
	Geschlecht	0,01
T4	Alter	0,001
T5	Höhenlage	0,05
	Alter	0,01
	Außentemperatur	0,01
T6	--	--
T7	--	--
T8	--	--

4.4.3 Einfluss der Aktivität auf die Speichelkortisol-Konzentration

Während der ersten Suche konnte ein signifikanter Einfluss ($p \leq 0,01$) der Aktivität auf die Kortisolkonzentration zum Zeitpunkt T3 nachgewiesen werden. Hier bewirkte ein durchschnittlicher Anstieg der Aktivität um 10 mG während der ersten Suche eine durchschnittliche Erhöhung der Kortisolkonzentration um 0,3 nmol/l.

4.4.4 Einfluss der Herzfrequenz auf die Speichelkortisol-Konzentration

Zu keinem Zeitpunkt der Probennahme konnte ein signifikanter Einfluss der Herzfrequenz auf die Kortisolkonzentration nachgewiesen werden.

4.4.5 Einfluss des Alters auf die Speichelkortisol-Konzentration

Ein signifikanter Einfluss des Alters (I: < 4 Jahre, II: 4 - 7 Jahre, III: > 7 Jahre) auf die durchschnittliche Kortisolkonzentration konnte zum Startzeitpunkt (T1, $p \leq 0,01$), nach der Ruhe (T2, $p \leq 0,01$), nach beiden Belastungsdurchgängen (T3 und T5, $p \leq 0,01$ bis 0,001) sowie nach der Pause (T4, $p \leq 0,001$) nachgewiesen werden. Hier lag die durchschnittlich gemessene Kortisolkonzentration bei den über sieben Jahre alten Hunden stets signifikant ($p \leq 0,01$) über den Werten der beiden anderen Altersgruppen (siehe Abbildung 18).

Zeit- abschnitt	T1	Ruhe	T2	Suche 1	T3	Pause	T4	Suche 2	T5	Erholung 1	T6	Erholung 2	T7	Erholung 3	T8
(min)	4	16	4	20	4	16	4	20	4	16	4	16	4	16	4

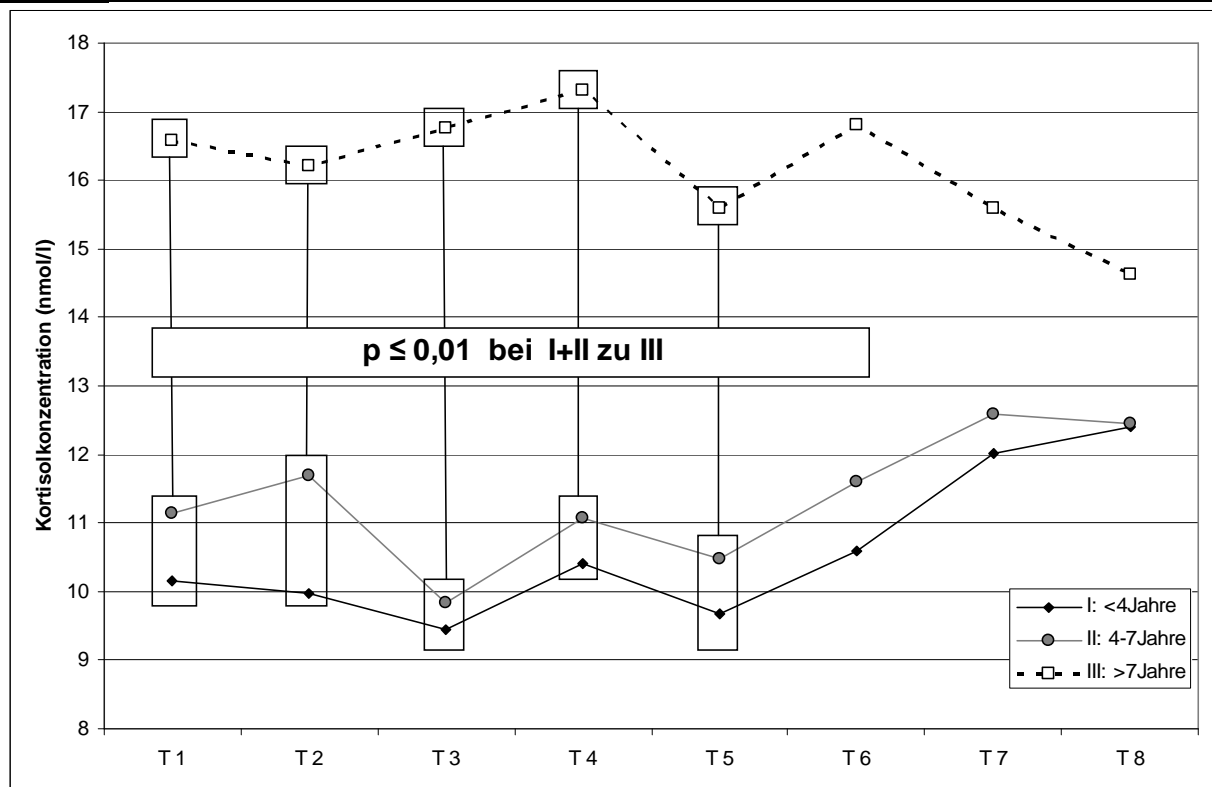


Abbildung 18: Speichelkortisol-Konzentration (nmol/l) zu den acht Probenahmen in Abhängigkeit vom Alter der Hunde. Angegeben sind die Mittelwerte aus den fünf Übungen (Probenzeitpunkt: T1: Start; T2: nach 16 min Ruhe; T3: nach den ersten 20 min Suchbelastung; T4: nach 16 min Pause; T5: nach den zweiten 20 min Suchbelastung; T6: nach den ersten 16 min Erholung; T7: nach den zweiten 16 min Erholung; T8: nach den dritten 16 min Erholung; Altersklasse I: N = 7; II: N = 7; III: N = 4).

4.4.6 Einfluss des Körpergewichtes auf die Speichel-Kortisolkonzentration

Ein signifikanter Einfluss des Körpergewichtes auf die Kortisolkonzentration konnte nicht nachgewiesen werden.

4.4.7 Einfluss der Körpertemperatur auf die Speichel-Kortisolkonzentration

Ein signifikanter Einfluss der Körpertemperatur auf die Kortisolkonzentration konnte nach der ersten Suche zur Probennahme T3 nachgewiesen werden ($p \leq 0,05$). Zu diesem Zeitpunkt war eine um 1°C höhere Körpertemperatur mit einer um durchschnittlich $3,3 \text{ nmol/l}$ niedrigeren Kortisolkonzentration verbunden.

4.4.8 Einfluss des Geschlechtes auf die Speichel-Kortisolkonzentration

Die weiblichen Hunde hatten über den gesamten Versuchszeitraum eine durchschnittlich niedrigere Speichelkortisol-Konzentration als die männlichen Hunde. Ein signifikanter Unterschied wurde mit Hilfe des T-Tests nur zum Probenzeitpunkt T2 nachgewiesen. Hier lagen die Konzentrationen der weiblichen Hunde mit $9,8 \pm 4,1 \text{ nmol/l}$ signifikant ($p \leq 0,05$) unter denen der männlichen Hunde mit $13,4 \pm 8,0 \text{ nmol/l}$.

Zeit- abschnitt	T1	Ruhe	T2	Suche 1	T3	Pause	T4	Suche 2	T5	Erholung 1	T6	Erholung 2	T7	Erholung 3	T8
(min)	4	16	4	20	4	16	4	20	4	16	4	16	4	16	4

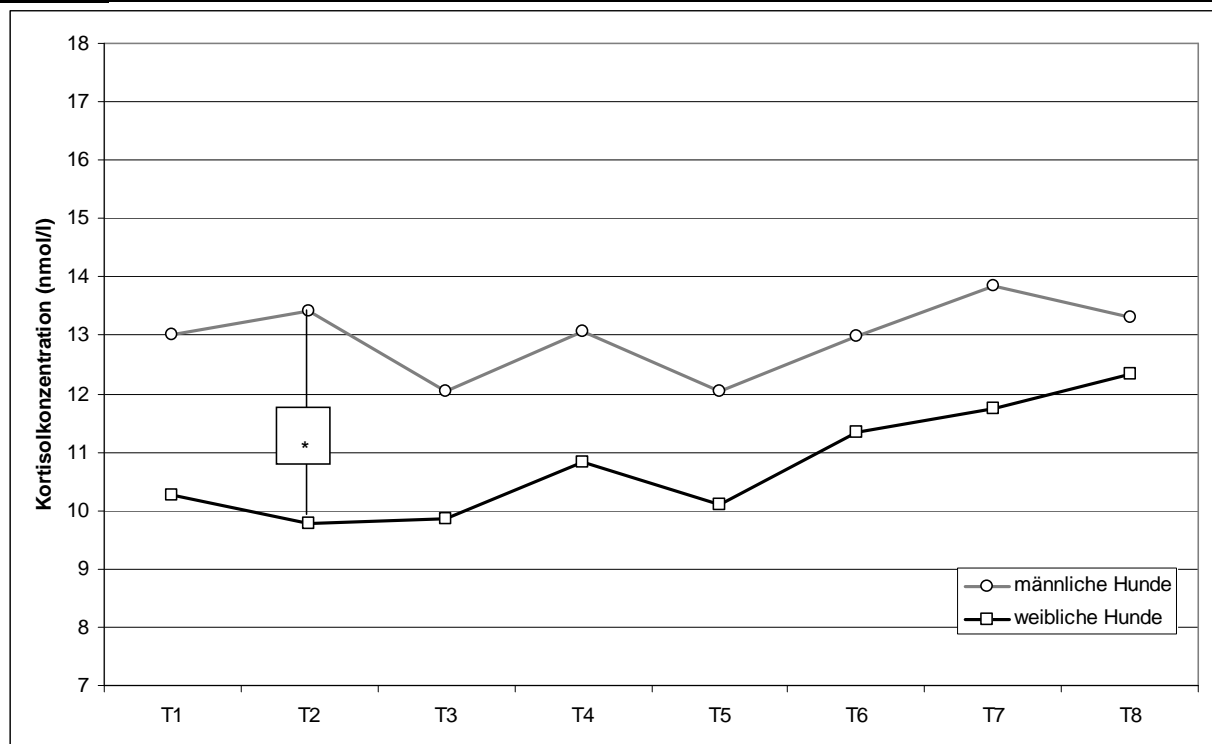


Abbildung 19: Speichelkortisol-Konzentration (nmol/l) zu den acht Probennahmen in Abhängigkeit vom Geschlecht der Hunde. Angegeben sind die Mittelwerte aus den fünf Übungen (Probenzeitpunkt: T1: Start; T2: nach 16 min Ruhe; T3: nach den ersten 20 min Suchbelastung; T4: nach 16 min Pause; T5: nach den zweiten 20 min Suchbelastung; T6: nach den ersten 16 min Erholung; T7: nach den zweiten 16 min Erholung; T8: nach den dritten 16 min Erholung; weibliche Hunde: N = 7, männliche Hunde: N = 11; * $p \leq 0,05$).

4.4.9 Einfluss der Klimafaktoren Umgebungstemperatur und Luftfeuchtigkeit auf die Speichel-Kortisolkonzentration

Die Kortisolkonzentrationen zum Zeitpunkt T2 und T5 wurden von den Klimafaktoren beeinflusst. Hier war sowohl zum Probenzeitpunkt T2 als auch zum Probenzeitpunkt T5 eine um 1°C höhere Umgebungstemperatur mit einer um 0,3 nmol/l niedrigeren Kortisolkonzentration verbunden ($p \leq 0,01$).

4.5 Klimafaktoren

4.5.1 Außentemperatur

Die durchschnittlichen Umgebungstemperaturen auf der Höhenlage I betragen $15,0 \pm 6,0^{\circ}\text{C}$, auf der Höhenlage II $12,2 \pm 4,2^{\circ}\text{C}$ und auf der Höhenlage III $12,3 \pm 5,5^{\circ}\text{C}$ (siehe Tabelle 16).

Tabelle 16: Übersicht über die durchschnittlichen Umgebungstemperaturen ($^{\circ}\text{C}$) in den drei Höhenlagen I, II und III als Mittel über die gesamte Versuchszeit sowie zu den Probenzeitpunkten. Angegeben sind die Mittelwerte (M), die Standardabweichung (SD), sowie die Anzahl der gemessenen Umgebungstemperaturen (N). (Probenzeitpunkt: T1: Start; T2: nach 16 min Ruhe; T3: nach den ersten 20 min Suchbelastung; T4: nach 16 min Pause; T5: nach den zweiten 20 min Suchbelastung; T6: nach den ersten 16 min Erholung; T7: nach den zweiten 16 min Erholung; T8: nach den dritten 16 min Erholung).

Umgebungs- Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)		Gesamt	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Höhenlage I	M	15,0	15,5	15,0	15,0	14,8	14,8	15,1	15,0	14,8
	SD	6,0	6,1	5,9	6,1	6,1	5,9	5,8	6,0	6,0
	N		36	36	36	36	36	35	34	34
Höhenlage II	M	12,2	12,6	12,4	12,4	12,2	12,3	12,1	12,0	11,9
	SD	4,2	4,8	4,0	4,2	4,2	4,2	4,0	4,1	4,1
	N		34	31	31	31	32	32	31	31
Höhenlage III	M	12,3	12,7	12,3	12,3	12,8	12,4	11,9	11,8	12,0
	SD	5,5	6,3	5,7	5,4	5,7	5,5	5,2	5,0	5,1
	N		16	16	16	16	16	16	16	16

4.5.2 Luftfeuchtigkeit

Die relative Luftfeuchtigkeit lag im Bereich von 48,0 % bis 100,0 %. Auf der Höhenlage I wurden durchschnittlich 84 %, auf der Höhenlage II wurden durchschnittlich 72,9 % und auf der Höhenlage III wurden durchschnittlich 76,6 % Luftfeuchtigkeit gemessen (siehe Tabelle 17).

Tabelle 17: Übersicht über die durchschnittliche Luftfeuchtigkeit (%) in den drei Höhenlagen I, II und III als Mittel über die gesamte Versuchszeit sowie zu den Probenzeitpunkten. Angegeben sind die Mittelwerte (M), die Standardabweichung (SD), sowie die Anzahl der gemessenen Luftfeuchtigkeiten (N). (Probenzeitpunkt: T1: Start; T2: nach 16 min Ruhe; T3: nach den ersten 20 min Suchbelastung; T4: nach 16 min Pause; T5: nach den zweiten 20 min Suchbelastung; T6: nach den ersten 16 min Erholung; T7: nach den zweiten 16 min Erholung; T8: nach den dritten 16 min Erholung).

Luftfeuchtigkeit (%)		Gesamt	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Höhenlage I	M	84,0	84,1	84,4	84,5	84,5	84,1	83,6	83,4	83,2
	SD	16,3	15,8	15,7	16,3	16,3	16,5	16,4	16,7	16,7
	N		32	32	32	32	32	32	32	32
Höhenlage II	M	72,9	72,0	71,3	71,4	71,4	74,0	74,3	74,2	74,2
	SD	19,7	18,6	19,7	20,0	20,0	19,5	19,7	19,8	19,8
	N		29	29	29	29	29	29	29	29
Höhenlage III	M	76,6	76,9	76,9	76,8	76,8	76,1	76,3	76,3	76,3
	SD	11,2	11,6	11,6	11,3	11,3	10,8	11,0	11,0	11,0
	N		16	16	16	16	16	16	16	16

5 Diskussion

5.1 Diskussion der Methoden

5.1.1 Versuchsaufbau

Die 19 Rettungshunde der unterschiedlichen Staffeln waren hinsichtlich Alter, Rasse, Geschlecht, Temperament, Trainingszustand und Einsatzerfahrung heterogen zusammengesetzt. Auch die Rettungshundeführer hatten unterschiedliche Einsatzerfahrung. Auf der Höhenlage II bei der Flächensuche im dichten Bewuchs fehlte ein Hund, auf der Höhenlage III bei der Trümmersuche fielen drei Hunde krankheitsbedingt aus. Die relativ geringe Tierzahl in Verbindung mit großen individuellen Variationen kann zur Beeinflussung der statistisch signifikanten Ergebnisse geführt haben. Die Interpretation der Ergebnisse kann nur in Abhängigkeit dieser Faktoren erfolgen. Der Versuchsaufbau war grundsätzlich geeignet, um den Höhengeneinfluss der Höhenlagen I, II und III auf die Suchbelastung der Rettungshunde in den alpinen Einsatzgebieten zu untersuchen. Zudem waren mit Hilfe des Versuchsaufbaus unterschiedliche Belastungen bei der Trümmer- und der Flächenarbeit im dichten Bewuchs zu erkennen. Bei der Interpretation der Ergebnisse muss beachtet werden, dass auf der Höhenlage III nur die Möglichkeit einer Übung auf der Geländebeschaffenheit Trümmer bestand und daher kein direkter Vergleich mit einer Suche im dichten Bewuchs mehr vorhanden war. Die Suchdauer von zwei mal zwanzig Minuten wurde von der Rettungshundestudie von Köhler (2003) übernommen, um eine submaximale Belastung zu erhalten.

5.1.2 Methoden

Messung der Herzfrequenz

Die positiven Erfahrungen der Herzfrequenzmessung mit Accurex Plus™ von Polar in der Rettungshundestudie von Köhler (2003) wurden in dieser Studie bestätigt. Die Hunde zeigten weder eine Beeinträchtigung ihres Bewegungsablaufes durch das Tragen des Messgerätes, noch wurde ihre Aufmerksamkeit in der Suche durch die Gurte abgelenkt. Ein Vorteil gegenüber der vorangegangenen Studie bestand in der Anwendung des neuen elastischen Elektrodengurtes von Polar, der sich dem V-förmigen Brustkorb des Hundes besser anpasste als der starre Gurt. Dadurch kam es beim Schütteln oder Wälzen der Hunde und beim

Springen von großen Felsbrocken kaum mehr zu Ausfällen der Herzfrequenzmessung. Aufgrund von Einwirken des Hundeführers durch Klopfen auf den Brustkorb oder Festhalten am Geschirr kam es jedoch zu Fehlmessungen.

Der Messbereich der Herzfrequenzuhr zwischen 10 bpm und 240 bpm liegt unter den in der Literatur angegebenen, maximal gemessenen Herzfrequenzen von Hunden (siehe Tabelle 2). In dieser Studie wurden jedoch weder Herzfrequenzen unter 10 bpm noch über 240 bpm von den Hunden erreicht.

Die Herzfrequenzuhr Accurex Plus™ von Polar erlaubt eine sensitive, einfache, nicht invasive und kontinuierliche Möglichkeit zur Registrierung von Herzfrequenzen über einen längeren Zeitraum. Mit Hilfe einer Koppelsoftware war es zudem möglich, gezielte Sequenzen der Herzfrequenz zeitgleich mit der Bewegungsaktivität zu berechnen. Dies erlaubt einen sofortigen Vergleich von Herzfrequenz und Aktivität, einen schnellen Überblick über die Kurvenverläufe sowie die Abhängigkeit beider Parameter voneinander.

Messung der Aktivität

Die Hunde trugen das in das Halsband integrierte Aktometer wie gewöhnliche Halsbänder, und es konnten keinerlei Beeinträchtigungen der Sucharbeit festgestellt werden. Durch die Größe und das Gewicht einer Sportuhr und ohne die Notwendigkeit einer Verkabelung aufgrund der integrierten Hardware und Batterie schränkt es den Hund in seiner Bewegung nicht ein. ActiTrac™ ermöglicht eine kontinuierliche Registrierung der Bewegungsaktivität mit einer normierten Aktivitätsangabe in mG. Das Aktometer hat bei der Erhebung von Aktivitätsdaten wesentliche Vorteile gegenüber Kameraaufnahmen. Eine kontinuierliche Beobachtung der Hunde während der Sucharbeit von Rettungshunden mittels Videoaufnahme ist im weitläufigen und unübersichtlichen Gelände nicht möglich. Hinzu kommen die hohen Geschwindigkeiten und der schnelle Richtungswechsel der Hunde während der Suche, weshalb ein Einsatz von fest installierten Kameras für eine Bewegungsauswertung in diesem Ausmaß nicht umsetzbar ist. Ein Kameramann stellt jedoch sowohl einen optischen als auch einen olfaktorischen Störfaktor für den Hund bei der Suche dar. Eine zusätzliche Erschwernis für das Filmen stellen schlechte Wetterbedingungen dar. Jedoch liegt auch eine hohe Wasserempfindlichkeit des Aktometers vor. Dies stellt vor allem bei Feldversuchen einen großen Nachteil dar. Diese Schwierigkeit kann aber durch einen provisorisch übergezogenen Gummihandschuh leicht behoben werden.

Ein weiterer großer Vorteil des ActiTrac™ besteht in der leichten Handhabung. Durch die zeitlich von der Untersuchung getrennte Programmierungs- und Auswertungsmöglichkeit ist

vor Ort keine weitere Einstellung mehr nötig. Gerade bei widrigen Witterungsverhältnissen ist dies von großem Vorteil. Durch die schnelle Übertragung mittels serieller Schnittstelle auf den PC erhält man sofort auswertbare Ergebnisse. Diese sind durch die normierte Aktivitätsangabe in mG objektiv. Mittels der Koppelsoftware ist es zudem möglich, gezielte Sequenzen der Bewegungsaktivität zeitgleich mit der Herzfrequenz berechnen zu lassen (siehe Kapitel 5.2.1.). Ein Nachteil des ActiTrac™ liegt jedoch darin, dass keine Rückschlüsse von der Höhe der Aktivität auf das jeweilige Verhalten bzw. die Bewegungsart gezogen werden können. Es ist erforderlich, wichtige Verhaltensweisen durch Direktbeobachtung festzuhalten, um sie mit der jeweiligen Aktivität und Herzfrequenz vergleichen zu können. Jedoch ist es möglich, mit Hilfe von ActiTrac™ eine Ermüdung des Hundes während einer Suche objektiv nachzuweisen. Dies ist durch den direkten Vergleich zweier aufeinander folgender Suchdurchgänge mit identischem Gelände und gleicher Belastungsdauer umzusetzen. Der Einsatz vom Aktometer bei Hunden in weiteren Studien wäre vor allem in Kombination mit einer Körperpositionsmessung sinnvoll, um eine Aussage über die Bewegungsart zu treffen. Bei großen Haus- oder Wildtieren wurde diese Kombination von Scheibe et al. (1998) zur Erfassung von verschiedenen Aktivitätsmustern herangezogen. Aufgrund des hohen Gewichtes ist die Handhabung des Gerätes bisher jedoch nicht an Tieren mit der Körpergröße eines Hundes möglich.

Insgesamt stellt die Aktivitätsmessung mit dem ActiTrac™ eine sensitive, einfache, nicht invasive Möglichkeit dar, die Höhe der Aktivität über längere Zeit kontinuierlich telemetrisch aufzuzeichnen.

Messung der rektalen Körpertemperatur

Die rektale Körpertemperaturmessung wurde - mit Ausnahme eines Hundes - gut toleriert und war leicht durchführbar. Eine Verfälschung der Ergebnisse durch Erhöhung der Körpertemperatur aufgrund psychischer Belastung ist daher auszuschließen.

Die Messung der rektalen Körpertemperatur ist eine einfache, schnelle, aussagekräftige und sichere Methode, die Belastung von Hunden zu beurteilen, ohne invasive Techniken anzuwenden. Somit stellt sie auch für den Hundebesitzer selbst unter erschwerten Klima- und Geländebedingungen eine schnell verfügbare Messmethode zur Beurteilung der Belastung des eigenen Hundes dar.

Messung der Speichelkortisol-Konzentration

In der vorangegangenen Arbeit über Rettungshunde von Köhler (2003) bewährte sich die Entnahme von Speichel zur Kortisolmessung als eine einfache und nicht invasive Methode, um eine höhere Probenfrequenz zu ermöglichen. Dies bestätigte sich auch in dieser Studie. Die Entnahme von Speichel beim Hund zur Messung der Kortisolkonzentration kann bis zu vier Minuten benötigen, ohne einen Handlingseffekt in der Kortisolkonzentration zu bewirken (Kobelt et al., 2003). Dadurch beeinflusste die Probenentnahme von durchschnittlich vier Minuten in der vorliegenden Arbeit die gewonnenen Ergebnisse nicht. Beerda et al. (1996) zeigten in ihrer Studie, dass Speichelkortisol eine berechtigte Alternative zu Plasmakortisol bei Hunden darstellt. Ein zusätzlicher Vorteil des Speichelkortisols gegenüber dem Blutkortisolspiegel ist die Unabhängigkeit von den Serumprotein-Konzentrationschwankungen im Blut (Vining et al., 1983).

In dieser Studie wurde der Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA) anstelle des häufig verwendeten Radioimmunoassays (RIA) und anstelle des in der Vorstudie benützten Lumineszenz-Immunoassays (LIA) verwendet. Aufgrund der niedrigen Kortisolkonzentration im Hundespeichel ist eine sehr sensitive Analysemethode notwendig. Da der ELISA einen sehr engen Messbereich (zwischen 1,4 nmol/l und 22,4 nmol/l) aufwies, lagen die Speichel-Kortisolkonzentrationen der Hunde nahe an der Nachweisgrenze. Infolge der Abflachung der Standardkurve im niedrigen und hohen Konzentrationsbereich konnten die Konzentrationsunterschiede in diesen Bereichen weniger gut differenziert werden. Daher ist vor allem in dieser Untersuchung bei Proben mit Konzentrationen, die in den abgeflachten Messbereich der Standardkurve fielen, mit einer hohen Fehlerquote zu rechnen.

Die nachgewiesene pulsatile Ausschüttung von Kortisol ist ein Einflussfaktor, den man bei der Betrachtung der Ergebnisse laut Kirschbaum und Hellhammer (1999) nicht außer Acht lassen darf. Auch wird immer wieder der beim Menschen und vielen Tierarten nachgewiesene circadiane Rhythmus der Kortisolkonzentration beim Hund kontrovers diskutiert (Vining et al., 1983; Kemppainen and Sartin, 1984; Johnston and Mather, 1987; Palazzolo and Quadri, 1987b, a; Murase et al., 1988; Orth et al., 1988; Kirschbaum et al., 1989; Ruis et al., 1997; Beerda et al., 1999). Jedoch wurde in der neuesten Studie von Kolevska (2003) gezeigt, dass ein möglicherweise vorhandener Tagesrhythmus der Kortisolkonzentration aufgrund von physischen und psychischen Belastungen überlagert und nicht mehr nachweisbar wird. Da in der vorliegenden Studie eine deutliche physische Belastung gegeben war, überlagerte diese einen möglichen Tagesrhythmus der Kortisolausschüttung. Somit ist eine gute Aussagekraft der Ergebnisse gegeben.

5.2 Diskussion der Ergebnisse

5.2.1 Veränderungen der Parameter innerhalb des Versuchsablaufes

Die Hunde lagen während ihrer Ruhephase in allen fünf Übungen bei allen untersuchten Parametern (Herzfrequenz, Aktivität, Körpertemperatur und Speichelkortisol) statistisch abgesichert auf gleichem Niveau.

So lagen die Herzfrequenzen zwischen $88,3 \pm 20,7$ bpm und $98,1 \pm 21,4$ bpm und unterschieden sich zwischen den fünf Übungen nicht signifikant. Diese Werte entsprechen den allgemein angegebenen Ruheherzfrequenzen von Spörri (1987) bei Hunden großer Rassen. Vergleicht man jedoch die Ergebnisse mit den Ruheherzfrequenzen, die vor unterschiedlichen Belastungen bei Labor- sowie bei Arbeitshunden gemessen wurden, liegen die Ruheherzfrequenzen der Rettungshunde in dieser Studie im unteren Bereich. Dies kann auf einen guten Trainingszustand der untersuchten Rettungshunde hinweisen (Wyatt and Mitchell, 1974; Mackintosh et al., 1983). Eine weitere Ursache für die niedrigen Ruheherzfrequenzen kann in der Gelassenheit der an solche Trainingseinheiten gewöhnten Hunde liegen.

Die durchschnittlichen Aktivitäten der beprobten Rettungshunde lagen in der Ruhephase bei allen fünf Übungen zwischen $17,3 \pm 11,1$ mG und $25,2 \pm 12,3$ mG und unterschieden sich auch wie die Herzfrequenzen nicht signifikant. In der Literatur gibt es bei Hunden bisher noch keine vergleichbaren Untersuchungen, die mit Hilfe dieser Messmethode Aktivität in Beschleunigung angeben. Jedoch ist mit einer ansteigenden Aktivität ein Anstieg der Herzfrequenz verbunden (Miyazaki et al., 2002). Da die Herzfrequenzen in dieser Phase den physiologischen Ruheherzfrequenzen entsprachen, kann man davon ausgehen, dass die gemessenen Aktivitäten denen der Ruheaktivität bei einem trainierten Rettungshund vor Belastung entsprachen.

Die rektalen Körpertemperaturen zum Startzeitpunkt betrugen $38,5 \pm 0,3^\circ\text{C}$ bis $38,8 \pm 0,3^\circ\text{C}$, die ebenso wie die durchschnittlichen Körpertemperaturen nach der Ruhe mit $38,4 \pm 0,3^\circ\text{C}$ und $38,6 \pm 0,2^\circ\text{C}$ im physiologischen Bereich der in der Literatur beschriebenen Körpertemperatur bei Arbeitshunden vor der Belastung lagen (Phillips et al., 1981; Bjotvedt et al., 1984; Ilkiw et al., 1989; Strasser et al., 1993; Köhler, 2003).

Während der beiden Belastungsphasen, der Suche 1 und der Suche 2, liefen die Hunde auf dem gleichen Niveau mit durchschnittlichen Herzfrequenzen zwischen $155,8 \pm 14,9$ bpm und $165,0 \pm 13,3$ bpm. Eine Ausnahme stellte die Übung *Höhenlage I - Trümmer* dar, in der die Herzfrequenz in der Suche 2 signifikant niedriger als in der Suche 1 lag. In dieser Übung

konnte jedoch auch der größte Aktivitätsabfall von der Suche 1 auf die Suche 2 mit 44,3 mG und ein um 0,2°C geringerer Körpertemperaturanstieg nach der zweiten Suche (T5) gemessen werden. Die durchschnittlich gemessenen Herzfrequenzen während der fünf Übungen lagen im Vergleich zu denen der Rettungshunde von Köhler (2003) während der Suchbelastung in einer kombinierten Trümmer- und Flächensuche auf gleichem Niveau. Auch wurden über beide Suchbelastungen die Herzfrequenzen der Rettungshunde relativ konstant gehalten. Dies entspricht der Definition einer so genannten „steady - state“ - Belastung nach Sanders et al. (1977). Geht man davon aus, dass die Rettungshunde in dieser Studie in ihrer sog. „steady - state“ - Belastung mit 75 % ihrer maximalen Herzfrequenz liefen, läge ihre maximale Herzfrequenz zwischen 207,7 bpm und 220 bpm. Diese Herzfrequenz würde deutlich unter den angegebenen maximalen Herzfrequenzen von Hunden aus anderen Studien mit Werten zwischen 275 ± 3 bpm und 313 ± 9 bpm liegen (Sanders et al., 1977; Wagner et al., 1977; Musch et al., 1985). Ein Grund der niedrigeren Herzfrequenzen könnte der Trainingszustand der Rettungshunde sein, der einen wichtigen Einflussfaktor in der Optimierung der Herzfrequenz darstellt (Wyatt and Mitchell, 1974; Mackintosh et al., 1983). Einen weiteren Grund für die relativ niedrigen Herzfrequenzen stellt sicherlich die langsamere Geschwindigkeit der Rettungshunde während der Sucharbeit dar, da sich die Hunde dabei auf Gerüche konzentrieren müssen.

Die durchschnittlichen Aktivitäten der Rettungshunde lagen bei allen fünf Übungen während der Suchbelastung in der Suche 1 mit $190,4 \pm 78,5$ mG bis $240,6 \pm 88,6$ mG signifikant höher als in der Suche 2 mit Werten zwischen $162,6 \pm 76,2$ mG und $202,3 \pm 69,5$ mG. Mögliche Ursachen für den Aktivitätsabfall können ein Motivationsverlust der Hunde in der zweiten Suche oder eine Ermüdung darstellen. Da sich die durchschnittlichen Herzfrequenzen jedoch zwischen den beiden Suchdurchgängen nicht unterschieden, ist die abfallende Aktivität als ein Hinweis auf die Ermüdung der Hunde im zweiten Suchdurchgang zu werten. Es ist folglich davon auszugehen, dass die 16-minütigen Pause zwischen den beiden Suchdurchgängen für die Rettungshunde nicht ausreichte, um in der Suche 2 gleiche Aktivitätsleistung zu bringen.

Laut Miyazaki et al. (2002) steigt die Körpertemperatur mit ansteigender Aktivität. Auch in dieser Studie zeigte sich ein signifikanter Anstieg von den Ruhewerten (T2) zu den Körpertemperaturen nach Belastung (T3 und T5). Diese lagen auf den Höhenlagen I und II zwischen $39,5 \pm 0,5^\circ\text{C}$ und $39,8 \pm 0,6^\circ\text{C}$ und auf Höhenlage III mit Temperaturen zwischen $39,2 \pm 0,5^\circ\text{C}$ und $39,3 \pm 0,5^\circ\text{C}$ etwas niedriger. Da die Außentemperaturen auf der Höhenlage III mit den anderen Höhenlagen vergleichbar waren, scheidet die Außentemperatur als Grund für die niedrigeren Körpertemperaturen aus. Es beeinflussen jedoch weitere Klimafaktoren, so

zum Beispiel die Windgeschwindigkeit, die Körpertemperatur. Auf der Höhenlage III waren stets die spürbar stärksten Windgeschwindigkeiten, die jedoch in der Studie nicht erfasst wurden. Der Einfluss des Windes auf die Körpertemperatur beim Hund liegt in der Verwirbelung des isolierenden Felles. Dies führt zu einer erhöhten Wärmeabgabe über Konvektion (Jessen, 2005).

Die durchschnittlich gemessene Körpertemperatur nach Belastung lag in allen fünf Übungen deutlich unter denen nach Greyhound- und Schlittenhunderennen (Phillips et al., 1981; Bjoetvedt et al., 1984; Ilkiw et al., 1989; Rose and Bloomberg, 1989) sowie nach Apportierarbeit (Matwischuk et al., 1999) und den bei maximaler Belastung gemessenen Körpertemperaturen bei Laborhunden (Kozlowski et al., 1985; Kruk et al., 1985). Vergleichbar sind die rektalen Körpertemperaturen der Hunde in dieser Studie mit denen der Rettungshunde während der Sucharbeit aus der Studie von Köhler (2003) und der Studie über Rauschgiftsuche von Strasser (1993). Beide Male handelte es sich um eine Sucharbeit, in der die Hunde aufgrund ihrer Nasenarbeit nicht mit maximaler Geschwindigkeit liefen. Dies zeigt, dass zwei mal 20 Minuten Suche für die Rettungshunde in dieser Studie keine maximale körperliche Belastung darstellte. Jedoch ist mit den erfassten Parametern keine genaue Aussage über den psychischen Stress oder die „geistige“ Ermüdung zu machen. Einen Hinweis auf psychische Belastung könnte die Kortisolkonzentration geben. In der Literatur wurde bei psychischem Stress ein bis zu zehnfacher Anstieg der Kortisolkonzentration im Speichel beschrieben (Vincent and Michell, 1992; Beerda et al., 1998), der in dieser Studie jedoch nicht erreicht wurde. Zudem kann man bei einem Kortisolkonzentrationsanstieg bei zusätzlicher physischer Belastung keine Rückschlüsse auf den psychischen Stress ziehen (Stichnoth, 2002).

Ebenso wie die Herzfrequenzen und die Aktivitäten unterschieden sich die rektalen Körpertemperaturen außer auf *Höhenlage I - Trümmer* (s.o.) und auf *Höhenlage II - Bewuchs* nicht signifikant zwischen der Suche 1 (T3) und der Suche 2 (T5). Dies zeigt, dass es zu keiner Summation der körperlichen Belastung in der Körpertemperatur kam, obwohl die Ruhekörpertemperatur in der Pause nicht erreicht wurde. Die gleichen Ergebnisse erhielt Köhler (2003) in ihrer Studie über Rettungshunde bei gleicher Belastungs- und Pausendauer. Nach beiden Belastungen sanken die Herzfrequenzen wieder signifikant. Die Rettungshunde hatten in der Pause (nach der Suche 1) die gleichen durchschnittlichen Herzfrequenzen wie in der Erholung 1 (nach der Suche 2) mit durchschnittlichen Werten zwischen $98,0 \pm 16,9$ bpm und $108,5 \pm 25,8$ bpm. Diese Herzfrequenzen sind vergleichbar mit 15 bis 30 Minuten Erholung nach 10-minütigem Apportiertraining (Matwischuk et al., 1999), mit 30 Minuten

Erholung nach zwei mal 20 Minuten Flächensuche von Rettungshunden (Köhler, 2003) und mit 30 Minuten Erholung nach zwei mal 20 Minuten Laufbelastung von Rettungshunden neben dem Fahrrad (Köhler, 2003). Herzfrequenzen von Rettungshunden nach einer zwei mal 20-minütigen Lawinensuche bzw. zwei mal 20-minütigen Laufbelastung im Schnee neben Skiern erreichten vergleichbare Erholungsherzfrequenzen erst nach 60 Minuten (Köhler, 2003). Dies zeigt entweder eine geringere Belastung der Rettungshunde in Flächen- bzw. Trümmersuche im Vergleich zur Such- bzw. Laufbelastung im Schnee oder einen besseren Trainingszustand der Hunde in der vorliegenden Studie. Da jedoch die Herzfrequenzen der Rettungshunde in der Studie von Köhler (2003) in der Flächen- bzw. Trümmersuche denen aus der vorliegenden Studie entsprachen, ist die Herzfrequenzerhöhung im Winter auf die erschwerten Bedingungen im Schnee zurückzuführen.

Die durchschnittlichen Aktivitäten nach beiden Belastungsdurchgängen in der Pause und in der Erholung 1 lagen auf dem gleichen Niveau wie schon vor den Belastungen in der Ruhe. Dies lässt den Schluss zu, dass die Hunde durch die zwei Mal 20 Minuten Suche ausgelastet waren, da kein Herzfrequenzanstieg aufgrund psychischen Stresses gemessen wurde. Gleichzeitig waren die Hunde aber auch nicht überarbeitet, da kein Aktivitätsabfall aufgrund von Erschöpfung nachgewiesen werden konnte.

Die durchschnittlichen Körpertemperaturen nach der Pause (T4) und nach der Erholung 1 (T6) mit Werten zwischen $38,6 \pm 0,3^{\circ}\text{C}$ und $38,9 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ lagen signifikant unter denen nach beiden Belastungsdurchgängen (T3 und T5). Sie erreichten jedoch nicht die Körpertemperaturen nach der Ruhe (T2). Dies zeigt, dass die erforderliche Zeit, die die Körpertemperatur zum Absinken auf die Temperatur zur Startzeit benötigte, in der Pause und der Erholung 1 nicht erreicht wurde. Dies war auch in der Rettungshundestudie von Köhler (2003) nicht gegeben, in der die Regenerationszeit der Körpertemperatur über der Pausen- bzw. Erholungszeit von 20 Minuten lag.

In der weiteren Erholungszeit zeigte sich sowohl in der Herzfrequenz, in der Aktivität als auch in der Körpertemperatur ein kontinuierlicher Abfall. Dies lässt darauf schließen, dass die Hunde sich zunehmend entspannten.

Die Ruheherzfrequenzen der Hunde waren in der Erholung 2 wieder erreicht. Eine Ausnahme bildete die *Höhenlage II - Trümmer*, auf der die Ruheherzfrequenzen bereits in der Erholung 1 erreicht wurden. Die Körpertemperaturen erreichten nach der Erholung 2 die Ruhewerte und sanken in der Erholung 3 deutlich unter diese. Die drei Parameter zusammen betrachtet zeigen, dass eine Erholungszeit von 40 Minuten unter den gegebenen moderaten

Außentemperaturen zur Regeneration der Hunde ausreichte. Diese Ergebnisse waren bereits in der Rettungshundestudie von Köhler (2003) zu sehen.

Detaillierte Betrachtung der beiden 20-minütigen Belastungsdurchgänge

Die beiden Belastungsdurchgänge Suche 1 und Suche 2 waren jeweils so aufgebaut, dass der Hund in den ersten drei 4-Minuten-Intervallen 100 Höhenmeter überwindend bergauf suchte, dann der Wendepunkt folgte, und der Hund in den vierten und fünften 4-Minuten-Intervall die 100 Höhenmeter auf einem anderen Weg bergab suchte. Im fünften 4-Minuten-Intervall wurde zudem der Figurant gefunden und vom Hund angezeigt. Aufgrund dieses Übungsablaufes wäre ein Sinken der körperlichen Belastung nach dem Umkehrpunkt für den Hund zu erwarten gewesen, die in einer fallenden Herzfrequenz bzw. einem Aktivitätsanstieg zu sehen wäre. Ein signifikanter Abfall der Herzfrequenz nach dem Wendepunkt war nur in beiden Suchdurchgängen auf *Höhenlage II - Trümmer*, der ersten Suche auf *Höhenlage III - Trümmer* und in der zweiten Suche auf *Höhenlage I - Bewuchs* zu messen. Der nach dem Umkehrpunkt zu erwartende Aktivitätsanstieg bestätigte sich nur in den beiden Suchdurchgängen auf *Höhenlage II - Trümmer* und in der zweiten Suche auf *Höhenlage II - Bewuchs*. Dieses Ergebnis zeigte, dass die zu erwartende Erleichterung für den Hund nur auf *Höhenlage II - Trümmer* in den Parametern Herzfrequenz und Aktivität sichtbar wurde. Ein einheitlicher Einfluss der Höhenlage oder der Geländebeschaffenheit ist entweder nicht gegeben oder kristallisierte sich aufgrund anderer Einflussfaktoren nicht heraus.

Einfluss der Probennahmen auf die Belastung der Rettungshunde

Psychisch gestresste Hunde haben signifikant ansteigende Herzfrequenzen (Gaebelein et al., 1977; Galosy et al., 1979). Die durchschnittlichen Herzfrequenzen während der Probennahme zum Startzeitpunkt lagen zwischen $102,3 \pm 19,0$ bpm und $112,8 \pm 22,5$ bpm. Im Vergleich dazu lagen die Ruheherzfrequenzen zwischen $88,3 \pm 20,7$ bpm und $98,1 \pm 21,4$ bpm. Dies könnte ein Hinweis auf eine psychische Belastung der Hunde während der Probennahme sein, da auch die Herzfrequenzen von psychisch gestressten Hunden in der Studie von Grignolo et al. (1982) bei 111 ± 4 bpm im Vergleich zu den niedrigeren Kontrollwerten mit 101 ± 5 bpm lagen. Jedoch ist mit einer ansteigenden Aktivität auch ein Herzfrequenzanstieg verbunden (Miyazaki et al., 2002). Für die Probennahmen mussten die Hunde aufstehen und hatten während der ersten Probennahme Aktivitäten zwischen $34,9 \pm 18,3$ mG und $54,8 \pm 26,5$ mG im Vergleich zu den niedrigeren Aktivitäten in der anschließenden Ruhe mit Werten zwischen $17,3 \pm 11,1$ mG und $25,2 \pm 12,3$ mG. Damit lässt sich der Herzfrequenzanstieg während der

Probennahmen zum Großteil auf die höhere Aktivität während dieser erklären. Die Hunde scheinen durch die Probennahmen in dieser Arbeit nicht in zu großem Ausmaß psychisch gestresst worden zu sein.

Eine mögliche Summation der Stressbelastung aufgrund der häufigen Probennahmen während eines Versuchablaufes oder eine Gewöhnung an diese ist aufgrund der gleich bleibenden Herzfrequenzen bei gleich hohen Aktivitäten in den Probennahmen T1, T2, T4, T6, T7 und T8 nicht anzunehmen. Sowohl die Herzfrequenzen als auch die Aktivitäten lagen während der Probennahmen nach beiden Belastungsdurchgängen (T3 und T5) signifikant höher als zum Startzeitpunkt. Zu diesen Zeitpunkten wäre eine Herzfrequenzerhöhung durch psychischen Stress nicht sichtbar, da dieser durch die Herzfrequenzerhöhung aufgrund physischer Aktivität überlagert würde, wie von Stichnoth (2002) und Köhler (2003) beschrieben. Von einer höheren psychischen Belastung während der Probennahme T3 und T5 ist hier jedoch nicht auszugehen.

5.2.2 Einfluss der Höhenlage auf die Belastung von alpinen Rettungshunden

In vielen wissenschaftlichen Studien wird die Beeinflussung körperlicher Leistung durch die Höhenlage beschrieben, da aufgrund des sinkenden Sauerstoffpartialdruckes mit steigender Höhe die Sauerstoffversorgung des Gewebes abnimmt. Beim Menschen wird ein Leistungsverlust ab einer Höhe von 1500 m messbar und ab Höhenlagen zwischen 1500 m und 2500 m beträgt dieser 5 - 10 %. Gleichzeitig ist in diesen Höhenlagen mit einer Herzfrequenzerhöhung zu rechnen, um eine ausreichende Sauerstoffversorgung des Gewebes zu gewährleisten (Grandjean et al., 1998; Bärtsch, 2000; Scheid, 2001).

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigten einen signifikanten Einfluss der Höhenlage III (2400 m bis 2600 m) auf die Herzfrequenz. So lagen die Herzfrequenzen in der Pause 1.1 auf Höhenlage III signifikant über den Herzfrequenzen auf der Höhenlage I und in der Erholung 2.2 signifikant höher als auf Höhenlage I und II. Dies kann ein Hinweis darauf sein, dass die Hunde während der Belastung auf der Höhenlage III eine höhere Sauerstoffschuld eingingen, und die Herzfrequenzen nach Belastung länger erhöht blieben, um diese auszugleichen. Betrachtet man die Aktivitäten der Hunde auf den drei Höhenlagen, waren diese während der beiden Belastungsdurchgänge auf der Höhenlage III signifikant höher als auf der Höhenlage I und II. Auch nach den Belastungsdurchgängen in Pause 1.1 und Erholung 1.1 lag die Aktivität auf der Höhenlage III signifikant über denen der Höhenlage I und II. Die signifikant höheren Herzfrequenzen in der Höhenlage III können deswegen auch durch die

höhere Aktivität verursacht worden sein. Deswegen ist ein Einfluss der Höhenlage auf die Herzfrequenz nicht eindeutig nachweisbar.

Der zu erwartende Leistungsverlust konnte in dieser Studie weder auf Höhenlage II (1500 m - 1700 m) noch auf Höhenlage III (2500 m - 2700 m) bestätigt werden. Dagegen zeigte sich in der Rettungshundestudie von Grandjean et al. (1998) eine deutliche Herabsetzung der Leistungsfähigkeit der Hunde unter hypobaren-hypoxischen Bedingungen. Diese Studie fand allerdings in nicht vergleichbarer Höhenlage von 4800 m statt. In der Studie von Köhler (2003) hatte sich ein Höhengeneinfluss in der Herzfrequenz bei der Sucharbeit von Rettungshunden angedeutet. Die Herzfrequenzen während der Belastung zeigten einen geringen Unterschied zwischen den Lauf- und Suchbelastungen auf 600 m im Vergleich zu den gleichen Belastungen auf 2600 m mit durchschnittlich um 6 - 10 bpm niedrigeren Werten. Deutlich wurde der Unterschied in der Herzfrequenz in den beiden unterschiedlichen Höhenlagen in der Ruhe, Pause und in der Erholung mit einer Differenz von durchschnittlich 12 - 20 bpm.

Auch die Kortisolkonzentrationen lagen in der vorliegenden Studie auf der Höhenlage III nach der Ruhe (T2) und nach der zweiten Suche (T5) signifikant unter denen der Höhenlage I und II. Da Kortisol als Stressparameter sowohl nach psychischer (Vining et al., 1983; Kuhn et al., 1990; Beerda et al., 1999; Stichnoth, 2002) als auch nach physischer (Kolb and Seehawer, 2002; Köhler, 2003) Belastung ansteigt, ist in dieser Studie auf der Höhenlage III von keiner erhöhten Belastung auszugehen.

Eine Ursache für den nicht vorhandenen Leistungsverlust der Rettungshunde durch die Höhenlage könnte im guten Trainingzustand liegen. Die Hunde werden kontinuierlich in vergleichbaren Höhenlagen trainiert. Zudem spricht die relativ niedrige Ruheherzfrequenz für einen guten Trainingszustand. Ein Höhentaining zur Verbesserung der Leistungsfähigkeit ist jedoch laut Friedmann (2004) nicht bestätigt.

Eine Höhenadaptation, die zu einer Leistungssteigerung führt und in vielen Studien beschrieben wird (Schilling et al., 1956; Grandjean et al., 1998; Weston et al., 2001) kann in dieser Studie nicht ursächlich für die relativ niedrigen Herzfrequenzen in den Höhenlagen sein, da die Hunde maximal fünf Stunden vor Beginn der Übung auf die Höhenlagen II und III verbracht wurden. In der Literatur wird eine Höhenadaptation erst über 18 Stunden nach Ankunft angegeben (Weston et al., 2001).

Ein weiterer Grund für die hohen Aktivitäten mit gleichzeitigen geringen Herzfrequenzen und niedrigeren Kortisolkonzentrationen ist sicherlich in der Altersverteilung auf der Höhenlage

III zu sehen, da zwei der älteren Hunde krankheitsbedingt nicht auf dieser Höhenlage zum Einsatz kamen (siehe Kapitel 5.2.4.1).

Ein weiterer Einflussfaktor auf die Ergebnisse auf Höhenlage III ist das Klima. Zwar unterschieden sich die Außentemperaturen und die Luftfeuchtigkeit nicht signifikant von den beiden anderen Höhenlagen, jedoch wurden auf Höhenlage III nach beiden Belastungen (T3 und T5) sowie nach der Pause (T4) die signifikant niedrigsten Körpertemperaturen bei gleichzeitig höchster Aktivität gemessen. Auf dieser Höhenlage war jedoch ein spürbar stärkerer Wind vorhanden, der das Fell verwirbelte, wodurch die isolierende Luftschicht verloren ging (Jessen, 2005). Das Kühlen des Körpers vermindert den Anstieg der Körpertemperatur und verbessert damit die Leistungsfähigkeit (Kozlowski et al., 1985; Kruk et al., 1985). Dies könnte eine Erklärung für die hohe Leistungsfähigkeit der Rettungshunde in dieser Studie auf der Höhenlage III sein.

5.2.3 Einfluss der Geländebeschaffenheit auf die Belastung von alpinen Rettungshunden

Bei keinem der drei untersuchten Parameter (Herzfrequenz, Körpertemperatur, Kortisolkonzentration) konnte ein signifikanter Einfluss der Geländebeschaffenheit statistisch nachgewiesen werden. Lediglich in der Aktivität waren in der Suche 2.4 signifikant höhere Werte auf der Geländeform Bewuchs verglichen mit der Geländeform Trümmer vorhanden. In der Rettungshundestudie von Köhler (2003) war ein deutlicher Aktivitätsunterschied zwischen Trümmersuche und Flächensuche aufgrund der Verteilung der drei Gangarten Schritt, Trab und Galopp zu sehen. Dies bestätigte die von den Hundeführern beschriebene höhere Beanspruchung der Hunde im Trümmergelände aufgrund großer, zu überwindender Felsbrocken als in der Flächensuche. Ein Grund für den nur am Ende der Suche 2 vorhandenen signifikanten Aktivitätsunterschied zwischen den beiden Geländeformen in dieser Studie mag in der erstaunlich hohen Aktivität auf *Höhenlage III - Trümmer* liegen. Betrachtet man den Aktivitätsabfall von der Suche 1 zur Suche 2 auf der Höhenlage I, so war dieser auf dem Trümmergelände mit 21,4 % deutlich höher als auf der Geländeform Bewuchs mit 11,9 %. Ebenso war auf der Höhenlage II der Aktivitätsabfall auf dem Trümmergelände mit durchschnittlich 13,4 % höher als auf der Geländeform Bewuchs mit 9,4 %. Dies weist auf eine höhere Belastung und folglich eine stärkere Ermüdung auf der Geländeform Trümmer verglichen mit der Geländeform Bewuchs hin.

Ein weiterer Aspekt ist darin zu sehen, dass ein Aktometer nicht die Geschwindigkeit, sondern die Beschleunigung misst. Die Geländeform Bewuchs erlaubt den Hunden eine höhere Laufgeschwindigkeit als die Geländeform Trümmer. Im alpinen Trümmergelände müssen die Rettungshunde ihre Laufgeschwindigkeit dem Schwierigkeitsgrad des Geländes anpassen. Die Beschleunigung der Rettungshunde bei der Geländeform Bewuchs könnte beim Starten, Wenden und Abbremsen bei hoher Geschwindigkeit dieselben Werte erzeugen, wie das Springen im felsigen Gelände auf der Geländeform Trümmer mit niedrigerer Laufgeschwindigkeit. Auch wäre eine Ermüdung im Trümmergelände aufgrund der bereits durch das Gelände vorgegebenen niedrigeren Laufgeschwindigkeit schwerer nachzuweisen als im Bewuchs.

Die unterschiedliche körperliche Belastung der beiden Geländeformen spiegelt sich jedoch auch deutlich im Kurvenverlauf der Speichelkortisol-Konzentrationen wider. So starteten die Hunde bei allen fünf Übungen mit durchschnittlichen Kortisolkonzentrationen auf gleichem Niveau zwischen $9,4 \pm 5,3$ nmol/l und $11,8 \pm 6,1$ nmol/l. Eine Ausnahme machte die Kortisolkonzentration zum Startpunkt T1 auf *Höhenlage II - Trümmer* mit höherem Wert von $15,8 \pm 9,1$ nmol/l. Dies wird jedoch auf die bei dieser Übung längere Anmarschstrecke bis zum Erreichen des Übungsgeländes zurückgeführt. Trotzdem eine Pause von mindestens einer halben Stunde vor dem Start des Versuchs eingelegt wurde, hatte die körperliche Belastung vor Beginn des Versuchs die Speichelkortisol-Konzentration erhöht.

Betrachtet man die Kortisolkonzentrationen auf der Geländeform Bewuchs, so zeigte sich insgesamt ein einheitlicher Kurvenverlauf, verglichen mit dem Kurvenverlauf der Geländeform Trümmer, mit einem kontinuierlichen Abfall in der Erholung. Dies deutet auf eine geringere psychische und physische Belastung bei der Suche im Bewuchs im Vergleich zu der Belastung auf der Geländeform Trümmer hin (Beerda et al., 1998; Beerda et al., 1999; Kolb and Seehawer, 2002; Köhler, 2003). Auf der Geländeform Trümmer war auf allen drei Höhenlagen gegen Ende ein kontinuierlicher Anstieg von Kortisol vorhanden, der auf Höhenlage I und III signifikant war. Folglich ist in dieser Studie von einer physischen, möglicherweise in Kombination mit einer psychischen Mehrbelastung auf dem Trümmergelände auszugehen.

5.2.4 Weitere Einflussfaktoren auf die Belastung von alpinen Rettungshunden

5.2.4.1 Einfluss des Alters

Ein deutlicher Alterseinfluss auf die Belastung der Rettungshunde war in dieser Studie in der Herzfrequenz, in der Aktivität und in den Speichelkortisol-Konzentrationen zu erkennen.

In der vorliegenden Studie lagen die Herzfrequenzen der Altersgruppe I während der ersten Suche und während der zweiten Suche signifikant unter den beiden anderen Altersgruppen II und III. Bei den Rettungshunden aus der Studie von Köhler (2003) zeigte sich dagegen eine signifikante Herzfrequenzerhöhung der über sieben Jahre alten Hunde (Altersgruppe III) im Vergleich zu der unter vier (Altersgruppe I) und der vier bis sieben (Altersgruppe II) Jahre alten Hunde über den gesamten Versuchszeitraum.

In den Aktivitäten unterschieden sich die Altersgruppe I und II in der vorliegenden Studie nicht signifikant. Bei der Altersgruppe III lagen die niedrigsten Aktivitäten vor. Dies weist darauf hin, dass die unter vier Jahre alten Hunde durch die fünf Übungen am wenigsten belastet, und die über sieben Jahre alten Hunde der höchsten Belastung ausgesetzt waren. Auch der Aktivitätsabfall der Altersgruppe III in den ersten vier Minuten der Suchzeit (Suche 1.1 auf Suche 1.2) weist auf die stärkere Belastung der älteren Hunde hin. Die Altersgruppe II fiel in ihrer Aktivität erst nach acht Minuten Suchdauer ab und die Altersgruppe I blieb konstant in ihrer Aktivität. Bei der Altersgruppe II lag die Aktivität in den ersten acht Minuten nicht signifikant, jedoch sichtbar über der Aktivität der Altersgruppe I. Im Vergleich der Suche 1.5 mit der Suche 2.5 waren die Aktivitäten der Altersgruppe I und II gleich hoch. In den Abschnitten Suche 1.5 und Suche 2.5 witterte und fand der Hund den Figuranten, den er mit anhaltendem Bellen solange verwies, bis die Belohnung durch den Hundeführer folgte. Da in diesen Abschnitten alle Hunde sehr motiviert waren, das „Opfer“ zu finden und die Belohnung für die geleistete Arbeit zu erhalten, blieb bei diesem Abschnitt die Aktivität der ersten Suche auch in der zweiten Suche erhalten. Die in der Suche 2 bereits gezeigte Erschöpfung wurde bei der Altersgruppe I und II durch die hohe Motivation im Abschnitt 2.5 überlagert. In der Altersgruppe III war jedoch ein signifikanter Abfall sowohl von der Suche 1 auf die Suche 2 als auch von dem Suchabschnitt 1.5 auf den Suchabschnitt 2.5 nachweisbar. Dies lässt einen hohen Erschöpfungsgrad bei dieser Altersgruppe vermuten. Auch in der Pause und Erholungszeit war ein Altersunterschied nachweisbar. So lag in den ersten vier Minuten der Pause (Pause 1.1) die Herzfrequenz bei den Hunden der Altersgruppe I signifikant unter den Herzfrequenzen der anderen beiden Altersgruppen. Die jungen Hunde hatten somit eine signifikant stärkere Absenkung der Herzfrequenz.

Zudem konnte bei den Hunden der Altersgruppe III beobachtet werden, dass die Herzfrequenz während der ersten 20 Minuten nach den beiden Belastungsdurchgängen (Pause und Erholung) deutlich höhere Werte aufwies. Bei den „alten“ Hunden konnte somit ein verzögerter Herzfrequenzabfall nach Belastung beobachtet werden.

Betrachtet man die Kortisolkonzentrationen im Speichel, ist auch hier ein deutlicher Altersunterschied festzustellen. In der Literatur ist von Rothuizen et al. (1991) beschrieben worden, dass ältere Hunde im Ruhezustand eine höhere Hormonkonzentration aufwiesen und dass eine Belastung bei älteren Hunden einen höheren Anstieg von Kortisol bewirkt als bei jungen Hunden.

Dies bestätigten auch die Ergebnisse dieser Studie (siehe Abbildung 18). So lagen die Speichelkortisol-Konzentrationen der Altersgruppe III signifikant über den Werten der Altersgruppe I und II. Es deutet darauf hin, dass die zwei vorhandenen Peaks bei der Altersgruppe III jeweils 20 Minuten nach Ende der beiden Suchdurchgänge durch die körperliche Belastung während der Suche bedingt sind. Dagegen zeigte sich in der Erholungsphase bei der Altersgruppe III ein kontinuierlicher Abfall der Kortisolkonzentration. Dies weist auch darauf hin, dass bei den älteren Hunden mit Ende der körperlichen Belastung die Erholung einsetzt und die Übung nicht von einem psychischen Stress begleitet ist. Diesen könnte man in der Erholung in der Kortisolkonzentration erkennen, da der Kortisolanstieg aufgrund des psychischen Stresses nicht mehr von einem Kortisolanstieg durch eine körperliche Belastung überlagert wäre (Stichnoth, 2002; Köhler, 2003). Im Gegensatz dazu steigen die Kortisolkonzentrationen der Altersgruppe I und II während der Ruhe und der Erholungsphasen an. Wie auch in der Studie von Köhler (2003) beschrieben, kann man bei diesen beiden Altersgruppen von einem psychischen Stress ausgehen. Im Gegensatz zu der Altersgruppenverteilung im Speichelkortisol in dieser Studie lagen in der Untersuchung von Köhler (2003) die Altersgruppe I zusammen mit der Altersgruppe III signifikant höher als die Altersgruppe II. Dies wurde auf die psychische Belastung der noch unerfahrenen jüngeren Hunde zurückgeführt. Folglich war die psychische Belastung der Altersgruppe I in der vorliegenden Studie nicht in diesem Ausmaß vorhanden. Wahrscheinlich ist dies auf das subjektiv empfundene umsichtige Führen der in dieser Studie teilnehmenden Junghundeführer zurückzuführen. Besteht eine gute Hund-Hundeführer-Beziehung und vertraut der Hund seinem Besitzer, kann er auch in einer neuen Situation durch die Sicherheit von seinem Besitzer gelassener reagieren.

Alle Parameter zusammen betrachtet lässt sich eine deutliche körperliche Mehrbelastung der Hunde über sieben Jahre erkennen, die im Training und im Einsatz berücksichtigt werden

sollte. Für die vier- bis siebenjährigen Hunde stellen Trainingseinheiten von zwei mal 20 Minuten Suche eine deutliche Belastung dar, sie können dies jedoch gut kompensieren. Hunde unter vier Jahre sind einer solchen Trainingsbelastung körperlich gewachsen. Es sollte jedoch auf die psychische Belastbarkeit geachtet und verantwortungsvoll geführt werden.

5.2.4.2 Körpergewichtseinfluss

Größere Hunde haben ein höheres Gewicht, ebenso adipöse Tiere. In dieser Studie wurden gut trainierte Rettungshunde untersucht, weswegen ein höheres Körpergewicht in Zusammenhang mit der Größe des Hundes stand. Aus der Literatur ist bekannt, dass größere Hunderassen eine niedrigere Herzfrequenz aufweisen als kleine Hunderassen (Spörri, 1987). Ein Zusammenhang des Körpergewichtes mit der Herzfrequenz konnte in dieser Studie festgestellt werden. Ein um 1 kg höheres Körpergewicht bewirkte eine um 1 - 2 bpm niedrigere Herzfrequenz während der Suche 1, der Pause und der Erholung 1. Parallel waren die Aktivitäten während der Suche 2 um 4 - 6 mG niedriger. Dies hängt von der pro Gewichtseinheit benötigten Kraft für die Vorwärtsbewegung ab (Cavagna et al., 1977). Folglich konnten die Hunde mit einem höheren Körpergewicht in der ersten Suche noch mit ihrer physiologisch niedrigeren Herzfrequenz bei gleicher Aktivität laufen. Da sie jedoch aufgrund der größeren Masse mehr Energie benötigten, stieg die Herzfrequenz zur zweiten Suche an bei gleichzeitigem Aktivitätsabfall. Dieser höhere Energieaufwand von schwereren Hunden spiegelt sich auch in der Körpertemperatur wider, da bei körperlicher Belastung metabolische Wärme durch die Skelettmuskulatur produziert wird (Bjotvedt et al., 1984). So zeigte sich, dass ein um 1 kg höheres Körpergewicht eine um bis zu 0,09°C höhere Körpertemperatur zu den Probenzeitpunkten nach der Pause (T4), nach der zweiten Belastung (T5) sowie nach der Erholung 1 (T6) bewirkte.

Aus diesen Ergebnissen lässt sich ableiten, dass mit zunehmendem Körpergewicht und zunehmender Größe eines Hundes mit einer stärkeren Belastung und einer früheren Ermüdung während der Suche zu rechnen ist. Aus diesem Grund sollten für die Rettungshundearbeit nicht zu schwere Hunderassen gewählt bzw. die Belastungs- und Erholungszeiten entsprechend angepasst werden.

5.2.4.3 Einfluss der Körpertemperatur

Der Einfluss der Körpertemperatur auf den Körper stellt laut Young et al. (1959) ein komplexes Phänomen dar. So war eine Körpertemperaturerhöhung von 1°C nach der ersten

bzw. zweiten Suche mit einer 8 - 13 bpm höheren Herzfrequenz in der Pause bzw. in der Erholung 1.2 verbunden. Dies liegt wahrscheinlich darin, dass nach körperlicher Belastung sowohl die Herzfrequenz als auch die Körpertemperatur unterschiedlich lange Erholungszeiten benötigen, um wieder abzusinken, und beide aufgrund der Belastung erhöht waren (Matwichuk et al., 1999; Köhler, 2003).

Eine zur Probennahme T4 um 1°C höhere Körpertemperatur war mit einer in der Suche 2.1 um 63 mG höheren Aktivität verbunden. Zum Messzeitpunkt T5 war eine um 1°C höhere Körpertemperatur mit einer 15 mG höheren Aktivität in der Erholung 1.1 und einer um 9 mG höheren Aktivität in der Erholung 1.4 kombiniert. Der Grund hierfür könnte in der höheren Körpertemperatur der allgemein aktiveren Hunde liegen.

5.2.4.4 Einfluss der Fellbeschaffenheit

Bei der Unterteilung der untersuchten Hunde in drei Fellgruppen (Kurzhaar, Langhaar, Stockhaar) konnten signifikante Unterschiede gefunden werden.

Trotz gleicher Aktivitäten in allen drei Gruppen waren signifikante Unterschiede in der Herzfrequenz nachzuweisen. In der Ruhe und in der Pause lagen die Herzfrequenzen der Langhaarahunde trotz des durchschnittlich geringsten Körpergewichtes (siehe Tabelle 18) signifikant unter den Kurzhaar- und den Stockhaarahunden. In der wissenschaftlichen Literatur gibt es jedoch keine Angaben über den Zusammenhang zwischen Fellbeschaffenheit und der Herzfrequenz eines Hundes. Die Fellbeschaffenheit von Hunden ist jedoch durch die jeweilige Rasse bestimmt. Laut Doxey und Boswood (2004) sind Rasseunterschiede in der Herzfrequenz wahrscheinlich. In der vorliegenden Studie wäre dies eine mögliche Ursache für den Zusammenhang der Herzfrequenzen mit der Fellbeschaffenheit.

Auch in der Suche 1.1 lagen die Herzfrequenzen sowohl der Langhaarahunde, als auch der Kurzhaarahunde signifikant unter denen der Stockhaarahunde. Dies kann ein Ergebnis aus der Kombination der Rasse und des durchschnittlich höheren Körpergewichtes der Stockhaarahunde darstellen. Aufgrund der größeren Masse wird ein höherer Energiebedarf benötigt, der in einer höheren Herzfrequenz resultiert (siehe 5.2.4.2). Dass die Herzfrequenz der Kurzhaarahunde trotz eines um durchschnittlich nur 3 kg geringeren Körpergewichtes - verglichen mit den Stockhaarahunden - auch in der Suche 1.1 signifikant unter diesen Herzfrequenzen lagen, kann in der besseren Wärmeabgabe liegen. Abhängig von der Felldicke ist die Größe des Wärmedurchgangs, somit sinkt die Wärmeabgabe mit steigender Felldichte (Jessen, 2005). Dies zeigte sich auch in der Messung der rektalen Körpertemperatur

zum Zeitpunkt T3 bis T6, bei denen die Kurzhaarhunde signifikant unter denen der beiden anderen Fellgruppen lagen. Ist ein verminderter Anstieg der Körpertemperatur gegeben, kann die Leistungsfähigkeit verbessert werden (Kozlowski et al., 1985; Kruk et al., 1985). Dies zeigt, dass in der vorliegenden Studie bei den gegebenen moderaten Temperaturen die Stockhaarhunde mit durchschnittlich höheren Herzfrequenzen und höheren Körpertemperaturen am stärksten belastet waren. Entsprechend den Klimabedingungen ist die Einsatzdauer und Lagerung der Hunde in den Ruhephasen der Fellbeschaffenheit anzupassen.

Tabelle 18: Körpergewicht (kg) der Hunde in Abhängigkeit der Fellbeschaffenheit (Kurzhaar, Langhaar, Stockhaar). Angegeben sind die jeweiligen Mittelwerte (M).

	Kurzhaar	Langhaar	Stockhaar
Körpergewicht	25	17	28
(kg)	25	24	35
	28	32	30
	29	28	38
	30	30	30
	45	19	30
	-	-	38
M	30	25	33

5.2.4.5 Geschlechtsunterschied in der Belastung

Trotz gleicher Aktivitäten der beiden Geschlechter, waren die Herzfrequenzen der männlichen Hunde in der Ruhe und in der Pause 1.3 um 18 - 28 bpm höher als die der weiblichen. Im Gegensatz dazu waren die durchschnittlichen Körpertemperaturen der Hündinnen nach der Pause (T4) und nach der Erholung 1 (T6) um 0,4°C und 0,6°C höher als bei den Rüden. Bezüglich der Körpertemperatur besteht bei den Haussäugetieren jedoch kein deutlicher Geschlechtsunterschied (Hörnigke, 1987). Auch das durchschnittliche Alter und das durchschnittliche Körpergewicht waren bei beiden Geschlechtern ausgeglichen (siehe Tabelle 9). Ebenso war die Fellart zwischen den beiden Geschlechtern relativ ausgeglichen. Somit ist es unwahrscheinlich, dass diese Faktoren die Ergebnisse der Herzfrequenz und der Körpertemperatur beeinflussten.

Der Kurvenverlauf der Speichelkortisol-Konzentration liegt bei den männlichen Hunden durchgehend über dem der weiblichen Tiere, wobei dies zum Probenzeitpunkt nach der Ruhe

(T2) als signifikant nachgewiesen wurde. In der Literatur gilt der Geschlechtseinfluss noch als nicht gesichert, es scheint jedoch, dass die Kortisolkonzentrationen der weiblichen Tiere über denen der männlichen liegen (Garnier et al., 1990; Beerda et al., 1999; Slotta-Bachmayr, 2003). Carrasco und van de Kar (2003) vermuten, dass Östrogen einen verstärkenden Effekt auf die Stressantwort hat.

Der Grund für die signifikanten Unterschiede in diesen drei oben aufgeführten Parametern könnte in der ungleichen Verteilung der Geschlechter mit nur sieben weiblichen und zwölf männlichen Tieren liegen.

Eine weitere Ursache für die höheren Herzfrequenzen und höheren Kortisolkonzentrationen der männlichen Hunde könnte der höhere psychische Stress aufgrund der Anwesenheit von anderen Rüden und Hündinnen sein, da von den zwölf Rüden nur zwei kastriert waren.

In der vorliegenden Studie war die Tendenz zu sehen, dass weibliche Tiere weniger gestresst waren als männliche. In der Rettungshundearbeit ist in der Regel ein Arbeiten in der Gruppe oder „neben einander“ gegeben. Für intakte Rüden stellt dies, auch bei regelmäßigem Training, einen größeren Stressfaktor als für Hündinnen dar, den man beim Training sowie im Einsatz einbeziehen sollte.

5.2.4.6 Einfluss der Klimafaktoren

Insgesamt waren über den gesamten Versuchszeitraum einheitliche Klimabedingungen auf allen drei Höhenlagen mit durchschnittlichen Außentemperaturen von $15,0 \pm 6,0^\circ\text{C}$ auf der Höhenlage I, $12,2 \pm 4,2^\circ\text{C}$ auf der Höhenlage II und $12,3 \pm 5,5^\circ\text{C}$ auf der Höhenlage III und durchschnittlicher Luftfeuchtigkeit zwischen $72,9 \pm 19,7\%$ und $84,0 \pm 16,3\%$ gegeben. Ein signifikanter Einfluss der Außentemperatur auf die Körpertemperatur war nur nach der ersten Suche zum Messzeitpunkt T3 nachzuweisen. Eine um 1°C höhere Außentemperatur bewirkte eine um $0,03^\circ\text{C}$ höhere Körpertemperatur nach Belastung. Eine positive Korrelation der Außentemperaturen mit der Körpertemperatur der Rettungshunde wurde auch in der Studie von Köhler (2003) beschrieben. Dass zu keinem anderen Messzeitpunkt ein signifikanter Einfluss der Umgebungstemperaturen auf die Körpertemperaturen nachzuweisen war, lag wahrscheinlich an den moderaten Umgebungstemperaturen. Auch in der Studie von Matwchuk et al. (1999) konnte bei Temperaturen zwischen 11°C und 28°C keine signifikante Auswirkung der Umgebungstemperatur auf die Körpertemperatur nachgewiesen werden.

Ein Einfluss der Körpertemperatur auf die Kortisolkonzentration ist in der Literatur erst bei Umgebungstemperaturen von -5°C beschrieben worden (Palazzolo and Quadri, 1987a). Diese niedrigeren Temperaturen bewirkten einen signifikanten Kortisolanstieg um über 280 %. In

dieser Studie bewirkte erstaunlicherweise eine um 1°C höhere Umgebungstemperatur zum Probenzeitpunkt T2 und T5 eine um 0,3 nmol/l niedrigere Kortisolkonzentration.

5.2.5 Schlussfolgerung

Wie aufgrund des Versuchsaufbaus zu erwarten war, zeigte sich in den untersuchten Parametern Herzfrequenz, Aktivität und Körpertemperatur eine deutliche, jedoch nicht maximale Belastung aufgrund der zwei Mal zwanzigminütigen Suche (siehe Abbildung 20 bis 22). Eine Reduzierung der Belastung nach dem Umkehrpunkt (nach zwölf Minuten Suche) war mit einem Herzfrequenzabfall bei gleichzeitigem Aktivitätsanstieg gekennzeichnet, was für eine submaximale Belastung spricht.

Der in der Literatur beschriebene Höheneinfluss zeigte sich in dieser Studie weder in einem Belastungsanstieg, gekennzeichnet durch einen Herzfrequenz- und Kortisolanstieg, noch durch einen Leistungsverlust, der in einem Aktivitätsabfall hätte beobachtet werden können. Als einziger Hinweis auf einen Höheneinfluss trat ein verzögerter Herzfrequenzabfall nach der Belastung in 2600 m Höhe auf. Demnach ist mit keiner Beeinträchtigung der Suchleistung bei alpinen Rettungshunden bis zu einer Höhenlage von 2600 m zu rechnen.

In dieser Studie zeigte sich jedoch ein deutlicher Einfluss der Geländebeschaffenheit auf die Leistungsfähigkeit von Rettungshunden. Im Vergleich zur Flächensuche war eine stärkere Ermüdung auf dem Trümmergelände in einem 13,4 %-igen bis 21,4 %-igen Aktivitätsabfall gegen Ende der zweiten Suche erkennbar. Ebenso spricht der Kortisolkurvenverlauf für eine höhere Belastung auf dem Trümmergelände.

Die Außentemperatur spielte nur eine geringe Rolle bei der Belastung. Dies ist auf die für Rettungshunde idealen Umgebungstemperaturen in dieser Studie mit durchschnittlich 12°C bis 15°C zurückzuführen. Es ist jedoch davon auszugehen, dass höhere bzw. niedrigere Außentemperaturen die Leistungsfähigkeit von Rettungshunden stärker beeinträchtigen.

Einflussfaktoren wie Alter, Gewicht, Geschlecht und Fell der Hunde spielten zusätzlich neben physischen und psychischen Unterschieden jedes Individuums eine wesentliche Rolle in der Belastbarkeit von Rettungshunden.

Eine starke physische Belastung der über sieben Jahre alten Hunde war anhand der signifikant höheren Speichelkortisol-Konzentrationen wie auch in einem verzögerten Herzfrequenzabfall nach den Suchdurchgängen ersichtlich. Die beiden anderen Altersgruppen waren der körperlichen Belastung dieses Versuchsaufbaus gewachsen, wobei die vergleichbaren Ergebnisse der noch unerfahrenen jungen und der erfahrenen mittleren Altersgruppe auf ein umsichtiges Führen der Junghundeführer hinweist. Dies zeigt, dass mit Hilfe eines dem Alter angepassten Trainings eine psychische Überlastung der jungen Hunde und eine physische Überlastung der älteren Hunde vermieden werden kann.

Abhängig vom Gewicht und der Fellbeschaffenheit sollte im Training und im Einsatz auf eine individuell angepasste Regenerationszeit und eine Lagerung in der Erholungszeit entsprechend den Klimabedingungen geachtet werden. Die Berechnung des Gewichtseinflusses deutet auf eine höhere Belastung der schwereren Hunde hin, die sich in einem stärkeren Aktivitätsabfall und einem höheren Körpertemperaturanstieg bestätigte. Eine Abhängigkeit der Körpertemperatur von der Fellbeschaffenheit stellte sich bei den signifikant niedrigeren Körpertemperaturen der Kurzhaarahunde im Vergleich zu den Lang- und Stockhaarahunden dar.

In dieser Untersuchung konnten keine geschlechtsabhängigen Unterschiede in der Leistungsfähigkeit bei der Rettungshundearbeit gefunden werden. Die Tendenz einer höheren psychischen Belastung der männlichen Hunde durch die Anwesenheit anderer Hunde war in der höheren Ruhe- und Pausenherzfrequenz sowie der insgesamt höheren Kortisolkonzentration zu erkennen. Demgegenüber wies die längere Regenerationszeit der Körpertemperaturen bei den weiblichen Hunden auf eine höhere physische Belastung durch die Sucharbeit hin.

In dieser Studie zeigte sich, dass die Leistungsfähigkeit von alpinen Rettungshunden nicht nur von externen Faktoren wie Geländebeschaffenheit und Höhenlage des Suchfeldes beeinflusst wird, sondern zusätzlich individuelle Faktoren der Hunde wie Alter, Körpergewicht, Geschlecht und Fellart eine maßgebliche Rolle spielen.

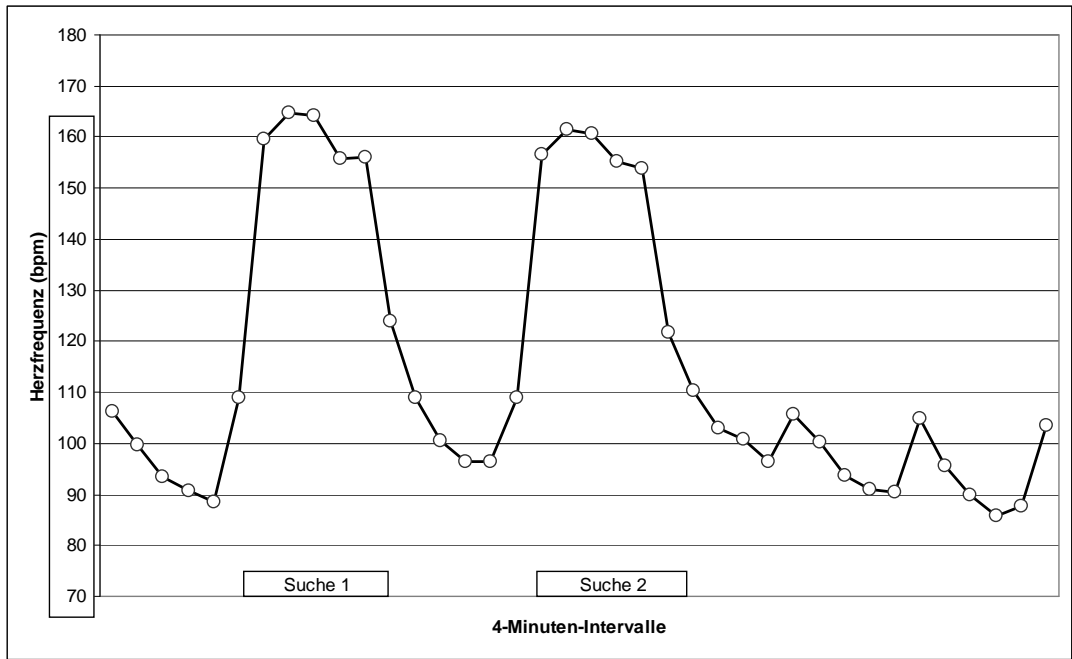


Abbildung 20: Detailbetrachtung der Herzfrequenz (bpm) während der Ruhe- und Belastungszeit, während der acht Probennahmen sowie in der Pausen- und Erholungszeit über alle Übungen gemittelt. Angegeben sind die jeweiligen Mittelwerte, die aus jeweils vier Minuten gebildet wurden. Referenzwerte sind schwarz umrahmt.

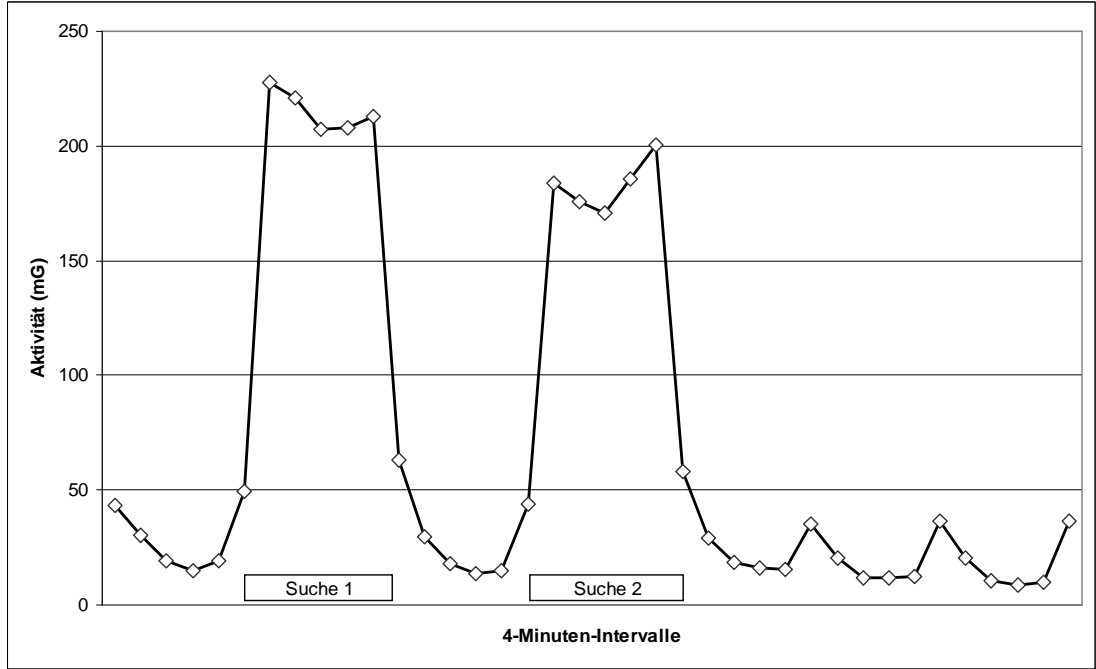


Abbildung 21: Detailbetrachtung der Aktivität (mG) während der Ruhe- und Belastungszeit, während der acht Probennahmen sowie in der Pausen- und Erholungszeit über alle Übungen gemittelt. Angegeben sind die jeweiligen Mittelwerte, die aus jeweils vier Minuten gebildet wurden.

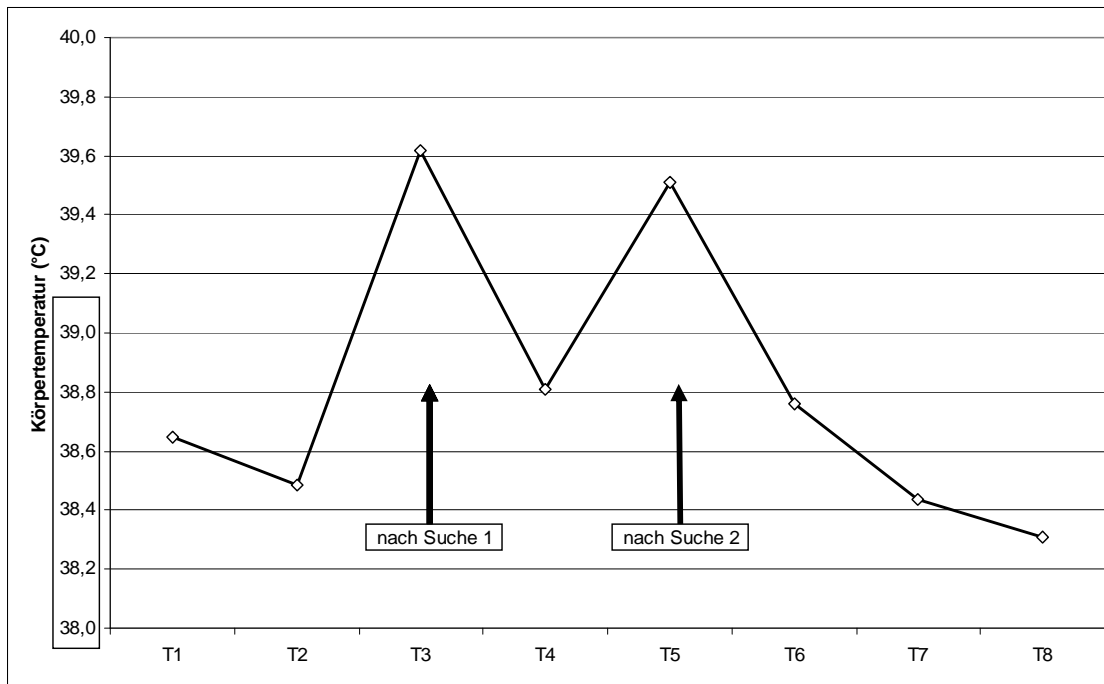


Abbildung 22: Körpertemperatur während der acht Probennahmen über alle Übungen gemittelt. Referenzwerte sind schwarz umrahmt.

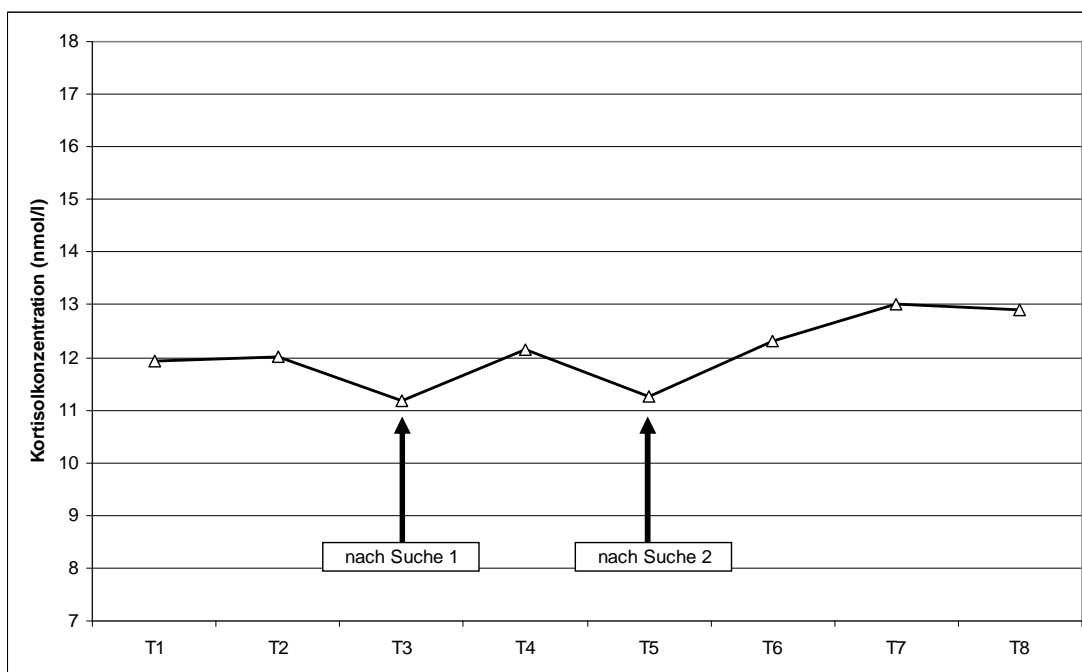


Abbildung 23: Speichelkortisolkonzentration während der acht Probennahmen über alle Übungen gemittelt.

6 Zusammenfassung

An 19 Hunden der Suchhundestaffel des Salzburger Roten Kreuz, der Lawinhundestaffel der Bergwacht Bayern und des Technischen Hilfswerk (THW) Garmisch Partenkirchen wurden Untersuchungen über Einflussfaktoren auf die Belastung von Rettungshunden durchgeführt. Insgesamt absolvierte jeder Hund fünf verschiedene Übungen mit einer Belastungsdauer von je zwei Mal 20 Minuten Suche und einer 16-minütigen Pause zwischen den beiden Durchgängen. Eine Flächensuche im dichten Bewuchs fand auf einer Höhenlage I zwischen 500 m und 700 m und auf einer Höhenlage II zwischen 1500 m und 1700 m statt. Eine Trümmersuche fand auf den beiden gleichen Höhenlagen wie die Flächensuche und zusätzlich auf einer Höhenlage III zwischen 2500 m und 2700 m statt. Die Übungen auf der Höhenlage I fanden in den Monaten Mai bis November, auf der Höhenlage II in den Monaten Juni bis Oktober und auf der Höhenlage III in den Monaten August und September statt. Um den Höhengeneinfluss und den Einfluss der Geländebeschaffenheit auf die Belastung der Rettungshunde zu erfassen, wurden die Parameter Herzfrequenz, Bewegungsaktivität, Körpertemperatur und Speichelkortisol während und bis eine Stunde nach der Suchbelastung auf den unterschiedlichen Höhenlagen und den beiden Geländeformen verglichen.

Es zeigten sich deutliche Veränderungen innerhalb der fünf Übungen vor allem in der Herzfrequenz, in der Bewegungsaktivität und in der Körpertemperatur. Mit Beginn der ersten sowie der zweiten Suchbelastung reagierte die Herzfrequenz mit einem signifikanten Anstieg auf durchschnittlich 153,8 bpm bis 165,0 bpm (physiologisch: bis 160 bpm) und normalisierte sich nach Belastungsende innerhalb von 20 bis 40 Minuten. Die durchschnittliche Aktivität der Hunde während des ersten Suchdurchganges lag mit Werten zwischen 190,4 mG und 240,6 mG signifikant über der Bewegungsaktivität während der zweiten Suche mit Werten zwischen 162,6 mG und 202,3 mG. Die rektale Körpertemperatur wurde zu acht Messzeitpunkten vor und nach der Belastung erfasst. Nach Belastung stieg die durchschnittliche Körpertemperatur auf Werte zwischen 39,2°C und 39,8°C an (physiologisch: bis 39,0°C) und erreichte die Ausgangswerte 20 bis 40 Minuten nach Belastungsende. Die Speichelkortisol-Konzentrationen lagen während der Übungen zwischen 8,2 nmol/l und 15,8 nmol/l.

Eine stärkere Belastung der Hunde aufgrund des Höhengeneinflusses war auf der Höhenlage III in einem Anstieg in der Herzfrequenz nur nach den Belastungsdurchgängen zu erkennen.

Gleichzeitig lagen jedoch auf der Höhenlage III die durchschnittlichen Aktivitäten während beider Suchdurchgänge signifikant über denen der Höhenlage I und denen der Höhenlage II. Zudem erreichten die Parameter Körpertemperatur und Speichelkortisol auf der Höhenlage III signifikant niedrigere Werte als auf den beiden anderen Höhenlagen.

Ein Unterschied aufgrund des Geländes ergab sich im Vergleich der Trümmersuche mit der Flächensuche im dichten Bewuchs weder in der Herzfrequenz noch in der Körpertemperatur. In der Aktivität waren gegen Ende der Suche 2 auf dem Trümmergelände signifikant niedrigere Werte als auf der Geländeform Bewuchs nachzuweisen. In den Speichelkortisol-Konzentrationen zeigte sich auf der Geländeform Bewuchs, im Gegensatz zur Geländeform Trümmer, ein einheitlicher Verlauf mit sinkenden Werten in der Erholung.

Bei Einteilung der Rettungshunde in drei Altersgruppen zeigte sich ein altersbedingter Unterschied in der Belastung. In beiden Belastungsdurchgängen sowie in der Pause dazwischen lag die Herzfrequenz der jungen Hunde (Altersgruppe I: < 4 Jahre) signifikant unter den Werten der beiden anderen Altersgruppen (Altersgruppe II: 4 - 7 Jahre, Altersgruppe III: > 7 Jahre). Während jedoch die Aktivität der Altersgruppe I und II auf gleichem Niveau lag, war die Altersgruppe III durchschnittlich weniger aktiv bzw. wies im Laufe der Übung einen deutlicheren Aktivitätsabfall auf. Auch die mittlere Speichel-Kortisolkonzentration der über sieben Jahre alten Hunde lag signifikant über den beiden anderen Altersgruppen, wohingegen bei der Körpertemperatur kein signifikanter Unterschied zwischen den Altersgruppen vorlag.

Ein Einfluss des Körpergewichtes der untersuchten Hunde, die zwischen 17 kg und 45 kg wogen, stellte sich in der vorliegenden Studie heraus. Während der Suche 1 und der Pause hatten schwerere Hunde niedrigere Herzfrequenzen. In der Suche 2 lag kein signifikanter Unterschied der Herzfrequenz aufgrund des Gewichtes mehr vor, jedoch waren hier die leichteren Hunde signifikant aktiver. Eine höhere Körpertemperatur der schwereren Hunde war zu den Messzeitpunkten nach der Pause, nach der Suche 2 sowie nach der Erholung 1 nachweisbar. Ein Einfluss des Gewichtes auf die Speichelkortisol-Konzentration war nicht nachweisbar.

Aufgrund einer Unterteilung der untersuchten Rettungshunde in drei Fellgruppen (Kurzhaar, Langhaar, Stockhaar) konnten fellabhängige Unterschiede identifiziert werden. Die

Herzfrequenzen der Langhaarhunde lagen vor allem während der Ruhe und der Pause signifikant unter denen der Kurzhaarhunde und der Stockhaarhunde. Dagegen war in der Aktivität kein signifikanter Unterschied zwischen den Fellgruppen nachzuweisen. Ein deutlicher Einfluss der Fellbeschaffenheit war in der Körpertemperatur sichtbar. Die Kurzhaarhunde lagen nach beiden Belastungsdurchgängen sowie jeweils 20 Minuten danach bei durchschnittlichen Außentemperaturen von 12,3°C bis 15,0°C signifikant unter denen der Lang- und der Stockhaarhunde.

Die Betrachtung der Parameter in Abhängigkeit vom Geschlecht ergaben unterschiedliche Ergebnisse zwischen weiblichen und männlichen Hunden. Die männlichen Hunde hatten sowohl in der Ruhe als auch in der Pause signifikant höhere Herzfrequenzen trotz durchgehend gleicher Aktivitäten. Signifikant höhere Körpertemperaturen konnte man dagegen bei den weiblichen Tieren jeweils 20 Minuten nach beiden Belastungsdurchgängen messen. Der Speichelkortisolkurvenverlauf zeigte durchgehend höhere Konzentration bei den männlichen Hunden, der sich zum Messzeitpunkt nach der Ruhe als signifikant erwies.

Insgesamt ließen sich mit Hilfe der untersuchten Parameter keine Anhaltspunkte für Unterschiede in der Belastungsphysiologie auf unterschiedlichen Höhenlagen bis 2600 m nachweisen. Jedoch konnten Unterschiede zwischen der Trümmersuche und der Flächensuche im dichten Bewuchs anhand der Aktivität und der Speichelkortisol-Konzentrationen aufgezeigt werden.

7 Summary

Influence of altitude and terrain configuration on the performance physiology of alpine rescue dogs

19 dogs from the search dog unit of Salzburg Red Cross, the avalanche rescue dog unit of Bavarian Mountain Rescue, and from Technisches Hilfswerk (THW) Garmisch-Partenkirchen were subjected to a series of tests on factors influencing the strain upon rescue dogs. In total, every dog underwent five different exercises with a duration of strain of two times 20 minutes of searching each and a 16-minute break in between the two cycles. Area search in dense vegetation was performed at an altitude I of 500 m to 700 m and at an altitude II of 1,500 m to 1,700 m. Rubble search was carried out at the same altitudes as area search and additionally at an altitude III of 2,500 m and 2,700 m. The exercise at altitude I took place from May to November, at altitude II from June to October, and at altitude III from August to September. In order to determine the influence of altitude and the configuration of the terrain on the strain on rescue dogs the parameters of heart rate, activity, body temperature and salivary cortisol during and up to one hour after the search were compared based on the various altitudes and the two types of terrain.

There were marked differences between the five exercises, above all in terms of heart rate, activity and body temperature. At the beginning of the first and the second strain of search the heart rate reacted with a significant increase to an average 153.8 bpm to 165.0 bpm (physiological rate: up to 160 bpm), returning to normal within 20 to 40 minutes after the end of strain. The average activity of the dogs during the first search cycle, with values between 190.4 mG and 240.6 mG, was significantly higher than the activity during the second search cycle with values between 162.6 bpm and 202.3 mG. The rectal body temperature was recorded at eight measuring points prior to and after strain. After strain the average body temperature rose to values between 39.2 °C and 39.8 °C (physiological value: up to 39.0 °C), returning to the initial values 20 to 40 minutes after the end of strain. Salivary cortisol levels were between 8.2 nmol/l and 15.8 nmol/l during the tests.

A higher altitude-related strain on the dogs at altitude III was noticeable in an increased heart rate only after the strain cycles. At the same time, however, the average activity at altitude III

during both search cycles was significantly higher than at altitude I and altitude II. In addition, the parameters of body temperature and salivary cortisol at altitude III reached significantly lower values than at the other two altitudes.

Terrain-related differences were found neither in terms of heart rate nor in body temperature when comparing rubble search and area search in dense vegetation. As regards activity, the values towards the end of search cycle 2 on the rubble terrain were significantly lower than on the dense vegetation terrain. On dense vegetation terrain, as opposed to rubble terrain, the development of salivary cortisol levels was consistent, with decreasing values during recovery.

Separating the rescue dogs into three age groups yielded age-related differences in strain. In both strain cycles as well as during the break in between the heart rate of the young dogs (age group I: < 4 years) was significantly lower than in the other two age groups (age group II: 4 - 7 years, age group III: > 7 years). Whereas the activity level was the same in age groups I and II, age group III was on average less active or experienced a considerable decrease in activity during the exercise. The salivary cortisol levels of the dogs older than seven years were also significantly higher than in the other two age groups, whereas there was no significant difference between the age groups in terms of body temperature.

The present study yielded an influence of the body weight of the dogs investigated, which was between 17 kg and 45 kg. During search cycle 1 and during break the heart rates of heavier dogs were lower. During search cycle 2 there was no longer any significant difference in heart rate due to weight; however, the lighter dogs were now significantly more active. The heavier dogs exhibited a higher body temperature at the measuring points after the break, after search cycle 2 and after recovery 1. There was no evidence of any influence of weight on the salivary cortisol level.

Classification of the rescue dogs investigated into three groups of coat (short hair, long hair, stock hair) yielded fur-dependent differences. The heart rates of long hair dogs were significantly lower than those of short and stock hair dogs, particularly during resting and the break. In terms of activity, however, the different coat groups exhibited no significant differences. The consistency of the coat had a marked influence on the body temperature. After the two strain cycles as well as 20 minutes after each cycle with ambient temperatures

between 12,3°C and 15,0°C the values of the short hair dogs were significantly lower than those of long and stock hair dogs.

Evaluation of the parameters according to the sex yielded different results for female and male dogs. The heart rates of the male dogs were significantly higher both during resting and during the break despite an identical level of activity. On the other hand, the female dogs exhibited significantly higher body temperatures 20 minutes after each strain cycle. The curve progression of salivary cortisol showed a consistently higher level in the male dogs, which turned out to be significant at the measuring point after resting.

All in all, the parameters investigated gave no evidence of any differences in strain physiology at different altitudes of up to 2,600 m. However, differences were shown between rubble search and area search in dense vegetation based on activity and salivary cortisol levels.

8 Literaturverzeichnis

Bärtsch P (2000). Höhenanpassung - Standards der Sportmedizin. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 51:139-140.

Bärtsch P, Mairbäuerle H, Swenson ER, Maggiorini M (2003). High altitude pulmonary oedema. Swiss Medical Weekly 133:377-384.

Beerda B, Schilder MB, Janssen NS, Mol JA (1996). The use of saliva cortisol, urinary cortisol, and catecholamine measurements for a noninvasive assessment of stress responses in dogs. Horm Behav 30(3):272-279.

Beerda B, Schilder MB, Van Hooff JA, De Vries HW, Mol JA (1998). Behavioural, saliva cortisol and heart rate responses to different types of stimuli in dogs. Appl Anim Beh Sci 58:365-381.

Beerda B, Schilder MB, Bernadina W, Van Hooff JA, De Vries HW, Mol JA (1999). Chronic stress in dogs subjected to social and spatial restriction: II. Hormonal and immunological responses. Physiol Behav 66(2):243-254.

Bergeron R, Scott SL, Emond JP, Mercier F, Cook NJ, Schaefer AL (2002). Physiology and behavior of dogs during air transport. Can J Vet Res 66(3):211-216.

Bjotvedt G, Weems CW, Foley K (1984). Strenuous exercise may cause health hazards for racing Greyhounds. Vet Med: Small Anim Clin 79:1481-1487.

Carrasco GA, Van de Kar LD (2003). Neuroendocrine pharmacology of stress. Eur J Pharmacol 463:235-272.

Cavagna GA, Heglund NC, Taylor CR (1977). Mechanical work in terrestrial locomotion: two basic mechanisms for minimizing energy expenditure. Am J Physiol 233(5):R243-R261.

Cronin GM, Hemsworth PH, Barnett JL, Jongman EC, Newman EA, McCauley I (2003). An anti-barking muzzle for dogs and its short-term effects on behaviour and saliva cortisol concentrations. *Appl Anim Behav Sci* 83:215-226.

Csoti I, Werner M, Fornadi F (2001). ActiTrac - activity monitoring in parkinsonian patients. *Neurol Rehabil* 7(3):139-141.

De Villiers MS, Van Jaarsveld AS, Meltzer DG, Richardson PR (1997). Social dynamics and cortisol response to immobilization stress of the african wild dog, *lycaon pictus*. *Horm Behav* 31:3-14.

Doxey S, Boswood A (2004). Differences between breeds of dog in a measure of heart rate variability. *Vet Rec* 154:713-717.

Engelhardt W. (2005). Arbeitsphysiologie unter besonderer Berücksichtigung des Pferdeleistungssports. In: Engelhardt W, Breves G (Hrsg.). *Physiologie der Haustiere*, 2. Auflage. Enke Verlag, Stuttgart, 461-469. ISBN 3-8304-1039-5.

Friedmann B, Bauer T, Menold E, Bärtsch P (2004). Exercise with the intensity of the individual anaerobic threshold in acute hypoxia. *Med Sci Sports Exerc* 36(10):1737-1742.

Gaebelein CJ, Galosy RA, Botticelli L, Howard, JL Obrist PA (1977). Blood pressure and cardiac changes during signalled and unsignalled avoidance in dogs. *Physiol Behav* 19: 69-74.

Galosy RA, Clarke LK, Mitchell JH (1979). Cardiac changes during behavioral stress in dogs. *Am J Physiol* 236(5):H750-H780.

Garnier F, Benoit E, Virat M, Ochoa R, Delatour P (1990). Adrenal cortical response in clinically dogs before and after adaptation to a housing environment. *Lab Anim* 24(1):40-43.

Glaus TM, Hauser K, Hässig M, Lipp B, Reusch CE (2003). Non-invasive measurement of the cardiovascular effects of chronic hypoxaemia on dogs living at moderately high altitude. *Vet Rec* 152:800-803.

Grandjean D, Sergheraert R, Valette J, Driss F (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(12):2694S-2697S.

Gringolo A, Koepke JP, Obrist PA (1982). Renal function, heart rate, and blood pressure during exercise and avoidance in dogs. *Am J Physiol* 242(5):R482-R490.

Harmeyer J (2005). Herz. In: Engelhardt W, Breves G (Hrsg.). *Physiologie der Haustiere*, 2. Auflage. Enke Verlag, Stuttgart, 137-170. ISBN 3-8304-1039-5.

Hennesy MB, Williams MT, Miller DD, Douglas CW, Voith VL (1998). Influence of male and female petterns on plasma cortisol and behaviour: can human interaction reduce the stress in a public animal shelter? *Appl Anim Beh Sci* 61:63-77.

Hörnricke H (1987). Thermophysiologie. In: Scheunert A, Trautmann A (Hrsg.). *Lehrbuch der Veterinärphysiologie*. Paul Paray Verlag, Berlin, Hamburg, 142-158. ISBN 3-489-66216-4.

Ilkiw JE, Davis PE, Church DB (1989). Hematologic, biochemical, blood-gas and acid-base values in greyhounds before and after exercise. *Am J Vet Res* 50:583-586.

Jessen C (2005). Wärmebilanz und Temperaturregulation. In: Engelhardt W, Breves G (Hrsg.). *Physiologie der Haustiere*, 2. Auflage. Enke Verlag, Stuttgart, 446-460. ISBN 3-8304-1039-5.

Johnston SD, Mather EC (1987). Canine plasma cortisol (Hydrocortisone) measured by radioimmunoassay: clinical absence of diurnal variation and results of ACTH stimulation and dexamethasone supression tests. *Am J Vet Res* 39(11):1766-1770.

Kanter GS (1954). Effect of heat on regulation of body fluids and electrolytes in dogs. *Am J Physiol* 178(8): 259-262.

Kempainen RJ, Sartin JL (1984). Evidence for episodic but not circadian activity in plasma concentrations of adrenocorticotrophin, cortisol and thyroxine in dogs. *J Endocr* 103:219-226.

Kirschbaum C, Hellhammer DH (1989). Salivary cortisol in psychobiological research: an overview. *Neuropsychobiol* 22:150-169.

Kirschbaum C, Strasburger CJ, Jammers W, Hellhammer DH (1989). Cortisol and behaviour: 1. Adaption of a radionimmunoassay kit for reliable and inexpensive salivary cortisol determination. *Pharmacol Biochem Behav* 34:747-751.

Kirschbaum C, Hellhammer DH (1999). Noise and stress - salivary cortisol as a non-invasive measure of allostatic load. *Noise and Health* 4:57-65.

Kobelt AJ, Hemsworth PH, Barnett JL, Butler KL (2003). Sources of sampling variation in saliva cortisol in dogs. *Res Vet Sci* 75:157-161.

Köhler F (2003). Vergleichende Untersuchungen zur Belastung von Lawinen- und Rettungshunden bei der Lauf- und der Sucharbeit. Ludwig-Maximilians-Universität, München, Fachbereich Veterinärmedizin, Dissertation.

Kolb E, Seehawer J (2002). Die Leistungsfähigkeit des Rennhundes und der Einfluss der Anwendung von Vitaminen (Übersichtsreferat). *Tierärztl Umsch* 57:317-325.

Kolevsaka J, Brunclik V, Svoboda M (2003). Circadian rhythm of cortisol secretion in dogs of different daily activities. *Acta vet BRNO* 72(4):599-605.

Kozlowski S, Brzezinska Z, Kruk B, Kaciuba-Uscilko H, Greenleaf JE, Nazar K (1985). Exercise hyperthermia as a factor limiting physical performance: temperature effect on muscle metabolism. *J Appl Physiol* 59(1-3):766-773.

Kremlicka H (2003). Thermographische Untersuchung an Lawinenhunden. Veränderung der Körpertemperatur während des Trainings. In: Slotta-Bachmayr (Hrsg.). Optimierung von Einsatz und Training bei Lawinenhunden. Altenhofer Verlag, Salzburg, 63-72.

Kruk G, Kaciuba-Uscilko H, Nazar K, Greenleaf JE, Kozłowski S (1985). Hypothalamic, rectal, and muscle temperatures in exercising dogs: effect of cooling. *J Appl Physiol* 58(4-6): 1444-1448.

Kuhn G, Lichtwald K, Hardegg W, Abel HH (1990). Reaktionen von Corticoiden, Enzymaktivitäten und hämatologischen Parametern auf Transportstress bei Hunden. *J Exp Anim Sci* 34:99-104.

Mackintosh IC, Dormehl IC, Van Gelder AL, Du Plessis M (1983). Blood volume, heart rate, and left ventricular ejection fraction changes in dogs before and after exercise during endurance training. *Am J Vet Res* 44 (10):1960-1962.

Matsunaga T, Harada T, Mitsui T, Inokuma M, Hashimoto M, Miyauchi M, Murano H, Shibutani Y (2001). Spectral analysis of circadian rhythms in heart rate variability of dogs. *Am J Vet Res* 62(1):37-42.

Matwichuk CL, Taylor SM, Shmon CL, Kass PH, Shelton GD (1999). Changes in rectal temperature and hematologic, biochemical, blood gas, and acid-base values in healthy Labrador Retrievers before and after strenuous exercise. *Am J Vet Res* 60(1):88-92.

Miyazaki H, Yoshida M, Samura K, Matsumoto H, Ikemoto F, Tagawa M (2002). Ranges of diurnal variation and the pattern of body temperature, blood pressure and heart rate in laboratory beagle dogs. *Exp Anim* 51(1):95-98.

Murase T, Inaba M, Maede Y (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(5):1133-1135.

Musch TI, Haudet GC, Ordway GA, Longhurst JC, Mitchell JH (1985). Arterial blood gases and acid-base status of dogs during graded dynamic exercise. *J Appl Physiol* 61:1914-1919.

Orth DN, Peterson ME, Drucker WD (1988). Plasma Immunoreactive Probiomelanocortin peptides and cortisol in normal dogs and dogs with cushing`s syndrome: diurnal rhythm and responses to a various stimuli. *Endocrinol* 122(4):1250-1262.

Palazzolo D, Quadri SK (1987a). The effects of aging on the circadian rhythm of serum cortisol in the dog. *Exp Gerontol* 22: 379-387.

Palazzolo D, Quadri SK (1987b). Plasma thyroxine and cortisol under basal conditions and during cold stress in the aging dog. *Proc Soc Exp Biol Med* 185:305-311.

Phillips CJ, Coppinger RP, Schimel DS (1981). Hyperthermia in running sled dogs. *J Appl Physiol: Resp Environ Exercise Physiol* 51:135-142.

Refinetti R, Piccone G (2003). Daily rhythmicity of body temperature in the dog. *J Vet Med Sci* 65(8):935-937.

Rose RJ, Bloomberg MS (1989). Responses to sprint exercise in the greyhound: effects on haematology, serum biochemistry and muscle metabolites. *Res Vet Sci* 47:212-218.

Rothuizen J, Reul JM, Rjinberk A, Mol JA, De Kloet E (1991). Aging and the hypothalamus-pituitary-adrenocortical axis, with special reference in the dog. *Acta endocrinol* 125(1): 73-76.

Ruis MA, Brake JH, Engel ED, Buist WG, Blokhuis HJ, Koolhaas JM (1997). The circadian rhythm of salivary cortisol in growing pigs: effect of age, gender, and stress. *Physiol Behav* 62(3):623-630.

Rushen J (1991). Problems associated with the interpretation of physiological data in the assessment of animal welfare. *Appl Anim Beh Sci* 28:381-386.

Sanders M, White F, Bloor C (1977). Cardiovascular responses of dogs and pigs exposed to a similar physiological stress. *Comp Biochem Physiol* 58A: 365-370.

Scheibe KM, Schleusner T, Berger A, Eichhorn K, Langbein J, Dal Zotto L, Streich WJ (1998). ETHOSYS ® - new system for recording and analysis of behaviour of free-ranging domestic animals and wildlife. *Appl Anim Beh Sci* 55:195-211.

Schilling JA, Harvey RB, Becker EL, Velasquez T (1956). Work performance at altitude after adaption in man and dog. *J Appl Physiol* 8:381-387.

Siwak CT, Tapp TP, Zicker SC, Murphey HL, Muggenburg BA, Head E, Cotman CW, Milgram NW (2003). Locomotory activity rhythms in dogs vary with age and cognitive status. *J Behav Neurosci* 117(4):813-824.

Slotta-Bachmayr L (2003). Lawinenhunde im Stress. In: Slotta-Bachmayr (Hrsg.). *Optimierung von Einsatz und Training bei Lawinenhunden*. Altenhofer Verlag, Salzburg, 48-63.

Smulyan H, Cuddy RP, Vincent WA, Kashemsant U, Eich RH (1965). Initial haemodynamic response to mild exercise in trained dogs. *J Appl Physiol* 20:437-442.

Spörri H (1987). In: Scheunert A., Trautmann A. (Hrsg.). *Lehrbuch der Veterinärphysiologie*, 7. Auflage. Paul Paray Verlag, Berlin, Hamburg: 217-218.

Steiss J, Ahmad HA, Cooper P, Ledford C (2004). Physiologic responses in healthy labrador retrievers during field trial training and competition. *J Vet Int Med* 18(2):147-151.

Stichnoth J (2002). Stresserscheinungen beim praxisähnlichen Einsatz von elektrischen Erziehungshalsbändern beim Hund. Tierärztliche Hochschule Hannover, Dissertation.

Strasser A, Hochleithner M, Bubna-Littitz H (1993). Stress in dogs used for searching for drugs. *Wien Tierärztl Mschr* 80(11):352-355.

Taylor CR, Schmidt-Nielson K, Dmièl R, Fedak M (1971). Effect of hypothermia on heat balance during running in the african hunting dog. *Am J Physiol* 220(3):823-827.

Umeda T, Hiramatsu R, Iwaoka T, Shimada T, Miura F, Sato T (1981). Use of saliva for monitoring unbound free cortisol levels in serum. *Clin Chim Acta* 110:245-253.

Vincent IC, Michell AR (1992). Comparison of cortisol in saliva and plasma of dogs. *Res Vet Sci* 53:342-345.

Vincent IC, Leahy RA (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(2):179-183.

Vining RF, Mc Ginley RA, Maksvytis JJ, Ho KY (1983). Salivary cortisol: a better measure of adrenal cortical function than serum cortisol. *Ann Clin Biochem* 20:329-335.

Wagner JA, Horvath SM, Dahms TE (1977). Cardiovascular, respiratory, and metabolic adjustments to exercise in dogs. *J Appl Physiol* 42:403-407.

Weston AR, Mackenzie G, Tufts MA, Mars M (2001). Optimal time of arrival for performance at moderate altitude (1700 m). *Med Sci Sports Exerc* 33(2):298-320.

Wyatt HL, Mithcell JH (1974). Influence of physical training on the heart of dogs. *Circ Res* 35(6):883-889.

Young DR, Mosher R, Erve P, Spector H (1959). Body temperature and heat exchange during treadmill running in dogs. *J Appl Physiol* 14:839-943.

9 Tabellarischer Anhang

Tabelle 19: Herzfrequenz (bpm) während der Ruhe- und Belastungszeit, während der acht Probennahmen sowie in der Pausen- und Erholungszeit auf der Geländeform Trümmer auf den Höhenlagen I und II. Angegeben sind Mittelwerte (M), Standardabweichung (SD), Minima (Min) und Maxima (Max), sowie die Anzahl der untersuchten Hunde (N) (Probenzeitpunkt: T1: Start; T2: nach 16 min Ruhe; T3: nach den ersten 20 min Suchbelastung; T4: nach 16 min Pause; T5: nach den zweiten 20 min Suchbelastung; T6: nach den ersten 16 min Erholung; T7: nach den zweiten 16 min Erholung; T8: nach den dritten 16 min Erholung). Belastungswerte sind grau hinterlegt.

Herzfrequenz (bpm)	Höhenlage I: Trümmer					Höhenlage II: Trümmer				
	N	M	SD	Min	Max	N	M	SD	Min	Max
T1	18	105,5	15,5	78,4	130,8	18	108,2	14,8	5,0	78,3
Ruhe	19	92,1	18,3	54,2	117,7	18	97,0	18,1	5,0	41,8
T2	19	109,1	16,1	64,0	124,4	18	113,7	16,5	16,3	105,8
Suche 1	19	159,0	15,6	122,7	184,4	18	165,0	13,3	85,3	339,3
T3	19	122,4	20,3	98,6	181,7	18	122,7	16,7	11,8	96,2
Pause	19	98,8	14,5	70,9	115,1	18	99,4	16,6	2,8	55,0
T4	19	106,5	15,7	71,1	133,0	18	109,5	14,9	15,0	136,3
Suche 2	19	153,8	15,4	125,8	184,7	18	161,1	17,6	73,3	279,8
T5	19	119,1	19,6	84,9	170,5	18	118,6	15,3	16,3	115,3
Erholung1	19	103,9	20,9	73,6	166,4	18	98,0	16,9	3,8	51,0
T6	19	105,7	19,2	70,0	168,9	18	103,8	16,7	8,5	87,4
Erholung2	19	94,2	14,5	70,9	124,9	18	94,8	11,7	1,0	31,0
T7	19	104,4	18,4	64,5	135,9	18	105,0	12,0	11,0	76,6
Erholung3	18	90,6	16,4	57,1	112,5	18	92,4	17,0	1,0	26,5
T8	17	103,0	17,7	69,4	130,0	18	109,2	15,5	12,3	87,5

Tabelle 20: Herzfrequenz (bpm) während der Ruhe- und Belastungszeit, während der acht Probennahmen sowie in der Pausen- und Erholungszeit auf der Geländeform Trümmer auf der Höhenlage III. Angegeben sind Mittelwerte (M), Standardabweichung (SD), Minima (Min) und Maxima (Max), sowie die Anzahl der untersuchten Hunde (N) (Probenzeitpunkt: T1: Start; T2: nach 16 min Ruhe; T3: nach den ersten 20 min Suchbelastung; T4: nach 16 min Pause; T5: nach den zweiten 20 min Suchbelastung; T6: nach den ersten 16 min Erholung; T7: nach den zweiten 16 min Erholung; T8: nach den dritten 16 min Erholung). Belastungswerte sind grau hinterlegt.

Herzfrequenz (bpm)	Höhenlage III: Trümmer				
	N	M	SD	Min	Max
T1	16	112,8	22,5	85,4	174,5
Ruhe	16	98,1	21,4	72,4	149,9
T2	16	111,6	16,7	76,0	136,0
Suche 1	16	161,6	22,4	112,8	190,2
T3	16	131,8	23,4	99,2	184,4
Pause	16	105,5	15,2	84,2	130,3
T4	16	114,1	17,3	86,3	145,1
Suche 2	16	159,2	20,9	119,5	190,8
T5	16	127,8	21,1	96,8	176,5
Erholung1	16	108,5	25,8	80,3	182,8
T6	16	110,6	25,3	70,9	177,2
Erholung2	16	100,0	16,5	70,9	137,0
T7	16	107,9	20,4	69,6	152,9
Erholung3	16	96,4	23,3	71,0	160,5
T8	15	102,8	18,7	79,1	143,7

Tabelle 21: Herzfrequenz (bpm) während der Ruhe- und Belastungszeit, während der acht Probennahmen sowie in der Pausen- und Erholungszeit auf der Geländeform Bewuchs auf den Höhenlagen I und II. Angegeben sind Mittelwerte (M), Standardabweichung (SD), Minima (Min) und Maxima (Max), sowie die Anzahl der untersuchten Hunde (N) (Probenzeitpunkt: T1: Start; T2: nach 16 min Ruhe; T3: nach den ersten 20 min Suchbelastung; T4: nach 16 min Pause; T5: nach den zweiten 20 min Suchbelastung; T6: nach den ersten 16 min Erholung; T7: nach den zweiten 16 min Erholung; T8: nach den dritten 16 min Erholung). Belastungswerte sind grau hinterlegt.

Herzfrequenz (bpm)	Höhenlage I: Bewuchs					Höhenlage II: Bewuchs				
	N	M	SD	Min	Max	N	M	SD	Min	Max
T1	19	102,3	19,0	56,6	127,3	18	103,7	17,5	67,6	137,9
Ruhe	19	88,3	20,7	56,7	132,3	18	90,1	15,4	59,9	119,5
T2	19	107,9	18,7	72,8	151,1	18	103,2	16,7	77,9	144,6
Suche 1	19	156,9	22,4	91,3	192,3	18	155,8	14,9	127,1	174,3
T3	19	122,5	14,7	94,7	146,8	18	121,3	14,8	98,6	154,1
Pause	19	100,4	16,6	73,6	150,3	18	100,6	14,9	79,5	131,8
T4	19	109,3	14,4	82,7	134,0	18	106,3	16,9	86,6	139,8
Suche 2	19	157,4	13,8	123,1	174,4	18	156,6	16,2	122,6	186,3
T5	19	122,3	13,9	99,4	151,0	18	121,3	13,1	104,2	146,7
Erholung1	19	100,4	11,2	80,5	117,8	18	101,8	13,1	79,5	132,0
T6	19	106,0	13,5	72,7	125,5	18	103,2	10,4	78,3	119,1
Erholung2	19	88,8	11,0	73,6	115,3	18	94,1	25,1	71,5	179,7
T7	19	105,4	14,1	79,7	128,3	18	101,4	11,8	84,2	129,0
Erholung3	19	81,9	14,3	59,9	123,0	18	88,4	15,0	62,3	118,4
T8	19	101,6	16,5	72,4	128,0	18	101,2	10,8	86,2	118,3

Tabelle 22: Aktivität (mG) während der Ruhe- und Belastungszeit, während der acht Probennahmen sowie in der Pausen- und Erholungszeit auf der Geländeform Trümmer auf den Höhenlagen I und II. Angegeben sind Mittelwerte (M), Standardabweichung (SD), Minima (Min) und Maxima (Max), sowie die Anzahl der untersuchten Hunde (N) (Probenzeitpunkt: T1: Start; T2: nach 16 min Ruhe; T3: nach den ersten 20 min Suchbelastung; T4: nach 16 min Pause; T5: nach den zweiten 20 min Suchbelastung; T6: nach den ersten 16 min Erholung; T7: nach den zweiten 16 min Erholung; T8: nach den dritten 16 min Erholung). Belastungswerte sind grau hinterlegt.

Aktivität (mG)	Höhenlage I: Trümmer					Höhenlage II: Trümmer				
	N	M	SD	Min	Max	N	M	SD	Min	Max
T1	19	42,7	19,7	19,8	94,0	18	34,9	18,3	5,0	78,3
Ruhe	19	19,6	11,5	3,5	41,0	18	19,5	11,8	5,0	41,8
T2	19	46,1	21,8	19,5	100,8	18	52,9	29,1	16,3	105,8
Suche 1	19	206,9	81,0	98,7	377,3	18	190,4	78,5	85,3	339,3
T3	19	68,9	40,8	26,8	182,8	18	53,5	22,1	11,8	96,2
Pause	19	16,9	11,2	1,3	41,5	18	17,5	12,9	2,8	55,0
T4	19	36,5	17,5	0,0	65,5	18	53,3	27,7	15,0	136,3
Suche 2	19	162,6	76,2	2,5	288,8	18	164,8	59,8	73,3	279,8
T5	19	48,8	21,1	1,5	87,3	18	48,1	25,3	16,3	115,3
Erholung1	18	19,4	11,1	2,9	41,0	18	19,3	14,0	3,8	51,0
T6	18	31,3	9,8	15,8	48,3	18	37,4	20,0	8,5	87,4
Erholung2	18	13,8	9,7	4,0	36,5	18	14,2	7,4	1,0	31,0
T7	18	35,5	21,3	3,7	83,5	18	36,9	17,7	11,0	76,6
Erholung3	18	12,0	7,3	1,3	26,8	18	11,8	7,8	1,0	26,5
T8	17	35,5	12,8	10,8	58,3	18	43,1	24,8	12,3	87,5

Tabelle 23: Aktivität (mG) während der Ruhe- und Belastungszeit, während der acht Probennahmen sowie in der Pausen- und Erholungszeit auf der Geländeform Trümmer auf der Höhenlage III. Angegeben sind Mittelwerte (M), Standardabweichung (SD), Minima (Min) und Maxima (Max), sowie die Anzahl der untersuchten Hunde (N) (Probenzeitpunkt: T1: Start; T2: nach 16 min Ruhe; T3: nach den ersten 20 min Suchbelastung; T4: nach 16 min Pause; T5: nach den zweiten 20 min Suchbelastung; T6: nach den ersten 16 min Erholung; T7: nach den zweiten 16 min Erholung; T8: nach den dritten 16 min Erholung). Belastungswerte sind grau hinterlegt.

Aktivität (mG)	Höhenlage III: Trümmer				
	N	M	SD	Min	Max
T1	16	45,4	17,0	15,3	73,5
Ruhe	16	25,2	12,3	6,8	43,8
T2	16	49,7	17,6	21,8	74,8
Suche 1	16	240,6	88,6	127,3	401,3
T3	16	74,5	35,5	30,3	153,3
Pause	16	21,3	10,1	5,5	38,5
T4	16	41,3	15,2	15,0	68,8
Suche 2	16	202,3	69,5	94,8	347,0
T5	16	64,4	41,4	16,5	166,0
Erholung1	16	22,9	11,1	2,3	48,5
T6	16	35,7	20,1	12,3	77,3
Erholung2	16	17,4	9,9	3,5	33,3
T7	16	39,3	17,6	15,8	74,0
Erholung3	16	15,4	9,0	2,5	34,5
T8	16	31,6	18,4	0,0	61,5

Tabelle 24: Aktivität (mG) während der Ruhe- und Belastungszeit, während der acht Probennahmen sowie in der Pausen- und Erholungszeit auf der Geländeform Bewuchs auf den Höhenlagen I und II. Angegeben sind Mittelwerte (M), Standardabweichung (SD), Minima (Min) und Maxima (Max), sowie die Anzahl der untersuchten Hunde (N) (Probenzeitpunkt: T1: Start; T2: nach 16 min Ruhe; T3: nach den ersten 20 min Suchbelastung; T4: nach 16 min Pause; T5: nach den zweiten 20 min Suchbelastung; T6: nach den ersten 16 min Erholung; T7: nach den zweiten 16 min Erholung; T8: nach den dritten 16 min Erholung). Belastungswerte sind grau hinterlegt.

Aktivität (mG)	Höhenlage I: Bewuchs					Höhenlage II: Bewuchs				
	N	M	SD	Min	Max	N	M	SD	Min	Max
T1	19	54,8	26,5	2,1	96,3	18	37,7	19,3	18,0	98,2
Ruhe	19	21,0	15,5	4,3	56,0	18	17,3	11,1	1,5	42,9
T2	19	58,0	36,6	12,3	163,5	18	40,9	21,4	19,8	101,1
Suche 1	19	224,9	64,6	103,3	343,8	18	213,5	84,1	82,8	374,0
T3	19	64,4	24,4	27,3	107,3	18	56,0	23,3	19,3	120,5
Pause	19	23,5	14,4	0,5	49,3	18	17,3	10,0	3,3	46,2
T4	19	51,7	29,3	17,3	145,6	18	38,0	17,3	12,0	78,5
Suche 2	19	198,2	66,0	101,1	378,8	18	193,5	83,2	82,8	392,5
T5	18	70,7	23,9	31,9	118,5	18	60,6	31,4	15,8	132,5
Erholung1	18	19,5	12,9	0,3	52,0	18	17,5	9,6	5,0	38,3
T6	18	38,4	16,6	14,3	65,0	18	34,0	15,1	14,8	76,5
Erholung2	18	13,9	11,1	0,5	40,3	18	11,4	7,3	2,4	32,5
T7	18	39,1	11,9	19,8	61,5	18	31,7	14,8	11,5	65,7
Erholung3	18	10,8	10,8	0,5	39,0	18	12,2	10,3	1,3	44,9
T8	18	36,0	21,8	8,8	99,3	18	37,0	17,5	18,5	73,5

Tabelle 25: Rektale Körpertemperatur (°C) zu den acht Probenahmen auf der Geländeform Trümmer auf den Höhenlagen I, II und III. Angegeben sind die Mittelwerte (M), Standardabweichung (SD), Minima (Min) und Maxima (Max) sowie die Anzahl der untersuchten Hunde (N) (Probenzeitpunkt: T1: Start; T2: nach 16 min Ruhe; T3: nach den ersten 20 min Suchbelastung; T4: nach 16 min Pause; T5: nach den zweiten 20 min Suchbelastung; T6: nach den ersten 16 min Erholung; T7: nach den zweiten 16 min Erholung; T8: nach den dritten 16 min Erholung). Belastungswerte sind grau hinterlegt.

Höhenlage I: Trümmer						Höhenlage II: Trümmer				
Probe	N	M	SD	Min	Max	N	M	SD	Min	Max
T1	18	38,8	0,3	38,4	39,3	18	38,7	0,5	37,9	39,6
T2	18	38,6	0,2	38,3	38,9	18	38,5	0,2	38,1	38,8
T3	18	39,8	0,6	39,0	40,9	18	39,6	0,5	38,7	40,5
T4	18	38,9	0,5	38,2	40,3	18	38,8	0,4	38,4	39,4
T5	18	39,6	0,6	38,7	40,7	18	39,5	0,5	38,8	40,7
T6	18	38,9	0,5	38,0	39,9	18	38,7	0,3	38,3	39,4
T7	18	38,5	0,3	38,0	38,8	18	38,5	0,3	37,8	39,1
T8	18	38,4	0,2	37,9	38,8	18	38,3	0,3	37,7	38,9

Höhenlage III: Trümmer					
Probe	N	M	SD	Min	Max
T1	15	38,5	0,3	37,7	39,0
T2	15	38,5	0,2	38,1	38,9
T3	15	39,2	0,5	38,2	40,0
T4	15	38,6	0,3	38,0	39,2
T5	15	39,3	0,5	38,4	40,1
T6	15	38,8	0,4	38,2	39,8
T7	15	38,5	0,2	38,0	39,0
T8	15	38,4	0,2	37,9	38,9

Tabelle 26: Rektale Körpertemperatur (°C) zu den acht Probennahmen auf der Geländeform Bewuchs auf den Höhenlagen I und II. Angegeben sind die Mittelwerte (M), Standardabweichung (SD), Minima (Min) und Maxima (Max) sowie die Anzahl der untersuchten Hunde (N) (Probenzeitpunkt: T1: Start; T2: nach 16 min Ruhe; T3: nach den ersten 20 min Suchbelastung; T4: nach 16 min Pause; T5: nach den zweiten 20 min Suchbelastung; T6: nach den ersten 16 min Erholung; T7: nach den zweiten 16 min Erholung; T8: nach den dritten 16 min Erholung). Belastungswerte sind grau hinterlegt.

Höhenlage I: Bewuchs						Höhenlage II: Bewuchs				
Probe	N	M	SD	Min	Max	N	M	SD	Min	Max
T1	18	38,7	0,4	38,0	39,5	17	38,6	0,5	38,0	39,6
T2	18	38,5	0,4	37,7	39,0	17	38,4	0,3	37,9	39,1
T3	18	39,7	0,8	38,5	41,1	17	39,7	0,6	38,8	40,5
T4	18	38,9	0,4	38,2	39,5	17	38,7	0,3	38,1	39,3
T5	18	39,6	0,5	38,7	40,6	17	39,5	0,5	38,8	40,7
T6	18	38,7	0,4	37,6	39,3	17	38,7	0,4	38,1	39,7
T7	18	38,4	0,3	37,8	38,9	17	38,4	0,3	37,9	38,9
T8	18	38,2	0,3	37,4	38,7	17	38,3	0,2	38,0	38,6

Tabelle 27: Speichelkortisol-Konzentration (nmol/l) zu den acht Probennahmen auf der Geländeform Trümmer auf den Höhenlagen I, II und III. Angegeben sind die Mittelwerte (M), Standardabweichung (SD), Minima (Min) und Maxima (Max) sowie die Anzahl der untersuchten Hunde (N) (Probenzeitpunkt: T1: Start; T2: nach 16 min Ruhe; T3: nach den ersten 20 min Suchbelastung; T4: nach 16 min Pause; T5: nach den zweiten 20 min Suchbelastung; T6: nach den ersten 16 min Erholung; T7: nach den zweiten 16 min Erholung; T8: nach den dritten 16 min Erholung). Belastungswerte sind grau hinterlegt.

Höhenlage I: Trümmer						Höhenlage II: Trümmer				
Probe	N	M	SD	Min	Max	N	M	SD	Min	Max
T1	18	11,8	6,1	5,3	29,1	18	15,8	9,1	5,9	40,7
T2	17	12,8	7,9	6,7	40,1	18	14,8	9,3	7,1	35,6
T3	18	11,6	6,2	3,7	27,4	18	12,5	5,4	6,2	27,8
T4	18	10,8	4,6	6,5	25,3	18	13,4	7,0	6,0	32,2
T5	18	11,6	4,6	5,2	24,6	18	13,3	4,3	7,6	23,6
T6	18	13,1	9,3	6,7	46,3	18	13,7	5,9	6,5	28,8
T7	18	14,9	9,4	6,3	41,4	18	14,1	6,4	7,7	32,7
T8	18	13,4	7,4	4,9	36,7	16	14,9	5,9	7,5	30,8

Höhenlage III: Trümmer					
Probe	N	M	SD	Min	Max
T1	16	9,4	5,3	4,6	23,5
T2	16	9,7	4,9	4,8	20,3
T3	16	10,5	11,1	4,0	49,2
T4	16	11,3	9,7	4,2	43,3
T5	16	8,2	4,4	2,7	19,5
T6	16	9,6	4,5	5,0	17,5
T7	16	10,6	4,6	5,4	20,9
T8	16	12,0	7,4	5,9	33,3

Tabelle 28: Speichelkortisol-Konzentration (nmol/l) zu den acht Probenahmen auf der Geländeform Bewuchs auf den Höhenlagen I und II. Angegeben sind die Mittelwerte (M), Standardabweichung (SD), Minima (Min) und Maxima (Max) sowie die Anzahl der untersuchten Hunde (N) (Probenzeitpunkt: T1: Start; T2: nach 16 min Ruhe; T3: nach den ersten 20 min Suchbelastung; T4: nach 16 min Pause; T5: nach den zweiten 20 min Suchbelastung; T6: nach den ersten 16 min Erholung; T7: nach den zweiten 16 min Erholung; T8: nach den dritten 16 min Erholung). Belastungswerte sind grau hinterlegt.

Höhenlage I: Bewuchs						Höhenlage II: Bewuchs				
Probe	N	M	SD	Min	Max	N	M	SD	Min	Max
T1	18	10,9	6,7	4,8	31,9	18	11,4	6,5	5,8	31,4
T2	18	11,1	5,4	3,1	22,0	18	11,5	5,7	3,4	25,7
T3	18	9,5	4,1	4,7	21,7	18	11,8	5,5	2,9	25,0
T4	18	12,8	8,4	4,2	40,6	17	12,4	5,4	4,8	25,3
T5	18	11,0	5,9	6,4	27,8	18	11,9	5,7	4,4	22,6
T6	18	12,1	6,5	5,9	32,1	18	12,8	8,4	5,7	42,3
T7	18	12,3	5,4	6,2	23,8	18	12,9	7,3	4,8	31,6
T8	18	12,0	4,5	5,4	22,4	17	12,4	4,7	5,9	20,8

Danksagung

Herrn Prof. Dr. M. Erhard gilt mein besonderer Dank für die Überlassung des interessanten Themas und die freundliche Unterstützung in allen Arbeitsphasen.

Ganz besonders danken möchte ich Frau Dr. Michaela Schneider für die Unterstützung bei der Planung und Durchführung der Versuche und für die Korrektur der Dissertation. Vor allem möchte ich ihr jedoch für ihr offenes Ohr zu jeder Tages- und Nachtzeit danken und für viele lustige Erinnerungen.

Der „Ernst Wippenbeck-Stiftung zur Förderung der Ausbildung von Alpin- und Rettungshunden“ sei für die Übernahme der Hauptkosten für das Projekt gedankt.

Ein weiterer Dank geht an Herrn Dr. Frank Ahrens für die Hilfsbereitschaft bei der Lösung von Labor- und statistischen Problemen, sowie für anregende Diskussionen. Den Institutsmitarbeitern Dr. Elke Heyn und Jane Engelmeier sei ein Dank für das Fungieren als Figurant ausgesprochen. Ganz besonders möchte ich mich für die tatkräftige Unterstützung bei den Versuchen bei den Doktoranden Silke Pauly, Stephanie Wilhelm und Roman Mikus bedanken.

Nicole Zobel sei Dank für die Hilfe bei der Auswertung der Speichelproben mit dem ELISA.

Außerdem möchte ich mich bei Herrn Dipl.-Stat. Stefan Krieger, Mitarbeiter des statistischen Beratungslabor der LMU, für die fachkundige Hilfe in der statistischen Auswertung des umfangreichen Datenmaterials bedanken.

Ein großer Dank geht an die vierbeinigen und zweibeinigen Teilnehmer dieser Studie, ohne die die gesamte Studie nicht möglich gewesen wäre.

So danke ich „Aica“ mit Wolfgang Schertl, „Aiko I“ mit Richard Liebl, „Aiko II“ mit Ariane Bürgler, „Benno“ mit Andreas Baumann, „Chessi“ mit Ralf Kaukewitsch, „Chico“ mit Daniel Heim, „Droll“ mit Thomas Heinfling, „Eilif“ mit Dr. Paul Herbst, „Eyka“ mit Rolf Frasch, „Fee“ mit Josef Resch, „Fly“ mit Günther Rottensteiner, „Jake“ mit Markus Dick, „Kira“ mit Tino Henning, „Kromit“ mit Dr. Silvia Deutschmann, „Pretty“ mit Alois Russegger, „Ronko“ mit Adolf Floth, „Scip“ mit Sabine Slotta-Bachmayr, „Smilla“ mit Dr. Susanne Vogel, „Spot“ mit Dr. Leo Slotta-Bachmayr und „Xando“ mit Georg Händle. Außerdem möchte ich mich

bei Alois Russegger, dem Staffelleiter der Rettungshunde Rotes Kreuz Salzburg, für das Lösen kleiner und großer Probleme (Anfahrt, Übernachtung, Gelände) bedanken. Herzlich danken möchte ich Dr. Leo Slotta-Bachmayr für seine Hilfsbereitschaft, sein Organisationstalent und seine wissenschaftlichen Anregungen. Ein weiterer Dank geht an Josef Resch und seine Familie für die Organisation von Übungsgelände und für die Bereitstellung einer komfortablen Unterkunft mit traumhaftem Ausblick. Ein besonderer Dank geht an Herrn Rolf Frasch für seine allgegenwärtige Hilfe während der gesamten Arbeit und vor allem für seine gute Laune in allen Situationen.

Für die Herberge in großer Höhe sei der Dr. Heinrich-Hackel-Hütte sowie der Umweltforschungsstation-Schneefernerhaus gedankt.

Mein allerherzlichster Dank geht an meine liebe Familie, die sowohl finanziell als auch mental hinter allen meinen Entscheidungen stand. Vor allem möchte ich meiner Schwester Annette für ihre Unterstützung in jeder Lebenslage danken.

Meinem Freund Dirk danke ich für alle kritischen Anregungen und seine stete Hilfsbereitschaft, auch beim Korrekturlesen dieser Arbeit. Vor allem aber danke ich, dass er mir manch` schwere Zeit versüßte.

Abschließend möchte ich mich nochmals bei allen bedanken, die zum Gelingen dieser Dissertation beigetragen haben.

Lebenslauf

Name: Christine Wust
Geburtsdatum: 30.08.1977
Geburtsort: Gunzenhausen
Eltern: Ulrike Wust, geb. Burger
Dr. Fritz Wust
Familienstand: ledig

Schulbildung:

1984 - 1986 Adam-Riese-Schule Staffelstein
1986 - 1988 Herrenbach-Schule Augsburg
1988 - 1997 Peutinger-Gymnasium Augsburg
Abschluss: Allgemeine Hochschulreife

Hochschulbildung:

1997 - 2003 Ludwig-Maximilians-Universität München,
Abschluss: Staatsexamen
05.03.2003 Approbation als Tierärztin
01.04.2003 Beginn der Dissertation an der
Ludwig-Maximilians Universität
10.02.2006 Promotion

Berufstätigkeit:

Wintersemester 1999/2000 - Sommersemester 2000 Studentische Hilfskraft am
Institut für Anatomie der LMU-München
01.05.2003 - 31.07.2003 Wissenschaftliche Hilfskraft am
Institut für Tierschutz, Verhaltenskunde und
Tierhygiene der LMU München
01.04.2003 - 31.01.2004 Hospitanz in der Kleintierpraxis
Dr. Klaus Sommer