

Aus dem Institut für Tierschutz, Verhaltenskunde und Tierhygiene
der Tierärztlichen Fakultät München
der Ludwig - Maximilians - Universität München
Vorstand: Prof. Dr. M. H. Erhard

Angefertigt unter der Leitung von Prof. Dr. M. H. Erhard

Belastung von Rettungshunden während einer dreitägigen Trümmersuche auf einem Katastrophenübungsgelände

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

von

Stephanie Friederike Wilhelm
aus Böblingen

München 2007

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

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

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

Korreferent: Univ. - Prof. Dr. M. Förster

Tag der Promotion: 20. Juli 2007

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

ACTH	Adrenokortikotropes Hormon
ADP	Adenosin - Diphosphat
ATP	Adenosin - Triphosphat
bpm	beats per minute; Schläge pro Minute
°C	Grad Celsius
CBG	Kortikosteroid bindendes Globulin
CK	Kreatinkinase
ELISA	Enzyme - linked Immunosorbent Assay
kg	Kilogramm
Max	Maximum
mG	milli G (G = Erdbeschleunigung)
Min	Minimum
min	Minuten
MW	Mittelwert
s	Sekunde
SD	Standardabweichung

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung.....	1
2.	Literatur	2
2.1.	Konstitution der Hunde	2
2.2.	Sucharbeit.....	2
2.3.	Aktivität	3
2.3.1.	Allgemeines.....	3
2.3.2.	Einflussfaktoren auf die Bewegungsaktivität.....	3
2.4.	Herzfrequenz	5
2.4.1.	Allgemeines.....	5
2.4.2.	Einflussfaktoren auf die Herzfrequenz	6
2.5.	Körpertemperatur	9
2.5.1.	Allgemeines.....	9
2.5.2.	Einflussfaktoren auf die Körpertemperatur	10
2.6.	Kortisol.....	13
2.6.1.	Allgemeines.....	13
2.6.2.	Einflussfaktoren auf den Kortisolspiegel	15
2.7.	Blutglukose	17
2.7.1.	Allgemeines.....	17
2.7.2.	Einflussfaktoren auf die Blutglukose	17
2.8.	Laktat	18
2.8.1.	Allgemeines.....	18
2.8.2.	Einflussfaktoren auf den Laktatspiegel	18
2.9.	Kreatinkinase	20
2.9.1.	Allgemeines.....	20
2.9.2.	Einflussfaktoren auf die Kreatinkinase	20
2.10.	Leukozyten	22
2.10.1.	Allgemeines.....	22
2.10.2.	Einflussfaktoren auf das weiße Blutbild	23
2.11.	Hämatokrit und Hämoglobinkonzentration	24
2.11.1.	Allgemeines.....	24
2.11.2.	Einflussfaktoren auf Hämatokrit und Hämoglobinkonzentration ...	25
2.12.	Umweltbedingungen.....	26

3.	Tiere, Material und Methoden.....	28
3.1.	Hunde	28
3.2.	Versuchsaufbau.....	30
3.3.	Erfassung der Konstitution der Hunde	34
3.3.1.	Beobachtung	34
3.3.2.	Befragung der Hundeführer	34
3.4.	Sucharbeit.....	34
3.4.1.	Videoauswertung.....	34
3.4.2.	Einschätzung des Hundeführers	35
3.5.	Aktivität	35
3.6.	Herzfrequenz	36
3.7.	Körpertemperatur	37
3.8.	Kortisol.....	37
3.9.	Blutwerte.....	38
3.9.1.	Blutglukose	38
3.9.2.	Laktat.....	38
3.9.3.	Kreatinkinase.....	38
3.9.4.	Leukozyten und Differentialblutbild	38
3.9.5.	Hämatokrit und Hämoglobinkonzentration.....	39
3.10.	Umweltbedingungen.....	39
3.11.	Statistik	39
4.	Ergebnisse	41
4.1.	Konstitution der Hunde	41
4.2.	Sucharbeit.....	41
4.2.1.	Anzeige.....	41
4.3.	Aktivität	45
4.3.1.	Detailbetrachtung Suchen.....	47
4.3.2.	Detailbetrachtung Pausen und Erholung	49
4.4.	Herzfrequenz	52
4.4.1.	Detailbetrachtung Suchen.....	54
4.4.2.	Detailbetrachtung Pausen und Erholung	56
4.5.	Körpertemperatur	59
4.5.1.	Detailbetrachtung Suchen.....	61
4.5.2.	Detailbetrachtung Pausen und Erholung	62

4.6.	Speichelkortisol.....	65
4.7.	Blutglukose	69
4.8.	Laktat	72
4.9.	Kreatinkinase.....	74
4.10.	Leukozyten und Differentialblutbild	76
4.11.	Hämatokrit und Hämoglobinkonzentration	82
4.12.	Befragung der Hundeführer.....	84
4.13.	Umweltbedingungen.....	85
5.	Diskussion	87
5.1.	Methoden.....	87
5.1.1.	Versuchsaufbau	87
5.1.2.	Methoden	87
5.2.	Ergebnisse.....	90
5.2.1.	Konstitution der Hunde.....	90
5.2.2.	Sucharbeit	91
5.2.3.	Aktivität	92
5.2.4.	Herzfrequenz.....	94
5.2.5.	Körpertemperatur	97
5.2.6.	Speichelkortisol	98
5.2.7.	Blutwerte.....	100
	Glukose	100
	Muskelstoffwechsel (Laktat und CK)	100
	Leukozyten	101
	Hämatokrit und Hämoglobinkonzentration.....	102
5.3.	Schlussfolgerung	104
6.	Zusammenfassung	106
7.	Summary.....	109
8.	Literaturverzeichnis	112

1. Einleitung

Rettungshunde werden weltweit ausgebildet und eingesetzt. Gesicherte Daten über die Anzahl von geprüften und einsatzfähigen Rettungshunden gibt es nicht. In Deutschland stehen jedoch schätzungsweise rund 315 Rettungshundestaffeln mit etwa 1500 bis 2000 ausgebildeten Rettungshunden zur Verfügung. Ein Teilgebiet der Rettungshundearbeit ist die Trümmersuche nach Gebäudeeinstürzen, Erdbeben oder Explosionen. Diese gilt als diffizilste Disziplin für einen Rettungshund, da aufgrund der häufig herrschenden Einsturzgefahr die Hunde absolut selbständig suchen müssen.

Hunde haben bei Trümmersuchen immer noch viele Vorteile gegenüber den technischen Hilfsmitteln wie Geophon, Endoskop- oder Wärmebildkamera. Für den Einsatz der technischen Ortungsgeräte ist eine relativ lange Vorbereitungszeit nötig und das Suchgebiet muss für einen sinnvollen Einsatz bereits eingegrenzt sein. Hunde können sofort nach Ankunft an der Unglücksstelle eingesetzt werden und sind in der Lage große Flächen zügig abzusuchen. Zusätzlich ist der Einsatz von Rettungshunden während gleichzeitig laufender Bergemaßnahmen möglich, da die Sucharbeit der Hunde durch den Lärmpegel nicht eingeschränkt wird.

In der vorliegenden Studie sollen die Auswirkungen einer dreitägigen Trümmersuche auf die physische und psychische Belastung von ausgebildeten Rettungshunden untersucht werden. Zusätzlich soll die Frage geklärt werden, wie lange Rettungshunde bei mehrtägigen Suchen effektiv eingesetzt werden können beziehungsweise wann die Leistungsgrenze bei trainierten Rettungshunden erreicht wird. Mittels der Ergebnisse dieser Studie sollten dann Empfehlungen zu Einsatz- und Erholungszeiten bei mehrtägigen Trümmersuchen erstellt werden.

2. Literatur

2.1. Konstitution der Hunde

Die Sucharbeit kann physischen und psychischen Stress verursachen. Dieser resultiert oft in gastrointestinalen Problemen, zusätzlich reagieren die Hunde eventuell auf den Stress ihrer Hundeführer und entwickeln ungewöhnliche Verhaltensweisen oder Krankheitserscheinungen ohne erkennbare organische Ursache (Jones et al., 2004). Otto et al. (2004) fanden jedoch keine signifikanten Unterschiede in den Verhaltensweisen von Hunden, die nach den Anschlägen vom 11. September 2001 auf den Trümmern beschäftigt waren, und einer Kontrollgruppe. Allerdings ergab eine Studie von Slensky et al. (2004), dass 68% der Hunde, die nach den Terroranschlägen vom 11. September nach Verschütteten suchten, Gesundheitsprobleme bekamen. Sowohl in dieser Studie von Slensky et al. (2004) wie auch schon in der Untersuchung von Duhaime et al. (1998) nach den Bombenanschlägen von Oklahoma City im Jahr 1995 traten bei den Hunden am häufigsten Schnittwunden oder Abrasionen, sowie Quetschungen und Verstauchungen auf. Zudem wurde in beiden Studien häufig von verändertem Appetit, gastrointestinalen Problemen und Müdigkeit berichtet. Durch die Staubbelastung kam es sowohl in der Studie von Duhaime et al. (1998), wie auch in der Untersuchung von Slensky et al. (2004) zu Problemen am Atemtrakt. Laut Duhaime et al. (1998) traten insgesamt bei den älteren Hunden eher Verletzungen auf als bei den jungen Hunden.

2.2. Sucharbeit

Während der Suche nach dem Zielgeruch, schnüffelt der Hund, um den Geruch in die Nase zu transportieren. Dort kommt der Duftstoff in Kontakt mit den olfaktorischen Rezeptoren. Während des Schnüffeln wird die Luft durch die Nasenlöcher in kurzen Aspirationen inhaliert, während das Maul geschlossen bleibt. Deshalb ist ein gleichzeitiges Schnüffeln und Hecheln nicht möglich (Gazit et al., 2003). Die Hunde können den unverwechselbaren Geruch, der von einem lebenden Menschen ausgeht, erkennen. Dieser Geruch wird durch das ständige Abschilfern von Hautpartikeln zusammen mit der Transpiration erzeugt und ist für jede Person einzigartig. Gerüche müssen, bevor sie von den Geruchsrezeptoren gebunden werden, im Schleim gelöst werden. Deshalb können trockene Nasenschleimhäute, die durch Umweltbedingungen

oder Dehydratation verursacht werden, die Fähigkeit Gerüche aufzuspüren, verringern (Jones et al., 2004). Hingegen scheinen Faktoren wie die Vertrautheit mit einem Geruch oder Erfahrung mit einem speziellen Suchgeländetyp einen positiven Einfluss auf die Suchleistung eines Hundes zu haben (Komar, 1999). Einer der größten Vorteile von Hunden gegenüber gegenwärtigen technischen Suchmethoden besteht in ihrer Fähigkeit Gerüche unter schwierigsten Bedingungen, auch in Gegenwart fremder Gerüche, zu entdecken. Außerdem sind Hunde beim Aufspüren von Verschütteten insgesamt schneller als technische Methoden (Furton & Myers, 2001).

2.3. Aktivität

2.3.1. Allgemeines

Die motorische Aktivität, Laufaktivität oder auch lokomotorische Aktivität wird definiert als koordinierte Orts- und Raumbewegung des Organismus (Schweigert, 2000). Wobei Schweigert (2000) die Bewegung wiederum definiert als Lageänderung von Gliedmaßen oder des Körpers im Raum über die Zeit.

In einer Studie von Siwak et al. (2003) zeigte sich, dass der Aktivitäts-Ruhe-Zyklus von Hunden an ihre Lebensbedingungen anpassbar ist. Dadurch kommt es zu Unterschieden bei wilden Hunden, Laborhunden und Familienhunden. Wilde Hunde sind dann aktiv, wenn die Umwelt für sie sicher erscheint, Laborhunde werden durch die konstante Routine und tägliche Aktivität der Einrichtung beeinflusst und die Aktivität der Familienhunde ist weitgehend von den Zeitplänen ihrer Halter abhängig.

2.3.2. Einflussfaktoren auf die Bewegungsaktivität

Körpertemperatur

In einer Studie von Young et al. (1958) zeigte sich ein starker Zusammenhang zwischen der rektalen Körpertemperatur und der Leistungskapazität von Hunden. Allerdings wurde der genaue Einfluss einer hohen Körpertemperatur auf die Leistung nicht geklärt.

Eine erhöhte Körpertemperatur, die sich während schwerer körperlicher Belastung entwickelt, hat laut einer Studie von Kozlowski et al. (1985) eine nachteilige Wirkung auf den Muskelstoffwechsel. Sie fördert die Akkumulation von Laktat in den Muskeln und eine schnellere Erschöpfung des Muskelglykogens. Diese beiden Effekte können direkt eine lokale Ermüdung der arbeitenden Muskeln hervorrufen und eine frühere

Ermüdung der Hunde erklären (Kozlowski et al., 1985). Kruk et al. (1985) erreichten durch Kühlung einen beeindruckenden Anstieg der Leistungsfähigkeit und zeigten damit, dass ein Einfluss der Körpertemperatur auf die Leistungsfähigkeit besteht. Allerdings ergab sich keine Übereinstimmung des Eintritts der Erschöpfung mit einer bestimmten rektalen Körpertemperatur.

Außentemperatur

Kruk et al. (1985) verglichen die Aktivität von Hunden, die am Brustkorb mit Eispackungen gekühlt wurden, mit der von ungekühlten Hunden. Dabei zeigte sich, dass die ungekühlten Hunde 90 ± 14 min bis zu Erschöpfung liefen, während gekühlte 145 ± 15 min laufen konnten (Kruk et al., 1985). Bei einer ähnlichen Studie von Kozlowski et al. (1985) zeigte sich ebenfalls eine Steigerung der Ausdauer von Hunden durch Kühlung. Gekühlte Hunde liefen 83 ± 8 min, während die ungekühlten nur 57 ± 8 min schafften.

Alter, Geschlecht und Größe

Die Aktivität von Laborhunden ist laut einer Studie von Siwak et al. (2003) abhängig vom Alter. Die jüngeren Beagles (1 - 4 Jahre) zeigten eine deutlich höhere durchschnittliche Aktivität als die alten Hunde (9 - 14 Jahre). Auch in einer Studie von Wust (2006) an Rettungshunden zeigte sich das Alter als Einflussfaktor auf die Aktivität. Während die unter 4 - jährigen und 4 - 7 - jährigen Hunde keine Aktivitätsunterschiede aufwiesen, lag die Aktivität der über 7 Jahre alten Hunde darunter. Auch zeigten die alten Hunde einen Abfall der Aktivität von einer ersten 20-minütigen zur zweiten 20-minütigen Suche (Wust, 2006).

Ein Einfluss des Geschlechts auf die Aktivität von Hunden konnte weder in der Studie von Siwak et al. (2003) noch in der Studie von Wust (2006) nachgewiesen werden.

Das Körpergewicht hingegen stellt einen weiteren Einflussfaktor auf die Aktivität dar. So waren in der Studie von Wust (2006) während einer zweiten 20-minütigen Suche die schwereren Hunde weniger aktiv.

Weitere Einflussfaktoren

Bei einer Studie an Rettungshunden von Köhler (2004) konnte innerhalb einer 20-minütigen alpinen Trümmersuche keine Verringerung des Aktivitätsindex erkannt werden. In einem zweiten nach 20 Minuten Pause durchgeführten Suchdurchgang kam es allerdings zu einem signifikanten Abfall des Aktivitätsindex. Bei einer

weiteren Untersuchung an Rettungshunden von Wust (2006) ergaben sich während der ersten 20-minütigen Suche ($190,4 \pm 78,5$ mG bis $240,6 \pm 88,6$ mG) signifikant höhere Aktivitäten als während der zweiten 20-minütigen Suche ($162,6 \pm 76,2$ mG bis $202,3 \pm 69,5$ mG), was laut Wust (2006) durch einen Motivationsverlust der Hunde oder aber Ermüdung hervorgerufen werden kann.

Bei Rettungshunden ist die Geländeform ein zusätzlicher Einflussfaktor auf die Aktivität. Innerhalb einer Suche ist der Unterschied zwischen der Geländeform Fläche und der Geländeform Trümmer laut Wust (2006) nicht erkennbar. Allerdings fiel die Aktivität von der ersten auf die zweite Suche auf Trümmern stärker ab als auf bewachsenen Flächen (Wust, 2006).

Beerda et al. (1998) zeigten in einer Studie, dass Hunde auf unterschiedliche stressende Stimuli mit einer gesteigerten Aktivität reagierten. Diese war darin erkennbar, dass die Hunde weniger Zeit in Ruheposition mit gesenktem Kopf verbrachten bzw. den Lokomotionsstatus häufiger wechselten (Beerda et al., 1998).

2.4. Herzfrequenz

2.4.1. Allgemeines

Die Herzfrequenz wird über Sympathikus und Parasympathikus beziehungsweise die Ausschüttung der Katecholamine Adrenalin und Noradrenalin gesteuert. Eine Erregung des sympathischen Nervensystems oder eine Erhöhung des Katecholaminspiegels im Blut steigert die Herzfrequenz, während durch Einfluss des Parasympathikus die Herzfrequenz sinkt (Eckert, 2002; Doxey & Boswood, 2004).

Die physiologischen Ruhewerte der Herzfrequenz bei Hunden liegen bei 70 - 160 bpm (beats per minute), wobei diese von Alter, Größe und Rasse abhängig sind (Baumgartner, 1999; Harmeyer, 2005). Laut Doxey & Boswood (2004) jedoch gibt es bei der durchschnittlichen Herzfrequenz von Deutschen Schäferhunden, Labrador Retrievern, Cocker Spaniels, Boxern, Bulldoggen und Cavalier King Charles Spaniels keine signifikanten Unterschiede.

In der Untersuchung von Matsunaga et al. (2001) zeigte sich bei Laborbeaglen ein klarer circadianer Herzrhythmus, wobei die Herzfrequenz am Morgen mit 97 ± 14 bpm höher war als während der Nacht (76 ± 8 bpm). Auch Piccione et al. (2005) fanden in ihrer Studie an Beaglen einen deutlichen Tagesrhythmus der Herzfrequenz. Wobei hier die Herzfrequenz ihren Peak ungefähr in Mitte der Tageslichtphase erreichte und

unabhängig von der Fütterung war. Allerdings ist dieser Rhythmus bei Hunden laut Piccione et al. (2005) nur sehr schwach ausgeprägt und wird durch Änderungen in der Umgebung leicht beeinflusst.

Laut Beerda et al. (1998) kann die Herzfrequenz nicht benutzt werden, um verschiedene Arten oder Grade von Stress zu unterscheiden. Herzfrequenzanstiege sollten deshalb am besten als allgemeine Antwort auf bedeutungsvolle Ereignisse angesehen werden, egal ob diese als positiv oder negativ eingeschätzt werden.

2.4.2. Einflussfaktoren auf die Herzfrequenz

Physische und Psychische Belastung

Laut Smulyan et al. (1965) kommt es durch körperliche Belastung zu einem sofortigen Anstieg der Herzfrequenz. Bei einigen Hunden war dies bereits nach 20 Sekunden der Fall, bei allen anderen innerhalb der ersten Minute der Belastung (Smulyan et al., 1965). Bei mittelgroßen Hunden kann es bei maximaler Arbeit zu einer Erhöhung der Herzfrequenz um das 2,5-fache (von 120 auf 300 bpm) kommen (Wyatt & Mitchell, 1974; Sanders et al., 1977; Grignolo et al., 1982; Ilkiw et al., 1989; Strasser et al., 1993a; Matwischuk et al., 1999; von Engelhardt, 2005; Kolb & Seehawer, 2002; Gazit & Terkel, 2003; Steiss, 2004).

Bei einer maximalen körperlichen Belastung von Hunden auf dem Laufband ergaben sich in einer Studie von Sanders et al. (1977) maximale Herzfrequenzen von 313 ± 9 bpm. Hingegen erreichen die Hunde bei einer steady - state Belastung Herzfrequenzen von 235 ± 6 bpm. Diese steady - state Belastung entspricht definitionsgemäß der Arbeitsleistung, bei der ungefähr 75% der maximalen Herzfrequenz erreicht wird und die über 5 - 8 min konstant gehalten werden kann.

Tabelle 1 gibt einen Überblick über Herzfrequenzen, die durch unterschiedliche Belastungen erreicht werden.

Durch Ausdauertraining kann die Herzfrequenz in Ruhe wie auch bei Belastung gesenkt werden (Wyatt & Mitchell, 1974; Mackintosh et al., 1983). In der Studie von Mackintosh et al. (1983) nahmen die Hunde an einem 7-wöchigen Ausdauertraining teil, wodurch sich ihre Ruheherzfrequenz von durchschnittlich $117 \pm 12,9$ bpm auf $95 \pm 9,8$ bpm senkte und die Herzfrequenzen 2 min nach Ende der Belastung von $148 \pm 16,0$ bpm vor dem Training auf $109 \pm 7,1$ bpm nach dem Training abfielen. Dies deutet darauf hin, dass sich trainierte Hunde nach der Belastung schneller erholen als untrainierte. Wyatt & Mitchell (1974) fanden in ihrer Studie heraus, dass bei einem

12-wöchigen Ausdauertraining die Ruheherzfrequenz (von 72 bpm auf 56 bpm), sowie die Herzfrequenz während der Belastung (von 205 bpm auf 153 bpm) während der ersten vier Wochen am stärksten sanken.

Tabelle 1: Literaturübersicht über die mittleren Herzfrequenzen von Hunden vor und nach Belastung, sowie die Zeit zum Erreichen des Ausgangswertes.

Autor	Ruheherzfrequenz (bpm)	Belastungsherzfrequenz (bpm)	Belastungsform	Ruhewert wieder erreicht
Grignolo et al. (1982)	106 ± 3	165 ± 4	körperliche Belastung	
Ilkiw et al. (1989)	110 ± 16	245 ± 39	722 m Hunderennen (Greyhound)	3 h
Strasser et al. (1993a)	107,2 ± 14,7	140,8 ± 21,0	15 min Suchtgiftsuche	
Matwichuk et al. (1999)	99 ± 16	150 ± 20	10 min Apportieren (Labrador)	ca. 30 min
Gazit & Terkel (2003)	103,45 ± 1,6	130,74 ± 3,56	20 min auf dem Laufband	
Köhler (2004)	91 - 112	165 - 174	Lauf- /Sucharbeit (Rettungshunde)	20 - 30 min
Wust (2006)	88,3 ± 20,7 bis 98,1 ± 21,4	155,8 ± 14,9 bis 165,0 ± 13,3	20 min Suchen (Rettungshunde)	20 - 40 min
Pauly (2007)	120,2 ± 24,4 bis 123,6 ± 14,0	154,6 ± 25,2 bis 154,7 ± 28,1	3 min Schutzdienstübung	40 min

Auch psychischer Stress lässt die Herzfrequenz deutlich ansteigen (Galosy et al., 1979; Grignolo et al., 1982; Beerda et al. 1997). Galosy et al. (1979) zeigten, dass Hunde, die während eines Versuchs die Möglichkeit hatten durch Verhaltensänderung einen Elektroschock zu vermeiden („Sidman shock avoidance“), deutlich erhöhte Herzfrequenzen gegenüber der Kontrollgruppe bzw. ihren eigenen Werten vor dem stressenden Ereignis hatten. In einer Studie von Grignolo et al. (1982) stieg die Herzfrequenz von Hunden in Erwartung einer zu vermeidenden Situation von 121 ± 3 bpm auf 139 ± 6 bpm an. Beerda et al. (1997) zeigten in ihrer Studie, dass verschiedene Stimuli unterschiedliche Herzfrequenzanstiege bewirkten und sich auch die Erholungszeit bis zum Erreichen der Ausgangsherzfrequenz unterscheiden. So

stieg die Herzfrequenz von 75 ± 3 bpm in Ruhe auf Werte zwischen 146 ± 8 bpm durch ein lautes Geräusch und auf 183 ± 20 bpm durch das Herunterfallen eines Müllsackes von der Decke. Die Erholungszeit wiederum variierte von 372 ± 58 s nach dem lauten Geräusch und 506 ± 40 s nach Öffnen eines Regenschirms (Beerda et al., 1997). Beim Transport von Hunden mit dem Flugzeug steigt die Herzfrequenz während des Ein- und Ausladens am stärksten an. Dies wurde auf die veränderte Umwelt und das Handling zurückgeführt (Bergeron et al., 2002).

Bei gleichzeitiger physischer und psychischer Belastung wird die psychische Herzfrequenzerhöhung durch die physische Belastung überlagert und kann nicht mehr abgegrenzt werden (Köhler, 2004).

Umgebungstemperatur

Eine Studie von Kruk et al. (1985) ergab, dass durch eine äußerliche Kühlung die Herzfrequenz während einer Belastung gesenkt werden kann, beziehungsweise dass sie erst gar nicht so stark ansteigt. Einen Einfluss der Umgebungstemperatur auf die Herzfrequenz von Rettungshunden konnte weder in der Untersuchung von Köhler (2004) noch von Wust (2006) nachgewiesen werden.

Alter, Geschlecht und Größe

Allgemein gilt, dass große Rassen und Hündinnen eine geringere Herzfrequenz haben als kleinere Hunde und Rüden (Baumgartner, 1999; Harmeyer, 2005).

Bei der Ruheherzfrequenz ergibt sich laut Strasser et al. (1997a; 1997b) kein signifikanter Unterschied zwischen jungen und alten Hunden. Bei Hunden, die älter als 7 Jahre sind, liegen die Herzfrequenzen während und nach einer körperlichen Belastung auf dem Laufband jedoch deutlich unterhalb derer von jüngeren Hunden (junge Hunde: 208 ± 28 bpm; alte Hunde: 166 ± 11 bpm). Diese geringere Herzfrequenz ist auf die geringere Ansprechbarkeit der β -adrenergen Rezeptoren zurückzuführen, welche durch eine Konformationsänderung der Rezeptoren bedingt ist. Dies führt dazu, dass die Herzfrequenz weniger stark steigt und die Herzruhe (Diastole) verlängert wird (Strasser et al., 1997b). Auch bei Köhler (2004) zeigte sich ein deutlicher Einfluss des Alters auf die Herzfrequenz von Rettungshunden. Allerdings hatten hier die über 7 Jahre alten Hunde während des gesamten Versuchszeitraums höhere Herzfrequenzen als die unter 4- und 4 - 7- jährigen Hunde. Besonders deutlich wurde der Unterschied in den Belastungsphasen, woraus sich eine stärkere physische

Belastung der älteren Hunde erkennen lässt. Bei Wust (2006) hatten die unter 4 Jahre alten Rettungshunde sowohl während der ersten wie auch während der zweiten 20-minütigen Suche signifikant geringere Herzfrequenzen als mittelalte und alte Hunde. Auch der Herzfrequenzabfall nach der Belastung war bei den jungen Hunden signifikant größer.

2.5. Körpertemperatur

2.5.1. Allgemeines

Die Körpertemperatur ist abhängig von der Wärmebildung durch Stoffwechselprozesse, die Wärmeaufnahme aus externen Quellen und der Wärmeabgabe an die Umgebung über Leitung, Konvektion, Strahlung und Verdunstung. Hierbei ist die Verdunstung der wirksamste Weg, um überschüssige Wärme loszuwerden (Eckert, 2002). Da der Hund kaum Schweißdrüsen besitzt, wird der Körper vor allem durch Hecheln gekühlt. Hierbei erhöht sich die Verdunstung von Wasser aus dem Respirationstrakt (Crawford, 1962).

Die Regelung der Körpertemperatur obliegt dem Hypothalamus. Bei Hyperthermie kommt es zur Steigerung der Hautdurchblutung, erhöhter Schweißsekretion und vermehrtem Hecheln, bei Hypothermie dagegen nimmt die Hautdurchblutung ab und die Wärmeproduktion durch unwillkürliche und willkürliche Muskelarbeit steigt an (Frey, 2005; Eckert, 2002).

Die physiologische rektale Körpertemperatur beträgt beim Hund in Ruhe 37,5 - 39,0°C, abhängig von Körpergröße, Alter, Geschlecht und Tageszeit. Die Körpertemperatur ist bei kleinen Rassen, Hündinnen, Jungtieren und am Abend höher (Baumgartner, 1999; Jessen, 2005).

Bei einer Körpertemperatur von 42,0 - 43,0°C ist der Bereich des lebensbedrohlichen Hitzschlags erreicht. Dabei entscheidet die Dauer der Hyperthermie über die Prognose (Jessen, 2005).

2.5.2. Einflussfaktoren auf die Körpertemperatur

Beeinflusst wird die Körpertemperatur durch Arbeit, Erregung, Nahrungsaufnahme, Umgebungstemperatur und Luftfeuchte (Baumgartner, 1999).

Physische und psychische Belastung

Die enge zeitliche Beziehung der Rhythmen von Körpertemperatur und Bewegungsaktivität lässt einen kausalen Zusammenhang vermuten. Und zwar in dem Sinne, dass der Anstieg der metabolischen Wärmeproduktion sich vom Anstieg der Bewegungsaktivität herleiten lässt und für den Körpertemperaturrhythmus verantwortlich sein könnte. Die Körpertemperatur während der aktiven Phase ist höher als in der inaktiven Phase, ungeachtet des Aktivitätslevels, der in jeder der Phasen vorliegt (Refinetti, 1999).

Nach körperlicher Belastung ist die Körpertemperatur deutlich erhöht. Dieser Anstieg wird der Produktion von Körperwärme zusammen mit der freiwerdenden chemischen Energie zugeschrieben, welche als Antwort auf die erhöhte Arbeitslast, die durch die körperliche Belastung verursacht wird (Ilkiw et al., 1989). Bei Laufbelastung von Hunden stieg deren Körpertemperatur fast linear mit Steigerung der Laufbandgeschwindigkeit an (Taylor et al., 1971). Bei einer Untersuchung von Young et al. (1958) konnten Hunde auf dem Laufband bei einer Neigung von 0 bis 12° ihre rektale Körpertemperatur konstant halten. Bei mehr als 12° Neigung stieg die rektale Körpertemperatur während des Laufens kontinuierlich an und auch die Temperatur von Haut und Fell erhöhte sich. Dies bedeutet, dass es erst bei stärkerer Arbeitslast zu einer Wärmeabgabe über Radiation und Konduktion zusätzlich zur Abgabe über den Respirationstrakt kommt. Insgesamt zeigte sich, dass bei starker Belastung 59,4% der Wärmeabgabe über den Respirationstrakt erfolgte und 40,6% über Konvektion und Radiation (Young et al., 1958).

Bei Suchtgifthunden ist nach einer 15 - minütigen Suche die Körpertemperatur deutlich erhöht, obwohl die körperliche Belastung gering ist (Strasser et al., 1993a). Als Ursache für die Erhöhung wird der gesteigerte Energieumsatz diskutiert.

Durch eine zweimalige Suchbelastung mit 20 - minütiger Pause kam es in der Studie von Wust (2006) bei Rettungshunden nicht zu einem additiven Effekt bei der Körpertemperatur. Und das obwohl in der Pause die Ruhewerte nicht erreicht wurden. Eine Übersicht über die Körpertemperaturen die nach einer körperlichen Belastung erreicht werden, gibt Tabelle 2.

Tabelle 2: Literaturübersicht über die mittleren Körpertemperaturen von Hunden vor und nach Belastung, sowie die Zeit zum Erreichen des Ausgangswertes.

Autor	Körpertemperatur in Ruhe (°C)	Körpertemperatur nach Belastung (°C)	Belastungsform	Ruhewert wieder erreicht
Kozlowski et al. (1985)	39,4	41,8	1 h körperliche Belastung bis zur Erschöpfung	
Ilkiw et al. (1989)	38,9 ± 0,5	40,6 ± 0,3	722 m Hunderennen (Greyhound)	3 h
Matwichuk et al. (1999)	39,4 ± 0,5	41,8 ± 0,3	10 min Apportieren (Labrador)	1 h
Gazit & Terkel (2003)	38,11 ± 0,02	39,62 ± 0,11	20 min Laufband	
Köhler (2004)	38,42 ± 0,38 bis 38,50 ± 0,33 (Sommer) 38,55 ± 0,36 bis 38,69 ± 0,35 (Winter)	39,46 ± 0,43 bis 39,71 ± 0,61 (Sommer) 38,98 ± 0,47 bis 39,04 ± 0,39 (Winter)	20 min Laufen bzw. Suchen (Rettungshunde)	20 - 60 min
Wust (2006)	38,5 ± 0,3 bis 38,8 ± 0,3	39,5 ± 0,5 bis 39,8 ± 0,6	20 min Suchen (Rettungshunde)	20 - 40 min
Pauly (2007)	38,7 ± 0,6 bis 39,1 ± 0,7	39,8 ± 0,4 bis 40,1 ± 0,5	3 min Schutzdienstübung	40 min

Umgebungstemperatur

Beim ruhenden Hund bleibt die rektale Körpertemperatur bei verschiedenen Außentemperaturen (21 - 41°C) laut Taylor et al. (1971) annähernd gleich. Jedoch ergab sich bei einer Studie von Hales & Dampney (1975) ein Anstieg der Körpertemperatur von durchschnittlich 3,5°C während etwa 55 Minuten in einem Raum mit 35°C warmer und feuchter bzw. 40°C warmer und trockener Luft.

Ein Einfluss der Umgebungstemperatur auf die Körpertemperatur von Hunden ergab sich in Studien von Kruk et al. (1985), sowie Kozlowski et al. (1985). Sie erreichten durch eine Kühlung der Hunde mit Eispackungen während einer Belastung, dass die rektale Körpertemperatur weniger stark anstieg. Als Ursache für diesen geringeren

Anstieg der Körpertemperatur diskutieren die Autoren einerseits, dass die Haut und dadurch auch das Blut gekühlt werden und andererseits, dass die metabolische Wärmeproduktion wegen der reduzierten Atemmuskeltätigkeit verringert ist (Kruk et al., 1985; Kozłowski et al., 1985). Auch in der Studie von Köhler zeigte sich, dass bei geringerer Außentemperatur die Körpertemperatur durch körperliche Belastung von Hunden weniger stark ansteigt (Köhler, 2004). In der Untersuchung von Wust (2006) ließ sich ein Einfluss der Umgebungstemperatur auf die Körpertemperatur nur nach den ersten 20 Minuten einer zweimal 20-minütigen Suche nachweisen. Zu diesem Zeitpunkt bedingte eine um 1°C höhere Außentemperatur eine um 0,03°C höhere Körpertemperatur.

Alter, Geschlecht und Größe

Strasser et al. (1997a; 1997b) konnten in ihrer Studie an Beaglen keinen Unterschied der Körpertemperatur in Ruhe bei jungen und alten Hunden feststellen. Nach körperlicher Belastung hatte das Alter Einfluss auf die Körpertemperatur. Bei Hunden älter als 7 Jahre war die Körpertemperatur deutlich geringer als bei jüngeren Hunden. Als Ursache vermuten Strasser et al. (1997a; 1997b) weniger den größeren Wärmeverlust der älteren Hunde durch Abnahme der Thermoregulationsfähigkeit, sondern eher den durch eine höhere Stoffwechselrate bedingten größeren Temperaturanstieg während der Belastung bei jüngeren Hunden.

Auch bei Rettungshunden zeigte sich ein geringerer Anstieg der Körpertemperatur bei über 7 Jahre alten Hunden nach einer Suche. Dies wurde allerdings auf deren geringere Aktivität zurückgeführt (Köhler, 2004).

Das Geschlecht hatte in der Studie von Pauly (2007) einen signifikanten Einfluss auf die Körpertemperatur von Schutzhunden während einer 3-minütigen Schutzdienstübung. Die Rüden hatten danach höhere Körpertemperaturen als die Hündinnen.

Ein Einfluss des Körpergewichts auf die Belastungskörpertemperatur konnte in der Studie von Wust (2006) gezeigt werden. Nach 20 Minuten Sucharbeit wurde bei schwereren Rettungshunden eine höhere Körpertemperatur gemessen.

Weitere Einflussfaktoren

Sind Hunde dehydriert, so wird dadurch das Schwitzen oder Hecheln gehemmt, und die Kerntemperatur stellt sich auf einen höheren Wert ein. Bei dehydrierten Hunden ist deshalb die Körpertemperatur höher als bei hydrierten Tieren. Auch der Anstieg der

Körpertemperatur während einer Belastung war bei dehydrierten Hunden stärker als bei hydrierten (Baker, 1984; Jessen, 2005).

Laut Refinetti & Piccione (2003) lässt sich bei Beaglen ein circadianer Rhythmus der Körpertemperatur nachweisen. Bei den von ihnen untersuchten Hunden stieg die Körpertemperatur schrittweise während der 12 - stündigen Lichtphase an und erreichte den Tageshöchstwert zu der Zeit, als das Licht aus war. In einer weiteren Studie von Piccione et al. (2005) an Beaglen ließ sich dieser Rhythmus erneut nachweisen, allerdings wurde der Peak jetzt am Übergang von der Licht- auf die Dunkelphase erreicht.

2.6. Kortisol

2.6.1. Allgemeines

Die Produktion und Sekretion des in der Nebennierenrinde gebildeten Kortisols wird über die Hypothalamus-Hypophysen-Nebennieren-Achse gesteuert und basiert auf einem negativen Rückkopplungsmechanismus (Eckert, 2002).

Der Referenzbereich für Serumkortisol beim Hund wird mit 41 - 179 nmol/l angegeben (Kraft, 2005a). Im Plasma von ungestressten Hunden lagen die Kortisolwerte durchschnittlich bei 46,9 nmol/l (Beerda et al., 1996).

Kortisol ist in Blut, Speichel, und Urin nachweisbar (Beerda et al., 1996). Da Kortisol stark fettlöslich ist und ein niedriges Molekulargewicht hat, kann das Molekül rasch per passiver Zelldiffusion durch die fettreichen Zellmembranen diffundieren. Sobald es über den Blutweg in den Acinuszellen des sekretorischen Endstücks der Speicheldrüsen angekommen ist, kann das ungebundene Kortisol leicht in den Speichel abgegeben werden. Hierbei hat die Speichelflussrate keinen signifikanten Einfluss auf die Speichelkortisolkonzentration (Kirschbaum & Hellhammer, 1989).

Es besteht eine lineare Abhängigkeit des Kortisolgehalts zwischen Plasma und Speichel. Dabei entspricht die Konzentration im Speichel nur bis zu 10% der Konzentration im Plasma, da in den Speichel nur das freie Kortisol übertritt (Umeda et al., 1981; Kirschbaum & Hellhammer, 1989; Vincent & Michell, 1992; Beerda et al., 1996). Dieses freie Kortisol ist nicht an Serumproteine, Corticosteroid-binding-globulin (CBG) und Albumin gebunden und damit biologisch aktiv. Bei einer Messung des Kortisols im Speichel ist der Wert damit unabhängig von Schwankungen des CBG (Vining et al., 1983). Laut Vincent und Michell (1992) gibt es Anzeichen dafür, dass der

Kortisolanstieg im Speichel im Vergleich zum Blut verspätet erfolgt. Beerda et al. (1996) hingegen, fanden keine verzögerten Auswirkungen auf den Gehalt im Speichel verglichen mit dem Plasma.

Der Speichelkortisolgehalt ist von Hund zu Hund verschieden und variiert auch über die Dauer von mehreren Tagen (Kobelt et al., 2003). Jegliche Veränderung der Kortisolkonzentration von Tag zu Tag oder Woche zu Woche ist laut Kobelt et al. (2003) deshalb höchstwahrscheinlich durch Veränderungen der Umwelt bedingt, wie zum Beispiel körperliche Aktivität, Wetter und Geräusche.

Ein Anstieg der Kortisolkonzentration ist ein Anzeichen für akuten wie auch chronischen Stress (Beerda et al., 1996; Beerda et al., 1999). Der Vorteil einer Bestimmung des Kortisolgehalts im Speichel gegenüber der Bestimmung im Plasma ergibt sich dadurch, dass es sich um eine nicht- bzw. wenig-invasive Methode handelt und dadurch der Stress durch die Probenahme vermindert wird. In einer Studie von Kobelt et al. (2003) zeigte sich, dass das Handling der Hunde für die Speichelprobenentnahme bis zu vier Minuten andauern kann, ohne dass sich die Kortisolkonzentration verändert.

Im Gegensatz zu anderen Spezies fanden Thun et al. (1990) sowie Koyama et al. (2003) bei Hunden keinen circadianen Rhythmus bei der Kortisolsekretion. In einer Untersuchung von Murase et al. (1988) zeigten vier Hunde kein klares circadianes Muster während zehn andere Hunde zwei verschiedene circadiane Muster aufwiesen. Vier der zehn Hunde hatten hohe Kortisolspiegel am Morgen und niedrige am Abend, während bei den anderen sechs Hunden ein genau umgekehrtes Muster zu beobachten war. Laut Kolevska et al. (2003) gibt es bei Hunden ein circadianes Muster der Kortisolsekretion. Die Konzentrationen lagen zwischen 10 und 13 Uhr deutlich höher als zwischen 19 und 22 Uhr. Die diurnalen Rhythmen wurden allerdings nur für die Kontrollgruppe ohne Belastung bestätigt. Als Ursache hierfür vermuten Kolevska et al. (2003), dass diese Hunde einen geregelten Tagesablauf hatten, der immer gleich blieb, während es bei den anderen Gruppen (Versuchshunde und Arbeitshunde) zu einem unregelmäßigen Tagesablauf und vermehrtem Stress kam. Die Aktivierung der Hypothalamus-Hypophysen-Achse, die diesem Rhythmus zugrunde liegt, wird durch viele Faktoren, wie Lebensumstände, Rasse, individuelle Muster, Wach-Schlaf-Rhythmus usw. beeinflusst. Diese Faktoren sind beim Hund von größerer Bedeutung als beim Mensch und beeinflussen deshalb den diurnalen Sekretionsrhythmus stärker. Dadurch kann bei Hunden die Tagesaktivität des Sekretionsrhythmus nicht für

Einzeltiere festgelegt werden, sondern nur für Gruppen, die unter unterschiedlichen Bedingungen gehalten und behandelt werden sowie einen unterschiedlichen Tagesrhythmus haben (Kolevska et al., 2003).

Auch in einer Studie von Beerda et al. (1999) zeigte sich bei Beaglen im Tagesverlauf eine Veränderung der Kortisolkonzentration im Speichel, wobei die Werte am Morgen vergleichsweise hoch waren. Der circadiane Rhythmus der Kortisolwerte im Serum ist laut Palazzolo & Quadri (1987) bei Welpen (8 Wochen) noch nicht ausgebildet und verschwindet im Alter (> 12 Jahre) wieder, während er bei adulten Hunden vorhanden ist. Kemppainen & Sartin (1984) hingegen sprechen von einer episodischen Fluktuation der Kortisolwerte, welche durch eine episodische Ausschüttung in der Hypophyse bedingt ist. Die Frequenz der Kortisolpeaks war über den Tag verteilt, wobei Hündinnen signifikant mehr Peaks aufwiesen als Rüden.

2.6.2. Einflussfaktoren auf den Kortisolspiegel

Physische und psychische Belastung

Bei Hunden, die an einem Schlittenhunderennen über lange Distanz (1600 km) teilnahmen, veränderte sich der Plasmakortisolspiegel nicht signifikant (Hinchcliff, 1993). Bei Rettungshunden hingegen stiegen die Kortisolwerte sowohl durch eine 20-minütige Lauf-, wie auch Suchbelastung gegenüber dem Ruhewert an. Das Maximum wurde erst 20 bis 60 Minuten nach der Belastung erreicht (Köhler, 2004). Auch in der Studie von Wust (2006) kam es durch eine Suchbelastung bei Rettungshunden zu einem Anstieg der Speichelkortisolkonzentration. Bei kurzfristigen körperlichen Belastungen kommt es ebenfalls zu einer Steigerung des Kortisolspiegels. Die Untersuchung von Pauly (2007) ergab einen deutlichen Anstieg des Speichelkortisols durch eine 3-minütige Schutzdienstübung. Das Maximum wurde 20 - 40 min nach Ende der Schutzdienstübung erreicht. Bei zwei an einem Tag aufeinander folgenden Such- und Laufbelastungen zeigte die Untersuchung von Köhler (2004) bei Rettungshunden keinen verstärkten Kortisolanstieg nach der zweiten Belastung.

Auch psychischer Stress bewirkt bei Hunden einen Anstieg der Kortisolkonzentration im Speichel. Dieser Wert normalisiert sich innerhalb von 60 bis 80 Minuten wieder (Beerda et al., 1998; Beerda et al., 1999). Wenn Hunde in eine vollkommen neue Umgebung verbracht werden, sind die Kortisolwerte im Plasma während mindestens der ersten drei (Hennessy et al., 1997) beziehungsweise sieben Tage erhöht (Clark et

al., 1997). Laut Garnier et al. (1990) scheint die Anpassung an eine neue Umgebung bei männlichen Tieren schneller zustande zu kommen als bei weiblichen. Ist bei einem Verbringen der Hunde in eine neue Umgebung deren bekannter Pfleger zugegen, sind die Glukokortikoidspiegel deutlich niedriger, als wenn sie dort allein gelassen werden (Tuber et al., 1996). Die Studien von Beerda et al. (1997), Kuhn et al. (1991), sowie Bergeron et al. (2002) zum Transport von Laborhunden belegen einen deutlichen Anstieg der Speichelkortisolwerte, sowohl nach dem Transport am Boden wie auch im Flugzeug gegenüber dem Basalwert. In der Studie von Bergeron et al. (2002) erreichten die Speichelkortisolwerte 16 - 20 Minuten nach dem stressenden Ereignis ihr Maximum und fielen danach wieder ab.

Alter, Geschlecht und Größe

Laut Murase et al. (1988), Hennessy et al. (1997; 2001), Koyama et al. (2003) und Haubenhofer et al. (2005) haben weder Geschlecht, noch Alter oder Gewicht Einfluss auf die Kortisolwerte. Andere Autoren (Kemppainen & Sartin, 1984; Palazzolo & Quadri, 1987; Garnier et al., 1990; Saltzman et al., 1994; Beerda et al., 1999) hingegen berichten, dass die Kortisolwerte von weiblichen Tieren höher liegen als die von männlichen beziehungsweise, dass die Kortisolwerte bei Hunden im Alter erhöht sind (Strasser et al., 1993b). Die Studie von Wust (2006) weist einen deutlichen Einfluss des Alters auf die Speichelkortisolkonzentration nach. Bei den über 7 Jahre alten Hunden lag die Konzentration stets signifikant über den Werten der unter 4- bzw. 4 - 7-jährigen Hunde. In dieser Studie ergaben sich auch über den gesamten Versuchszeitraum durchschnittlich geringere Speichelkortisolkonzentrationen bei den weiblichen verglichen mit den männlichen Hunden. Garnier et al. (1990) berichten, dass die Unterschiede der Kortisolkonzentrationen zwischen männlichen und weiblichen Tieren durch Stressvariation verschwinden.

2.7. Blutglukose

2.7.1. Allgemeines

Glukose steht im Zentrum aller möglichen Ausrichtungen des intermediären Stoffwechsels und ist leicht über Futteraufnahme und/oder die endogene Produktion in der Leber verfügbar. Ein Mangel an Glukose führt schnell zu zellulären Minder- oder Fehlfunktionen. Deshalb ist der Blutglukosespiegel streng kontrolliert (Cook et al., 2001; Stangassinger, 2005).

Laut Baumgartner (1999) liegt der physiologische Glukosegehalt im Blut beim Hund bei 3,0 - 5,5 mmol/l. Kraft et al. (2005a) hingegen gehen von einem physiologischen Glukosegehalt beim Hund von 3,1 - 6,7 mmol/l im Vollblut und 3,9 - 6,7 mmol/l im Serum oder Plasma aus. Dieser Wert kann durch Stress, postprandial oder pathologisch erhöht sein (Kraft et al., 2005a).

2.7.2. Einflussfaktoren auf die Blutglukose

Physische und psychische Belastung

In einer Studie von Miles et al. (1992) zeigte sich, dass der Glukoseverbrauch sofort nach Aufnahme einer körperlichen Belastung schnell und progressiv ansteigt. Bei Greyhounds war die Blutglukosekonzentration direkt nach dem Rennen erhöht und fiel innerhalb von 30 min bis drei Stunden wieder auf den Ruhewert ab (Snow et al., 1988; Ilkiw et al., 1989; Rose & Bloomberg, 1989). In einer Studie von Pauly (2007) lag der Ruhewert von Schutzhunden vor der Übung bei 5,2 - 5,3 mmol/l, bei diesen führte eine 3-minütige Übung zu einem signifikanten Anstieg der Blutglukosekonzentration (Pauly, 2007). Während körperlicher Belastung kommt es laut Kozlowski et al. (1985) hingegen zu einem Absinken des Blutglukosewertes. Chanoit et al. (2002) wiederum fanden keinen Einfluss einer einstündigen Laufbelastung auf den Glukosespiegel im Plasma von untrainierten Beaglen. Dies spricht dafür, dass die Intensität, die Art sowie die Dauer der körperlichen Belastung den Plasma-Glukosegehalt beeinflusst (Chanoit et al., 2002). In der Studie von Köhler (2004) löste körperliche Belastung unterschiedliche Reaktionen des Blutglukosespiegels aus. Während es nach der Suchbelastung von Rettungshunden im Sommer zu einem signifikanten Anstieg der Blutglukose kam, führte es im Winter zu einem Abfall. Sowohl im Winter wie auch im Sommer erreichten die Werte innerhalb von zwei Stunden wieder den Ausgangswert.

Alter und Geschlecht

Das Alter kann den Blutglukosespiegel beeinflussen. Der Glukosespiegel in Ruhe steigt mit zunehmendem Alter an (Strasser et al., 1993b). Auch in der Erholungszeit nach körperlicher Belastung wird der Blutglukosespiegel vom Alter der Hunde beeinflusst. Bei älteren Hunden fanden sich in einer Studie von Strasser et al. (1997) deutlich niedrigere Glukosewerte als bei jüngeren.

Laut einer Studie von Pauly (2007) hat das Geschlecht bei Schutzhunden keinen Einfluss auf die Blutglukosekonzentration.

Umgebungstemperatur

Durch eine Kühlung des Hundes von außen kam es zu keiner Veränderung des Blutglukosespiegels nach Belastung verglichen mit Hunden, die nicht gekühlt wurden (Kozlowski et al., 1985).

2.8. Laktat

2.8.1. Allgemeines

Laktat entsteht im Stoffwechsel bei der anaeroben ATP-Bildung aus Pyruvat, welches wiederum aus Glukose entsteht. Zur anaeroben ATP-Bildung kommt es etwa 30 - 50 s nach Beginn der Muskelarbeit und dann wieder bei Ausdauerleistungen. Dadurch steigt die Blutlaktatkonzentration an und es kommt zur Ermüdung der Muskulatur (von Engelhardt, 2005). Der physiologische Laktatwert eines ruhenden Hundes liegt laut Baumgartner (1999) bei 1,0 mmol/l und steigt durch körperliche Belastung an. Laut Kraft et al. (2005a) reichen die Ruhewerte von 1,0 bis 2,9 mmol/l. Burr et al. (1997) fanden bei Schlittenhunden in Ruhe Laktatwerte zwischen 0,22 und 4,35 mmol/l.

2.8.2. Einflussfaktoren auf den Laktatspiegel

Physische Belastung

Laut Snow et al. (1988) erreicht der Laktatwert im Blut ungefähr 5 Minuten nach Ende der körperlichen Belastung ein Maximum, was durch den verspäteten Efflux des während der Belastung produzierten Laktats aus den Muskelzellen verursacht wird.

Bei Köhler (2004) lagen die Ruhewerte von Rettungshunden bei $1,80 \pm 0,36$ mmol/l bis $2,13 \pm 1,14$ mmol/l und veränderten sich auch unmittelbar nach der Lauf- oder Sucharbeit der Rettungshunde nicht signifikant. Bei Greyhounds nach Rennen über

235 m und 420 m hingegen war der Blutlaktatgehalt auf Werte zwischen 11,4 und 13,2 mmol/l erhöht (Snow et al., 1988). Noch höhere Werte fanden Rose & Bloomberg (1989) bei Greyhounds ebenfalls nach einem Sprintrennen. Hier waren die Laktatwerte fünf Minuten nach dem Rennen auf ein Maximum von 27 mmol/l erhöht und fielen innerhalb von 30 Minuten wieder auf den Ausgangswert ab. Laut Ilkiw et al. (1989) liegen die durchschnittlichen Laktatwerte bei Greyhounds direkt nach einem Rennen über 720 m bei $28,93 \pm 2,99$ mmol/l, bei etwas längerer Strecke über 800 m sogar bei 32,51 mmol/l (Dobson et al., 1988). Dies deutet darauf hin, dass deutliche Anteile der Energiegewinnung auf anaerobem Weg erfolgten. Bei Schutzhunden ergaben sich in der Studie von Pauly (2007) Ruhelaktatwerte von 1,5 - 1,7 mmol/l, die durch eine 3-minütige Schutzdienstübung signifikant auf 4,0 mmol/l anstiegen. Matwichuk et al. (1999) sowie Steiss et al. (2004) fanden bei Retrievern nach Apportierarbeit einen deutlichen Anstieg der Laktatkonzentration im Plasma. Nach etwa 60 Minuten war der Wert aber wieder auf die Ausgangskonzentration abgefallen und nach zwei Stunden war er deutlich geringer als der Ausgangswert (Steiss et al., 2004).

Alter, Geschlecht und Größe

Laut einer Studie von Hughes et al. (1999) wird der Laktatspiegel weder durch das Geschlecht noch das Alter der Hunde beeinflusst. Es zeigte sich allerdings eine negative Korrelation von Plasmalaktatwerten und der Größe der Hunde. Auch in der Untersuchung von Pauly (2007) ergab sich kein Geschlechtsunterschied bei den Laktatwerten von Schutzhunden.

Außentemperatur

Bei den Untersuchung von Steiss et al. (2004) sowie Matwichuk et al. (1999) konnte kein Einfluss der Umgebungstemperatur auf die Laktatwerte festgestellt werden. In anderen Untersuchungen von Kruk et al. (1985) und Kozłowski et al. (1985) dagegen stiegen die Laktatwerte bei Hunden, die während des Lauftrainings von außen gekühlt wurden, weniger stark an. Es scheint laut dieser Autoren so, als ob es durch eine erhöhte Außentemperatur zu einer beschleunigten Laktatanreicherung kommt. Da das Muskellaktat- zu Blutlaktat-Verhältnis bei ungekühltem Training deutlich höher lag, spricht dies für eine Zurückhaltung des Laktats in den Muskelzellen und lässt vermuten, dass die Mechanismen, die für die Ausschleusung des Laktats aus den Muskelzellen verantwortlich sind, ab einem bestimmten Wert gesättigt sind. Diese

Anreicherung von Laktat ist neben der Unfähigkeit eine ausreichende Menge ATP zur Verfügung zu stellen, einer der Hauptfaktoren, die die Muskelarbeit limitieren (Kruk et al., 1985; Kozłowski et al., 1985).

2.9. Kreatinkinase

2.9.1. Allgemeines

Die Kreatinkinase (CK) ist ein muskelspezifisches Enzym. Sie überträgt innerhalb der Muskelfaser ein energiereiches Phosphat von Kreatinphosphat auf ADP und regeneriert dadurch das ATP. Die Kreatin-Phosphokinase-Reaktion hält die ATP-Konzentration weitgehend konstant und liefert gleichzeitig Energie. Eine Aktivitätserhöhung ist Folge von Muskeltraumen, ungewohnter körperlicher Belastung, eines Kreislaufschocks (Stoffwechselstörung der Muskulatur) oder anderen Ursachen, die Muskelschäden bedingen. In Ruhe finden sich beim Hund Aktivitäten der Kreatinkinase bis zu 90 IU/l, dieser Wert kann aber bereits durch eine intramuskuläre Injektion um einige hundert IU/l ansteigen (Aktas, 1993; Eckert, 2002; Kraft et al., 2005a).

In Untersuchungen von Aktas et al. (1993; 1994) ergaben sich Halbwertszeiten von etwa zwei Stunden. Des Weiteren zeigten sich höhere Aktivitäten der CK im Serum als im Plasma. Die Referenzwerte reichen bei adulten Hunden von 20 - 104 IU/l. Laut Baumgartner (1999) hat die CK eine sehr kurze Halbwertszeit von 20 - 30 min und erreicht in Ruhe Aktivitäten bis zu 80 IU/l.

2.9.2. Einflussfaktoren auf die Kreatinkinase

Physische Belastung

In einer Studie von Heffron et al. (1976) ließ sich eine signifikante Korrelation zwischen der CK-Aktivität und leichter körperlicher Arbeit nachweisen.

Bei Greyhounds wurde direkt nach einem Rennen über 722 m eine Erhöhung der Kreatinkinase-Aktivität beobachtet, die drei Stunden später noch deutlicher ausgeprägt war. Diese Erhöhung ist ein Anzeichen dafür, dass durch das Rennen eine Muskelschädigung verursacht wurde (Ilkiw et al., 1989). Laut Snow et al. (1988) war auch nach kürzeren Rennen über 235 m und 420 m die CK-Aktivität direkt nach der Belastung erhöht, fiel jedoch innerhalb von 30 Minuten wieder auf den Ausgangswert ab. Dies deutet darauf hin, dass es sich um vorübergehende Veränderungen handelt,

die durch Erhöhungen in der Membranpermeabilität verursacht wurden (Snow et al., 1988). In der Untersuchung von Köhler (2004) lagen die CK-Aktivitäten bei ruhenden trainierten Rettungshunden zwischen $45,44 \pm 15,85$ IU/l und $63,94 \pm 44,36$ IU/l. Pauly (2007) fand bei Schutzhunden, die in Zwingern gehalten wurden, deutlich höhere Ruhewerte von 134,8 - 154,5 IU/l. Diese hohen Ruhewerte erklärt Pauly (2007) durch die hohe Bewegungsaktivität der Hunde in den Zwingern bereits vor der Übung. Nach einer 3-minütigen Schutzdienstübung war die CK-Aktivität signifikant angestiegen und stieg auch 60 min nach der Übung noch an (Pauly, 2007). Laut Hinchcliff et al. (1993; 1998) sowie Burr et al. (1997) kommt es auch bei Belastungen über längere Zeit, z.B. einem Schlittenhunderennen über lange Distanz, zu einem Anstieg der durchschnittlichen Kreatinkinase-Aktivität. Dabei war die CK-Aktivität bei Hundeteams, die das Rennen nicht beendeten, höher. Daraus zogen die Autoren den Schluss, dass hohe CK-Werte auf schwere Muskeldegenerationen hindeuten und bei Schlittenhunden einen Grad an Muskelversagen zeigen, über der der Hund seine Arbeit nicht mehr fortsetzen kann. Eine weitere Schlussfolgerung ist, dass während der ersten 500 Meilen die CK-Aktivität generell so hoch liegt. Ein Einfluss der Geschwindigkeit, mit der das Rennen absolviert wurde, auf die CK-Aktivität konnte nicht nachgewiesen werden (Hinchcliff et al., 1993; Burr et al., 1997; Hinchcliff et al., 1998). Durch Apportierarbeit stieg bei den teilnehmenden Labrador Retrievern die CK-Aktivität deutlich an (Matwischuk et al., 1999). Auch bei der Lauf- und Sucharbeit von Rettungshunden fand sich eine erhöhte Kreatinkinase-Aktivität, die auch nach zweistündiger Erholung noch anstieg (Köhler, 2004). Laut Chanoit et al. (2001) wird die maximale Erhöhung der CK-Aktivität ungefähr drei Stunden nach Ende der körperlichen Belastung erreicht. Dieser verspätete Anstieg, so wird von Chanoit et al. (2001) diskutiert, ist bedingt durch die Zeit, die für die Veränderung der Zellwandpermeabilität sowie dem Erreichen des Blutes über den Lymphweg benötigt wird.

Der Trainingszustand hat auf die Kreatinkinase-Aktivität wenig Einfluss, so kam es nach einer einstündigen Belastung von untrainierten Beaglen nur zu einem geringen Anstieg der CK-Aktivität auf 100 - 245 IU/l nach der Laufbelastung. Innerhalb von 24 Stunden war der Ausgangswert wieder erreicht (Chanoit et al., 2002).

Bei einer mehrtägigen körperlichen Belastung tendieren die CK-Aktivitäten, die vor der Belastung gemessen werden, dazu, über denen des Vortages zu liegen. Dies wird bedingt durch den kumulativen Effekt des oxidativen Stresses, welcher durch

wiederholte, schwere Ausdauerleistungen verursacht wird (Sanders and Bloor, 1975; Hinchcliff et al., 2000).

Alter, Geschlecht und Größe

Einen Einfluss des Alters auf die CK-Aktivität konnten Aktas et al. (1994) nur innerhalb des ersten Jahres nachweisen. Bei Hunden bis zu einem Jahr ist die CK-Aktivität höher als bei Adulten. Wobei die CK-Aktivität während des ersten Lebensjahres immer geringer wird und sich danach nicht mehr verändert (Aktas et al., 1994). Dies wird durch Strasser et al. (1993) bestätigt, die keinen Unterschied der Aktivität der Kreatinkinase bei jungen (0,5 - 5 Jahre) und alten Hunden (6 - 13,5 Jahre) feststellen konnten.

Einen Einfluss des Geschlechts auf die CK-Aktivität wird von Aktas et al. (1994) ausgeschlossen. Diese Aussage wird von der Studie von Pauly (2007) an Schutzhunden unterstützt.

Laut Heffron et al. (1976) lässt sich kein signifikanter Einfluss des Körpergewichts auf die CK-Werte nachweisen. In einer Studie von Aktas et al. (1994) allerdings ergab sich ein solcher Einfluss durchaus. So hatten kleinere Hunde (< 10 kg) eine signifikant höhere CK-Aktivität als mittlere (10 - 25 kg) und große Hunde (> 25 kg), sowie mittlere Hunde deutlich höhere als große Hunde.

2.10. Leukozyten

2.10.1. Allgemeines

Die Leukozyten befinden sich während des Transports von ihrer Bildungsstätte zu ihrem Wirkungsort im Blut. Dies bedeutet, dass sie nur dort erfasst und gezählt werden können. Hieraus ergeben sich aber auch sehr große Schwankungen bei den Zellzahlen. Neutrophile Granulozyten haben die Fähigkeit der Anheftung an die Gefäßwand. Erhöht sich die Fließgeschwindigkeit des Blutes durch Erhöhung des Blutdrucks (zum Beispiel bei Aufregung, fremder Umgebung, körperlicher Belastung, Tachykardie), so lösen sich die neutrophilen Granulozyten von der Gefäßwand und können im Blut nachgewiesen werden. Bei verlangsamtem Blutstrom, zum Beispiel beim Kreislaufschock, kommt es zum Abwandern der Leukozyten aus dem Blutstrom an die Gefäßwände oder aus dem Gefäßsystem hinaus, der marginale Zellpool steigt an und die freien Zellen sind vermindert. Das weiße Blutbild besteht aus

verschiedenen Messgrößen, der Gesamtleukozytenzahl, sowie dem relativen und absoluten Differenzialblutbild. Die Gesamtleukozytenzahl kann physiologischer Weise durch Steigerung des Blutdrucks erhöht sein. Hierzu kommt es bei Furcht, Aufregung einer Erwartungshaltung oder auch körperlicher Belastung. Eine Leukopenie kommt physiologischer Weise nicht vor, kann aber durch Blutdruckabfall bedingt sein.

Das Differentialblutbild besteht aus verschiedenen Zelltypen. Beim Hund zeigt sich ein neutrophiles Blutbild, das sehr empfindlich auf innere und äußere Einflüsse reagiert. Eine physiologische Neutrophilie kann durch eine Steigerung des Blutdrucks durch Aufregung, Furcht, Erwartungshaltung oder körperliche Belastung verursacht werden. Eine Neutropenie ist immer pathologisch und kann zum Beispiel durch Blutdruckabfall oder Schock bedingt sein. Eine Eosinopenie kann in Stresssituationen auftreten. Durch akute Stresssituationen kann es auch zur Lymphozytopenie und Monozytose kommen (Strasser et al., 1993b; Kraft, 2005b).

Der Referenzwert für die Gesamtleukozytenzahl liegt bei ruhigen Hunden bei $6000 - 12000 \times 10^6 /l$ und bis zu $15000 \times 10^6 /l$ bei erregten. Die absoluten Zahlen für Neutrophile liegen bei $3000 - 9000 \times 10^6 /l$, für Lymphozyten bei $1000 - 3600 \times 10^6 /l$, sowie für Monozyten bei $40 - 500 \times 10^6 /l$ (Kraft et al., 2005b).

2.10.2. Einflussfaktoren auf das weiße Blutbild

Physische und psychische Belastung

Die Leukozytose, die nach einer körperlichen Belastung zu finden ist, wird durch die Mobilisierung von Leukozyten aus dem marginalen Pool bedingt und nicht durch die Freisetzung aus dem Knochenmark (van Eeden et al., 1999).

In einer Untersuchung von Pauly (2007) löste eine 3-minütige Schutzdienstübung eine Steigerung der Anzahl der Leukozyten, Lymphozyten, Monozyten und Granulozyten aus. Nach Apportierarbeit wurden bei den teilnehmenden Retrievern eine deutliche Erhöhung der Leukozyten, sowie eine Granulozytose festgestellt (Matwichuk et al., 1999). Auch bei Greyhounds fanden Rose and Bloomberg (1989) nach einem Sprintrennen über 400 m eine anhaltende Leukozytose und Neutrophilie, welche durch die durch den Stress verursachte Kortisolfreisetzung bedingt ist. Ebenfalls bei Greyhounds wurde nach einem Rennen über 722 m eine Erhöhung der Gesamtleukozyten, der neutrophilen Granulozyten und zusätzlich auch der Lymphozyten nachgewiesen (Ilkiw et al, 1989). Ilkiw et al. (1989) vermuten, dass diese Erhöhung von einer Mobilisierung der Zellen aus dem marginalen Pool herrührt,

welche durch die aufgrund des Rennens freigesetzten Katecholamine verursacht wird. Snow et al. (1988) hingegen fanden nach kürzeren Greyhound-Rennen zwar eine Erhöhung der Gesamtleukozytenzahl, diese war aber bereits 30 Minuten nach dem Rennen wieder auf den Ausgangswert abgefallen. Snow et al. (1988) führen diese Erhöhung auf die Freisetzung der Leukozyten aus den vorher „stillgelegten“ Kapillaren zurück.

Auch durch psychische Belastung steigt die Anzahl der Leukozyten. In Studien von Beerda et al. (1997) und Bergeron et al. (2002) über Transport von Hunden im Auto oder im Flugzeug ergab sich nach der Ankunft eine Erhöhung der Gesamtleukozytenzahl. Auch beim Differentialblutbild war ein starker Anstieg der neutrophilen Granulozyten, aber ein Abfall der Lymphozyten zu erkennen.

Alter und Geschlecht

Laut Strasser et al. (1993b) hat das Alter Einfluss auf die Leukozyten. Bei jungen Hunden (0,5 - 5 Jahre) erreicht die Gesamtleukozytenzahl höhere Werte als bei älteren (6 - 13,5 Jahre) und auch die Zahl der Neutrophilen und Lymphozyten wird im Alter geringer. Die Ursache könnte laut Strasser et al. (1993b) die Altersrückbildung des roten Knochenmarks sein, wodurch es zu verringerten Abwehrmechanismen und einer reduzierten Immunabwehr im Alter kommt. Auch laut Kraft (2005b) nimmt die Anzahl der weißen Blutkörperchen im Alter ab.

In der Studie von Pauly (2007) ergab sich bei Schutzhunden kein Einfluss des Geschlechts auf die Anzahl der Leukozyten, Lymphozyten, Monozyten oder Granulozyten.

2.11. Hämatokrit und Hämoglobinkonzentration

2.11.1. Allgemeines

Der Hämatokrit gibt den prozentualen Anteil der Erythrozytenmasse am Gesamtblut wieder. Die Referenzwerte für den Hund liegen bei 0,44 - 0,52 l/l.

Das Hämoglobin zeigt die Beladung der Erythrozyten mit Blutfarbstoff an. Der Referenzwert für die Hämoglobinkonzentration beim Hund liegt bei 9,3 - 11,8 mmol/l. Die Werte können physiologisch durch Training oder Aufenthalt in großen Höhen erhöht sein. Eine relative Erhöhung kann durch einen Kreislaufschock oder aber durch Dehydratation hervorgerufen werden (Kraft et al., 2005b).

In einer Studie von Sneddon et al. (1989) zeigte sich, dass die Hämoglobinkonzentration durch Training erhöht werden kann. Die untrainierten Hunde hatten eine Hämoglobinkonzentration von 175 ± 10 g/l ($17,5 \pm 1,0$ g/dl), während die trainierten eine von 190 ± 10 g/l ($19,0 \pm 1,0$ g/dl) direkt nach dem Training aufwiesen. Als Folge davon haben trainierte Hunde eine größere Sauerstoff-Transportkapazität (Sneddon et al., 1989). Der Hämatokrit in Ruhe wird durch Training nicht gesteigert, allerdings steigt der Hämatokrit direkt nach dem Training leicht an (Mägerlein et al. 1999). Während der 16 - wöchigen Rennsaison von Greyhounds blieben die Hämoglobinkonzentration und der Hämatokrit stabil (Lassen et al., 1986).

2.11.2. Einflussfaktoren auf Hämatokrit und Hämoglobinkonzentration

Physische und psychische Belastung

In einer Studie von Neuhaus et al. (1992) stieg der Hämatokrit von Greyhounds von der Ruhe ($0,48 \pm 0,06$ l/l) zum Zeitpunkt vor dem Rennen ($0,62 \pm 0,03$ l/l) sowie noch stärker nach dem 704 m-Rennen ($0,67 \pm 0,03$ l/l) an. Ebenso erhöhte sich die Hämoglobinkonzentration von $18,23 \pm 2,25$ g/dl in Ruhe auf $22,73 \pm 2,13$ g/dl vor beziehungsweise $24,95 \pm 2,30$ g/dl nach dem Rennen, was einer 26 - 48%-igen Steigerung vom Zeitpunkt vor zum Zeitpunkt nach dem Rennen entspricht (Neuhaus et al., 1992). Ebenfalls eine Erhöhung des Hämatokrits durch Laufbelastung zeigte sich in der Studie von Querengaesser et al. (1994). Diese Autoren erklären die Erhöhung durch Dehydratation und Extravasation in die Muskeln. Bei Schutzhunden ergaben sich in einer Studie von Pauly (2007) Hämatokritwerte von 44,6 - 45,3% ($0,446 - 0,453$ l/l) und Hämoglobinkonzentrationen von 17,6 - 17,9 g/dl in Ruhe. Laut Pauly (2007) kommt es bereits durch eine 3-minütige Schutzdienstübung zu einer Erhöhung der Hämoglobinkonzentration, sowie des Hämatokrits.

Alter, Geschlecht und Größe

Das Alter hat laut Strasser et al. (1997b) einen signifikanten Einfluss auf den Hämatokrit und die Hämoglobinkonzentration. Der Hämatokrit war bei den bis zu 7 Jahre alten Hunden ($0,47 \pm 0,058$ l/l) höher als bei den über 7 Jahre alten Hunden ($0,42 \pm 0,049$ l/l). Die Hämoglobinkonzentration war ebenfalls bei den jungen Hunden (15,66 g/dl) höher als bei den alten Tieren (14,01 g/dl) (Strasser et al., 1997b). In einer weiteren Studie von Strasser et al. (1993b) zeigte sich bei einer anderen

Alterseinteilung (jung: 0,5 - 5 Jahre; alt: 6 - 13,5 Jahre) ein umgekehrtes Bild beim Hämatokrit und der Hämoglobinkonzentration. Hier waren der Hämatokrit und die Hämoglobinkonzentration der jungen Hunde signifikant niedriger als bei den alten Hunden. Dies führten die Autoren auf die Dehydratation im Alter zurück oder aber auf die Angst und Aufregung, die von älteren Hunden nicht mehr richtig bewältigt werden kann (Strasser et al., 1993b).

In der Studie von Pauly (2007) lies sich ein signifikanter Einfluss des Geschlechts auf die Hämoglobinkonzentration, sowie den Hämatokrit von Schutzhunden nachweisen. Hierbei lagen die Hämoglobinkonzentrationen und die Hämatokritwerte der weiblichen Hunde über denen der männlichen Hunde.

2.12. Umweltbedingungen

Der Wärmefluss zwischen einem Körper und seiner Umgebung bestimmt zusätzlich zur Wärmebildung im Stoffwechsel dessen gesamten Wärmegehalt. Bei einem Absinken der Umgebungstemperatur unter die kritische Temperatur der Thermoneutralzone reicht der Basalstoffwechsel nicht mehr aus. Als Folge muss die Wärmeproduktion gesteigert werden. Bei Temperaturen über der oberen kritischen Temperatur kann die Wärmeabgabe durch passive Mechanismen, wie Leitung, Konvektion und Strahlung, nicht mehr gesteigert werden. Ohne Evaporation kommt es zur Hyperthermie (Eckert, 2002).

Laut Jennings et al. (1973) verursacht eine warme Umgebung (29°C) bei Hunden, die nicht hecheln, einen Abfall der Herzfrequenz, da das Schlagvolumen vergrößert ist. Bei hechelnden Hunden wiederum war keine Veränderung der Herzfrequenz erkennbar. In einer Studie von Hales & Dampney (1975) stieg die rektale Körpertemperatur bei Greyhounds um durchschnittlich 3,5°C an, wenn die Hunde für 44 - 69 min einer Temperatur von 35°C (feucht) bzw. 40°C (trocken) ausgesetzt waren. Bei einer Untersuchung von Köhler (2004) zeigte sich ein deutlicher Einfluss der Außentemperatur auf die Körpertemperatur von Rettungshunden während der Lauf- und Sucharbeit. So stieg die Körpertemperatur bei gleicher Belastung im Sommer bei einer Umgebungstemperatur zwischen 9°C und 26°C zwei- bis viermal stärker an als im Winter, wenn die Umgebungstemperatur zwischen -17°C und -3°C lag. Laut einer Studie von Matwichuk et al. (1999) jedoch ergibt sich kein signifikanter Einfluss der

Außentemperatur auf die Körpertemperatur und den Laktatwert der Hunde direkt im Anschluss an eine Apportierarbeit bei Retrievern.

Auch der Wind kann die Arbeit des Hundes beeinflussen. Bei Windstille erfolgt die Ausbreitung von Gerüchen nur sehr langsam. Bei sehr hoher Windgeschwindigkeit kommt es wiederum zu starken Luftverwirbelungen, was das Einschätzen der Richtung aus der der Geruch kommt, deutlich erschwert. Laut Shivik (2002) besteht eine negative Korrelation zwischen Veränderungen des Windes und der Fähigkeit des schnellen Aufspürens von Gegenständen oder Personen durch Hunde. Bei starken Windveränderungen wird die Luft verwirbelt und zerstreut die Gerüche oder aber die Windveränderungen erhöhen die Möglichkeit, dass die Hunde nie direkt auf der Leeseite der Geruchsquelle sind, weshalb sie die Gegenstände oder Personen nicht finden können. Des Weiteren fand Shivik (2002) heraus, dass die relative Feuchte und der Luftdruck mit der Zeit bis zum Finden des Subjekts korrelieren, auch wenn diese Faktoren nicht so stark sind. Je höher die Luftfeuchtigkeit ist, desto länger ist die Suchzeit des Hundes. Ein höherer Luftdruck reduziert die Verflüchtigung der Geruchsmoleküle, was die Entdeckung erschwert (Shivik, 2002).

Der Geruch ist bei seiner Quelle am stärksten ausgeprägt. Der Geruch verteilt sich und wird fortschreitend weniger konzentriert, es formiert sich ein Geruchskegel. Der Geruch konzentriert sich in seiner Gestalt, solange die Luft um die Quelle steht. Faktoren wie Wind, Lufttemperatur, Feuchtigkeit, Bodentemperatur und das Terrain können den Geruchskegel oder das Geruchsreservoir selbst, sowie die Richtung und die Entfernung, in den der Geruch verteilt wird, beeinflussen. Wind kann durch Hindernisse umgelenkt und in unerwartete Richtungen verteilt werden. Deshalb ist es wichtig, dass der Hundeführer die Dynamik des Windes versteht (Jones et al., 2004).

3. Tiere, Material und Methoden

Die Studie wurde von der Niederösterreichischen Landesregierung Abteilung Agrarrecht in St. Pölten genehmigt (Kennzeichen LF1-TVG-27/001-2006).

3.1. Hunde

An der Studie nahmen 20 Hunde mit ihren Hundeführern teil. Die Hund-Hundeführer-Teams gehörten folgenden deutschen und österreichischen Rettungshundeorganisationen an: Bayerisches Rotes Kreuz, Bergwacht Bayern, Österreichisches Rotes Kreuz, Rettungshunde Niederösterreich, Österreichische Rettungshundebrigade und Österreichische Hundesportunion. Voraussetzung für die Teilnahme an der Studie waren ein Ausbildungsstand, der einen Einsatz im Ausland zulässt, sowie ein Gesundheitszustand, der eine dreitägige Belastung erlaubt. Einen Überblick über die teilnehmenden Hunde findet sich in Tabelle 3.



Abbildung 1: Eine der vier Schadstellen.

Tabelle 3: Name, Rasse, Alter, Geschlecht, Körpergewicht, Schulterhöhe sowie Fellstruktur der Rettungshunde, die an der Studie teilgenommen haben.

Name	Rasse	Alter (Jahre)	Geschlecht	Gewicht (kg)	Größe (cm)	Fell
Perra	Mischling	2,5	w	32	54	Kurz
Pretty	DSH	2,5	w	28	62	Stock
Aica	DSH	3,5	w	29	56	Stock
Franka	DSH	3,5	w	33	66	Stock
Loki	DSH	3,5	m	33	64	Stock
Pois Chiche	Labrador Retriever	3,5	w	23	55	Kurz
Cara Mia	Labrador Retriever	4,0	w	29	56	Kurz.
Eyka	DSH	4,0	w	32	64	Stock
Kromit	Shapendoes	4,0	m	16	47	Lang
Scip	Border Collie	4,0	m	19	53	Lang
Lebowsky	Labrador-Mischling	4,5	m	43	62	Kurz
Benny	Border Collie	5,0	m	26	59	Lang
Casey	Australian Shepherd	5,5	w	22	54	Lang
Newton	Labrador Retriever	5,5	m	33	56	Kurz
Bailey	Golden Retriever	6,0	m	35	61	Lang
Jacky	Labrador-Mischling	6,0	m	30	59	Kurz
Aaron	Riesenschnauzer	7,0	m	36	69	Stock
Flannigan	Golden Retriever	7,0	m	32	62	Lang
Gina	Mischling	8,0	w	26	58	Kurz
Niquette	Briard	8,0	w	30	59	Lang
Mittelwert ± SD		4,9 ± 1,7		29,4 ± 6,2	58,8 ± 5,1	

Abkürzungen: DSH = Deutscher Schäferhund; m = männlich, w = weiblich; Kurz = Kurzhaar, Lang = Langhaar, Stock = Stockhaar

3.2. Versuchsaufbau

Die Studie wurde auf einem Katastrophenübungsgelände des Österreichischen Bundesheers, dem so genannten „Tritolwerk“, in Wiener Neustadt durchgeführt. Das Tritolgelände ist mit insgesamt ungefähr 36 ha eines der größten Katastrophenübungsgelände Europas. Eine Übersicht über das gesamte Gelände gibt Abbildung 2.

Die Übungen fanden in den Monaten April bis Mai 2006 statt. Auf Grund der oft sehr weiten Anfahrt, reisten viele Hund-Hundeführer-Teams bereits am Vorabend des Versuchsbeginns an. Jedes Hund-Hundeführer-Team wurde über drei Tage getestet, wobei die Teams an jedem Tag vier Suchen à 20 Minuten bestreiten mussten. Diese vier Suchen wurden auf vier verschiedenen Schadstellen durchgeführt. An allen drei Tagen wurden die Schadstellen in derselben Reihenfolge abgesucht. Die Verstecke der Figuranten auf den Schadstellen waren für alle Hunde dieselben, wurden jedoch von Tag zu Tag verändert. Vor jeder Suche wurde auf der Schadstelle ein Figurant versteckt, der ein verschüttetes Opfer spielte. Beim Auffinden des Figuranten mussten die Hunde diesen durch anhaltendes Bellen anzeigen. Sobald der Hund angezeigt hatte, wurde er durch den Figuranten oder den Hundeführer bestätigt (Belohnung durch Futter oder Spiel) und der Figurant verließ die Schadstelle. Während der Restzeit folgte eine Leersuche auf derselben Schadstelle. Kurz vor Ende der 20-minütigen Suche wurde ein weiterer Figurant außer Sicht des Hundes eingebracht, um einen positiven Abschluss der Suche für den Hund zu schaffen. Nachdem der Versuchsaufbau so gewählt war, dass mit einer Überforderung der Rettungshunde gerechnet werden musste, wurde als Abbruchkriterium einer Suche bzw. des Versuchs das Erreichen der physischen (Erschöpfungszustand) oder psychischen (Verlust der Suchmotivation) Leistungsgrenze gewählt. Während der Pausen zwischen den Suchdurchgängen und in der Erholungszeit wurden die Hunde in Boxen beziehungsweise auf Decken im Freien oder im Auto gelagert. Während dieser Zeit stand den Hunden ständig Wasser zur freien Verfügung. Für die Probenahmen wurden die meisten Hunde aus den Boxen geholt, bei einigen erfolgten die Probenahmen auch in der Box. Bei den Probenahmen wurde stets zuerst eine Speichelprobe genommen, anschließend die Körpertemperatur von den Messgeräten abgelesen, sowie die korrekte Aufzeichnung der Herzfrequenzmessung kontrolliert. Bei den Probenahmen 1 und 11 erfolgte daraufhin noch eine Blutentnahme. Die Nacht verbrachten die Hunde im Auto oder neben dem Feldbett des Hundeführers.

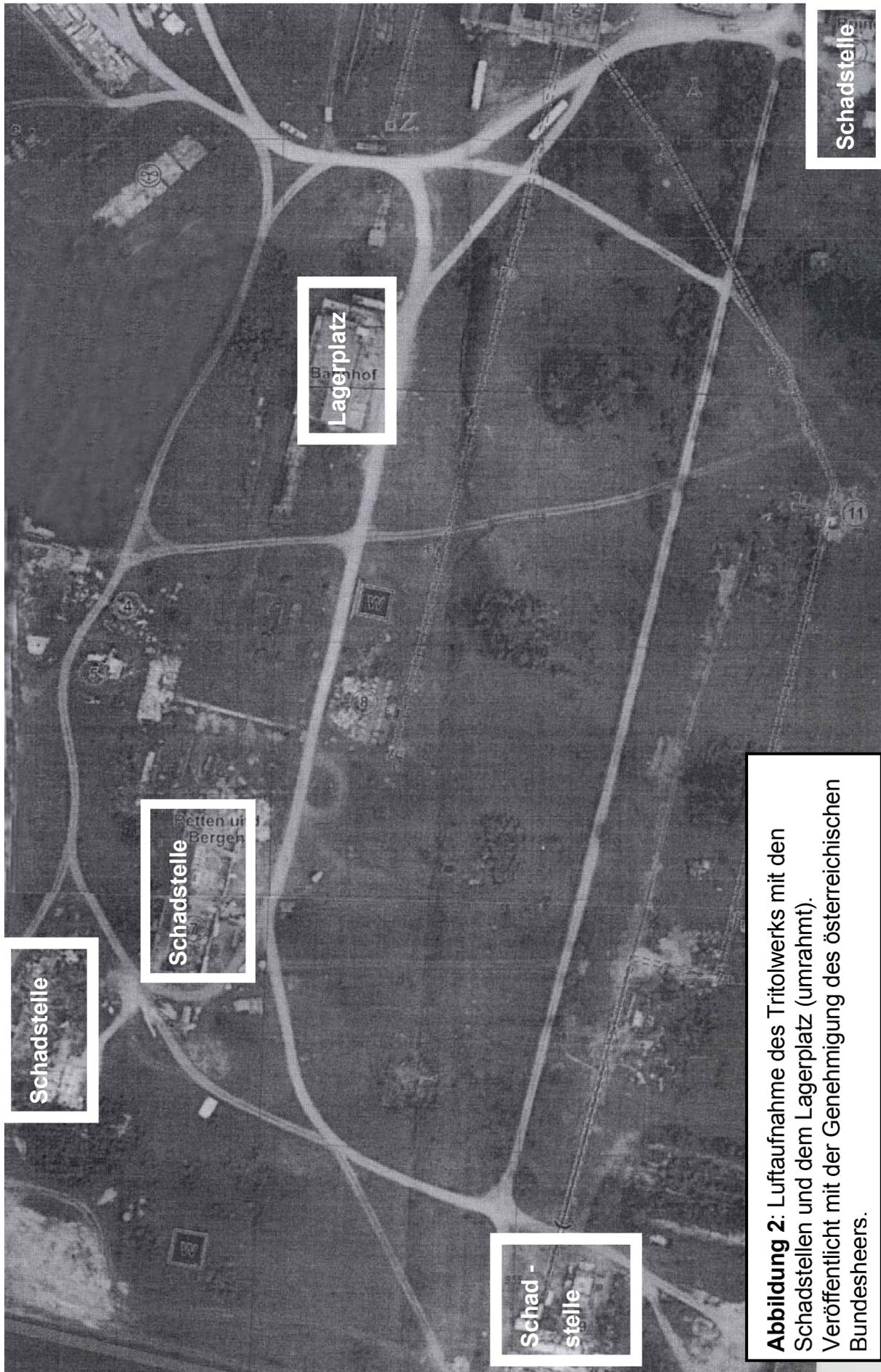


Abbildung 2: Luftaufnahme des Tritolwerks mit den Schadstellen und dem Lagerplatz (umrahmt). Veröffentlicht mit der Genehmigung des österreichischen Bundesheers.

Eine Übersicht über den Tagesablauf geben Tabelle 4 und Abbildung 3.

Tabelle 4: Übersicht über den zeitlichen Ablauf der Versuche, die Dauer der einzelnen Abschnitte, sowie die dabei erfassten Parameter.

Bezeichnung	Dauer (min)	Herzfrequenz	Aktivität	Körpertemperatur	Speichelprobe
Probe1	12	X	X	X	X + Blut
Ruhe	20 - 60	X	X	X	
Hinweg	3 - 10	X	X	X	
Suche1	20	X	X	X	
Rückweg	3 - 10	X	X	X	
Probe2	4	X	X	X	X
Pause1-I	16	X	X	X	
Probe3	4	X	X	X	X
Pause1-II	16	X	X	X	
Probe4	4	X	X	X	X
Pause1-III	8	X	X	X	
Hinweg	3 - 10	X	X	X	
Suche2	20	X	X	X	
Rückweg	3 - 10	X	X	X	
Probe5	4	X	X	X	X
Pause2-I	16	X	X	X	
Probe6	4	X	X	X	X
Pause2-II	16	X	X	X	
Probe7	4	X	X	X	X
Pause2-III	8	X	X	X	
Hinweg	3 - 10	X	X	X	
Suche3	20	X	X	X	
Rückweg3	3 - 10	X	X	X	
Probe8	4	X	X	X	X
Pause3-I	16	X	X	X	
Probe9	4	X	X	X	X
Pause3-II	16	X	X	X	
Probe10	4	X	X	X	X
Pause3-III	8	X	X	X	
Hinweg	3 - 10	X	X	X	
Suche4	20	X	X	X	
Rückweg	3 - 10	X	X	X	
Probe11	12	X	X	X	X + Blut
ErholungI	8	X	X	X	
Probe12	4	X	X	X	X
ErholungII	16	X	X	X	
Probe13	4	X	X	X	X
ErholungIII	16	X	X	X	

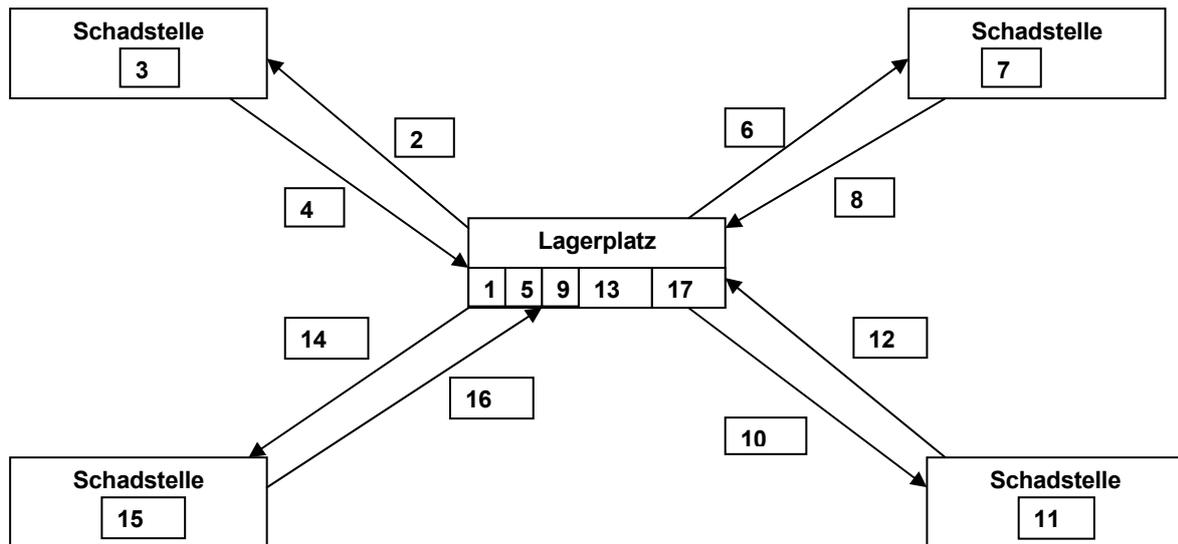


Abbildung 3: Die Skizze zeigt schematisch den Tagesablauf für jedes Hund-Hundeführer-Team. Im Folgenden werden die einzelnen Schritte beschrieben:

- 1 Vorbereiten der Hunde für den Versuch, Probenahme sowie Blutentnahme, dann Ruhephase (Probe1 + Ruhe)
- 2 Hinweg zur Schadstelle
- 3 erste 20 - minütige Suche (Suche1)
- 4 Rückweg zum Lagerplatz
- 5 Probenahme, anschließend Pause unterbrochen von 2 Probenahmen (Probe2, Pause1-I, Probe3, Pause1-II, Probe4, Pause1-III)
- 6 Hinweg zur Schadstelle
- 7 zweite 20 - minütige Suche (Suche2)
- 8 Rückweg zum Lagerplatz
- 9 Probenahme, anschließend Pause unterbrochen von 2 Probenahmen (Probe5, Pause2-I, Probe6, Pause2-II, Probe7, Pause2-III)
- 10 Hinweg zur Schadstelle
- 11 dritte 20 - minütige Suche (Suche3)
- 12 Rückweg zum Lagerplatz
- 13 Probenahme, anschließend Pause unterbrochen von 2 Probenahmen (Probe8, Pause3-I, Probe9, Pause3-II, Probe10, Pause3-III)
- 14 Hinweg zur Schadstelle
- 15 vierte 20 - minütige Suche (Suche4)
- 16 Rückweg zum Lagerplatz
- 17 Probenahme + Blutentnahme, anschließend Erholung unterbrochen von 2 Probenahmen, danach Entfernung der Herzfrequenzmessung (Probe11, Erholung I, Probe12, Erholung II, Probe13, Erholung III)

Pro dreitägigen Versuchsdurchlauf wurden drei bis fünf Hunde untersucht. Die Hunde wurden in zwei Gruppen eingeteilt, um eine zeitlich versetzte Suche zu ermöglichen. Am Morgen wurden alle Hunde gemeinsam vorbereitet (Vorbereitung der Herzfrequenzmessung, evtl. Eingabe der Temperaturkapsel) und die Probe1 inklusive der Blutentnahme genommen. Die Hunde der ersten Gruppe verließen nach einer 20-minütigen Ruhephase den Lagerplatz zum ersten Suchdurchgang, während die zweite Gruppe am Lagerplatz wartete. Nach Rückkehr der ersten Gruppe von der Suche, ging diese Gruppe in die erste Pause und die zweite Gruppe brach zur ersten Suche auf. Nach Rückkehr der zweiten Gruppe, ging diese in die erste Pause und die erste Gruppe brach zur zweiten Suche auf, usw.

3.3. Erfassung der Konstitution der Hunde

3.3.1. *Beobachtung*

Die Kontrolle des Gesundheitszustandes wurde bei jedem Hund morgens vor Beginn der Suchen durch eine kurze Allgemeinuntersuchung, sowie während der Probenahmen durchgeführt. Zusätzlich wurden die Hunde während aller Suchen beobachtet und auf Anzeichen für Verletzungen, Lahmheiten, etc. geachtet.

3.3.2. *Befragung der Hundeführer*

Am Ende jeden Übungstages wurden die Hundeführer zu Krankheitserscheinungen, Verhaltensänderungen sowie Ermüdungserscheinungen bei ihrem Hund befragt.

3.4. Sucharbeit

3.4.1. *Videoauswertung*

Die Suchen aller Hunde inklusive der Bestätigung am Ende wurden auf Video aufgezeichnet (insgesamt 12 x 20 min pro Hund). Die Zeitspanne vom Ansetzen des Hundes an der Schadstelle bis zur Anzeige des Figuranten durch Verbellen wurde gestoppt und zur Bestimmung der „Auffindegeschwindigkeit“ benutzt.

3.4.2. *Einschätzung des Hundeführers*

Am Ende jedes Versuchstages wurde der Hundeführer zur Zufriedenheit mit der Sucharbeit seines Hundes befragt. Am Ende des letzten Tages sollte jeder Hundeführer zusätzlich den aus seiner Sicht besten Arbeitstag seines Hundes nennen.

3.5. Aktivität

Die Bewegungsaktivität der Hunde wurde kontinuierlich mittels eines Aktometers vom Typ ActiTrac® (Fa. Somnomedics, Kist) aufgezeichnet. Die Aufzeichnung begann am Morgen des ersten Tages und endete eine Stunde nach Ende des letzten Suchdurchganges am dritten Tag. Das Aktometer wurde nur für die Dauer der Übertragung der Daten auf den PC abgenommen.

Das Aktometer verfügt über einen biaxialen piezoelektrischen Beschleunigungsmesser, wodurch die Bewegungen in zwei Ebenen aufgezeichnet werden können. Das Beschleunigungssignal - durch die Bewegung des Körpers produziert - wird gesammelt und dann digital integriert, um die gesamte Aktivität unter einer Signalkurve zu quantifizieren. Diese Information wird in eine Referenzskala von Datenpunkten umgewandelt, welche den Beschleunigungseinheiten entsprechen. Gemessen wird die Bewegung in Erdbeschleunigung (mG). Die Empfindlichkeit des Aktometers wurde auf 2,5 mG und eine Epochenlänge von zwei Sekunden eingestellt. Das Aktometer wurde mit Hilfe eines Klettbandes, ähnlich einem Halsband, am Hals des Hundes befestigt. Um einer Eigendynamik des Aktometers und damit einer Verfälschung der Werte vorzubeugen, wurde das Aktometer dem Hals eng angelegt. Um es vor Feuchtigkeit zu schützen, wurde es mit einem Gummihandschuh überzogen. Zu Beginn der Untersuchungen wurde die Uhrzeit des Aktometers sowie der Herzfrequenzmessuhr mittels des auswertenden PCs synchronisiert.

Zur Auswertung wurden die Daten des Aktometers mit einem 9 pol-Sub-D-Stecker auf den PC übertragen. Zur synchronisierten Darstellung der Daten der Aktivitäts- und Herzfrequenzmessung wurden die Daten in die „Monitor-Koppelsoftware“ (Fa. Somnomedics, Kist) übertragen und ausgewertet. Für die Auswertung der Daten wurden 30 verschiedene Zeitbereiche festgelegt. Diese sind in Tabelle 4 aufgeführt. Für eine detailliertere Betrachtung der Suchen wurden diese 20 min in 5 Abschnitte à 4 min unterteilt. Im Folgenden als z.B. Suche1-I, Suche1-II, ... bezeichnet.

Die erhaltenen Daten wurden anschließend in die Programme Excel® und SPSS® überführt und mit deren Hilfe ausgewertet.

3.6. Herzfrequenz

Die Herzfrequenzmessung erfolgte mit einer Sportuhr von Polar® Typ S610i (Fa. Polar Electro Oy, Kempele, Finnland). Die Messung wurde an allen drei Tagen kontinuierlich, beginnend jeweils mindestens 20 min vor der ersten Suche bis eine Stunde nach Ende des letzten Suchdurchganges eines Tages, durchgeführt.

Die Herzfrequenz wurde durch Elektroden, die sich in einem elastischen Brustgurt (Wearlink®) befinden, aufgenommen und auf den Empfänger, die Polar®-Uhr, übertragen. Die Registrierung und Speicherung der Herzfrequenz in Schlägen pro Minute (bpm) erfolgte durch die am Brustgurt befestigte Uhr. Der elastische Brustgurt, der sich dem hochovalen Brustkorb der Hunde gut anlegt, wurde direkt hinter den Vordergliedmaßen um den Brustkorb geführt. Um einem Abrutschen des Brustgurtes nach kaudal vorzubeugen, wurde ein zusätzlicher elastischer Gurt, der am eigentlichen Brustgurt befestigt ist, um die Brust des Hundes geführt. Zur Gewährleistung eines guten Kontakts der Elektroden mit dem Brustkorb des Hundes wurden die Elektroden mit Ultraschallgel Spectra 360® (Fa. Parker) bestrichen, sowie das Fell mittels Gleitgel (Fa. Heiland, Hamburg) angefeuchtet und etwas gescheitelt. Diese Maßnahmen wurden während des Versuchs des Öfteren wiederholt, um Datenverluste zu vermeiden.

Die auf der Uhr gespeicherten Werte wurden mittels des Infrarot Interface von Polar® auf den Computer übertragen und in die „Monitor-Koppelsoftware“ (Fa. Somnomedics, Kist) eingefügt. Auch die Aktometerdaten wurden in diese eingespeist und konnten damit synchronisiert mit den Herzfrequenzen dargestellt werden.

Für die Auswertung der Daten wurden - wie für die Aktivität - 30 verschiedene Zeitbereiche festgelegt und für die detaillierte Betrachtung in 4 - Minuten-Intervalle unterteilt (siehe Kapitel 3.5).

Die erhaltenen Daten wurden anschließend in die Programme Excel® und SPSS® überführt und mit deren Hilfe ausgewertet.

3.7. Körpertemperatur

Die Körpertemperatur wurde kontinuierlich mittels des Vital Sense® Systems der Firma Mini Mitter aufgezeichnet. Dieses System besteht aus einem Sender in Form einer Kapsel (Jonah core body temperature capsule®; Gewicht: 1,75 g, Größe: 21,9 x 8,5 mm) sowie einem Empfangsmonitor (Gewicht: 200 g; Größe: 120 x 90 x 25 mm). Jede Kapsel sendet bei der Übertragung ihre eigene Identitätsnummer, wodurch eine Verwechslung von Sensoren unmöglich ist. Die Kapsel wurde den Hunden oral eingegeben und sendete während der Darmpassage alle 10 - 20 Sekunden die intrakorporale Körpertemperatur an den Empfangsmonitor, solange sich dieser im Empfangsbereich (bis zu circa 1,5 m) befand. Die Aufzeichnung erfolgte im Medic Mode, wodurch alle Kapseln, die in den Empfangsbereich eines Empfängers gelangten, aufgezeichnet wurden. Da sich die Hunde während der eigentlichen Suche meist außerhalb des Empfangsbereichs aufhielten, kam es während dieser Zeit zu einem Datenverlust.

Die aufgezeichneten Daten wurden mittels des mitgelieferten Übertragungskabels auf den PC übertragen und mit Hilfe der dazugehörigen Software dargestellt. Anschließend wurden die Daten in Excel übertragen und ausgewertet.

Während sich die Kapsel im Magen befand, kam es durch die Aufnahme von Wasser und der damit zusammenhängenden Abkühlung der Kapsel zu fehlerhaften Daten. Diese wurden nicht mit in die Auswertung einbezogen.

Für die Auswertung der Daten wurden - wie für die Aktivität - 30 verschiedene Zeitbereiche festgelegt und für die detaillierte Betrachtung in 4-min-Intervalle unterteilt (siehe Kapitel 3.5).

3.8. Kortisol

Die Speichelproben zur Bestimmung der Kortisolkonzentration wurden an 13 Zeitpunkten pro Tag genommen (Probenahmezeitpunkte siehe Tabelle 4).

Um den Speichelfluss anzuregen, wurde den Hunden eine geruchsintensive Belohnung vorgehalten. Die Speichelgewinnung erfolgte mittels „Wattestäbchen PP“ (Fa. Zefa, Harthausen) auf denen die Hunde kauten. Um eine ausreichende Speichelmenge zu erhalten, wurden pro Hund 2 Wattestäbchen gekaut. Sobald die Wattestäbchen genügend durchfeuchtet waren, wurden sie in eine 5 ml - Einmalspritze ohne Stempel gesteckt und die Stäbchen abgeschnitten. Anschließend wurde die

Spritze in ein Polypropylenröhrchen (PP-Röhrchen) gesteckt, mit Klebestreifen verschlossen und bis zum Zentrifugieren auf Eis gekühlt. Die PP-Röhrchen wurden dann 10 min lang bei 3700 g bei 3°C zentrifugiert (Zentrifuge: EBA 12R; Fa. Hettich, Tuttlingen). Im Anschluss daran wurde der Speichel, der sich nun im PP-Röhrchen gesammelt hatte, in 1,5 ml Eppendorf - Cups pipettiert und bei -20°C eingefroren. Die Probenanalyse erfolgte mittels eines kompetitiven ELISAs (LMU, Institut für Tierschutz, Verhaltenskunde und Tierhygiene).

3.9. Blutwerte

Die Blutentnahmen erfolgten jeweils zu den Messzeitpunkten P1 und P11 aus der Vena cephalica antebrachii. Sämtliche Blutwerte wurden unmittelbar nach der Blutentnahme vor Ort bestimmt. Dazu wurde ein Feldlabor am Lagerplatz eingerichtet.

3.9.1. *Blutglukose*

Mittels des Accu-Check® Comfort-Gerätes (Fa. Roche Diagnostics, Mannheim) erfolgte die Bestimmung des Blutglukose-Spiegels aus einem Tropfen Blut direkt aus der Kanüle.

3.9.2. *Laktat*

Zur Bestimmung des Laktatwertes wurde das Laktatmessgerät Accutrend-Lactate® (Fa. Roche Diagnostics, Mannheim) benutzt. Die Laktatbestimmung erfolgte aus einem Tropfen Blut direkt aus der Kanüle.

3.9.3. *Kreatinkinase*

Die Bestimmung der CK-Aktivität erfolgte mittels Reflotron® (Fa. Roche Diagnostics, Mannheim) aus Serum. Die Aktivität wurde in der SI-Einheit nkat/l angegeben. Umrechnungsfaktor in die konventionelle Einheit IU/l: $\times 0,05999$

3.9.4. *Leukozyten und Differentialblutbild*

Die Bestimmung des weißen Blutbildes erfolgte durch das Vet ABC-Gerät (Fa. Scil, Viernheim) aus EDTA - Blut.

3.9.5. Hämatokrit und Hämoglobinkonzentration

Die Bestimmung des Hämatokrits sowie der Hämoglobinkonzentration erfolgte durch das Vet ABC-Gerät (Fa. Scil, Viernheim) aus EDTA - Blut.

3.10. Umweltbedingungen

Die kontinuierliche Aufzeichnung der Außentemperatur erfolgte mittels digitaler Thermohygrographen (Klima Logger, Thermo-Hygro-Station; TFA Deutschland), die auf den Schadstellen beziehungsweise am Lagerplatz aufgestellt wurden. Die Aufzeichnung erfolgte einmal pro Minute. Der Temperaturmessbereich liegt bei 0 - 59,9°C mit einer Auflösung von 0,1°C. Die aufgezeichneten Daten wurden mittels Übertragungskabel auf den PC übertragen und mit der dazugehörigen Software dargestellt. Anschließend wurden die Daten zur weiteren Analyse in Excel übertragen. Bei der Untersuchung des Einflusses der Außentemperatur auf die erfassten Parameter, wurde in den Ruhephasen die Außentemperatur des Lagerplatzes und während der Suchen die Außentemperatur der jeweiligen Schadstelle benutzt.

3.11. Statistik

Die Auswertung der Herzfrequenzen erfolgte gemeinsam mit der Aktivität mittels der „Monitor-Koppel-Software“ (Fa. Somnomedics, Kist). Diese Software erzeugt Ausgaben der durchschnittlichen Aktivität bzw. Herzfrequenz, der Standardabweichung, sowie Minima und Maxima von vorher definierten Intervallen. Diese Ausgaben können in Excel®2003 exportiert werden. Alle anderen Daten wurden mit Hilfe von Excel®2003 ebenfalls in Zeitintervalle (Körpertemperatur, Außentemperatur) oder Zeitpunkte (Speichelkortisol, Blutparameter) eingeteilt und anschließend in SPSS® 14.0 überführt. Die statistische Auswertung der gesamten Daten erfolgte mittels SPSS® 14.0. Zur Berechnung wurden die Aktivität, die Herzfrequenz sowie die Körpertemperatur in 30 Zeitabschnitte eingeteilt und mit dem gemischten linearen Modell sowie dem T-Test für gepaarte Stichproben analysiert. Die für die genauere Betrachtung der Suchen geschaffenen 4-min-Intervalle wurden mit dem T-Test für gepaarte Stichproben verglichen.

Bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von unter 5% wird das Ergebnis als statistisch signifikant bezeichnet. Die statistische Auswertung wurde vom statistischen Beratungslabor (STABLAB, LMU) überprüft.

4. Ergebnisse

Alle Hunde wurden vor Beginn der dreitägigen Suchbelastung einer klinischen Allgemeinuntersuchung unterzogen und für gesund befunden. Ein Hund-Hundeführer-Team fehlte am dritten Tag der Studie aus organisatorischen Gründen.

4.1. Konstitution der Hunde

Bei den morgendlichen Gesundheitskontrollen wurden alle Hunde für gesund befunden. Bei zwei Hunden konnten im Verlauf des dreitägigen Untersuchungszeitraums leichte Krankheitserscheinungen beobachtet werden. Ein Hund hatte am zweiten Versuchstag leichte Diarrhöe und ging am Ende der vierten Suche dieses Tages geringfügig lahm. Ein anderer Hund zeigte am dritten Versuchstag eine geringgradige Stützbeinlahmheit an allen vier Gliedmaßen.

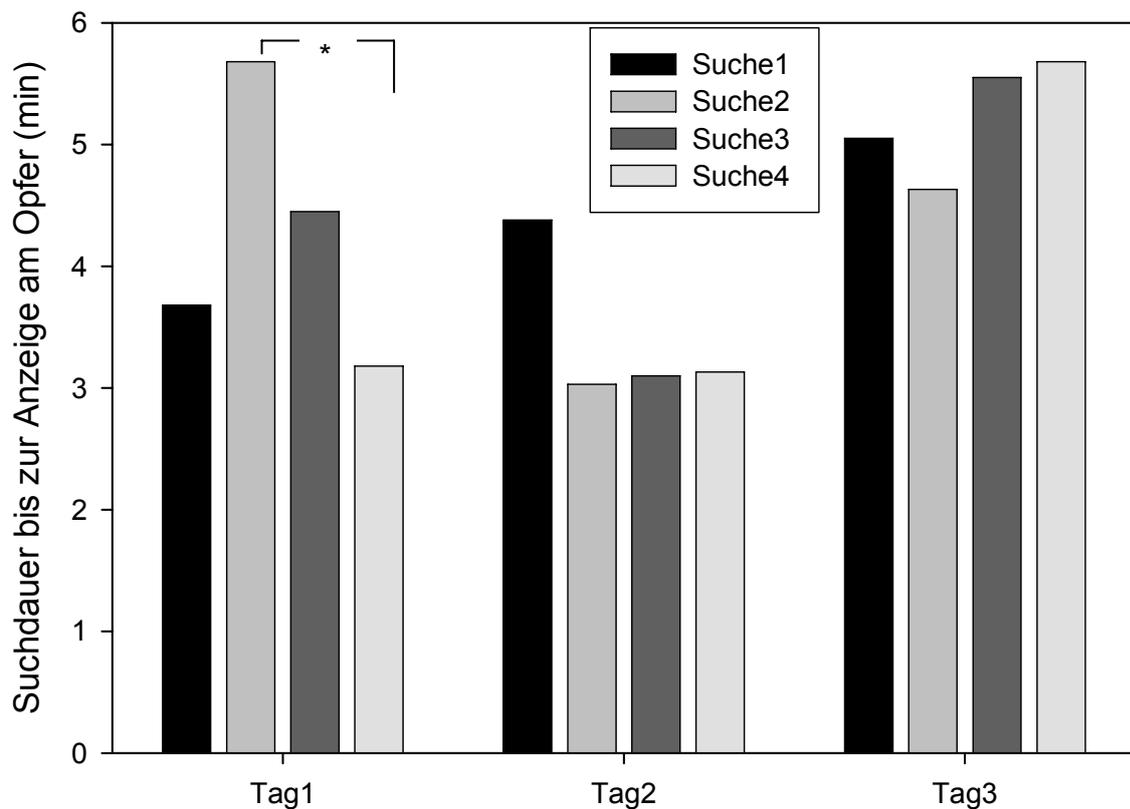
Ermüdungserscheinungen traten ab dem ersten Tag auf. An Tag1 zeigten 25% der Hunde Anzeichen von Ermüdung, am Tag2 30% und an Tag3 63% der Hunde.

Während des dreitägigen Untersuchungszeitraums kam es bei keinem der Hunde zu Verhaltensänderungen.

4.2. Sucharbeit

4.2.1. Anzeige

Jeder Hund musste insgesamt zwölf Suchen an den drei Versuchstagen absolvieren, so dass im Rahmen der Studie 236 Suchen ausgewertet werden konnten (ein Hund fehlte an Tag3 des Versuchs). Bei den 236 Suchen erfolgte die Anzeige am „Opfer“ im Durchschnitt 4,3 min nach dem Ansetzen an der Schadstelle (Tag1: 4,2 min; Tag2: 3,4 min; Tag3: 5,2 min). 75% der Hunde waren innerhalb der ersten fünf Minuten, 91% der Hunde innerhalb der ersten zehn Minuten erfolgreich. Bei zwei Suchen konnte das „Opfer“ vom Hund nicht innerhalb der festgesetzten 20-minütigen Suchzeit aufgefunden werden und die Suche wurde als „nicht erfolgreich“ gewertet. Beide nicht erfolgreichen Suchen ereigneten sich an Tag3 der Studie bei den beiden jüngsten Hunden. Das Abbruchkriterium wurde bei keiner Suche erreicht.



		MW (min)	SD (min)	Min (min)	Max (min)
Tag1	Suche1	3,68	2,48	0,5	9,0
	Suche2	5,68	5,72	0,5	20,0
	Suche3	4,45	4,65	1,0	20,0
	Suche4	3,18	3,92	0,5	16,5
Tag2	Suche1	4,38	4,71	0,5	20,0
	Suche2	3,03	2,75	0,5	12,0
	Suche3	3,10	2,09	1,0	7,5
	Suche4	3,13	3,19	0,5	13,0
Tag3	Suche1	5,05	5,02	0,5	19,0
	Suche2	4,63	5,16	0,5	20,0
	Suche3	5,55	5,50	1,0	20,0
	Suche4	5,68	6,57	0,5	20,0

Abbildung 4: Durchschnittliche Suchdauer (min) bis zur Anzeige am Opfer (Tag1/Tag2: n = 20; Tag3: n = 19; * p≤0,05).

Die durchschnittliche Suchdauer bis zur Anzeige am Opfer war an Tag3 signifikant (p≤0,01) länger als an Tag2.



Abbildung 5: Anzeige am Opfer

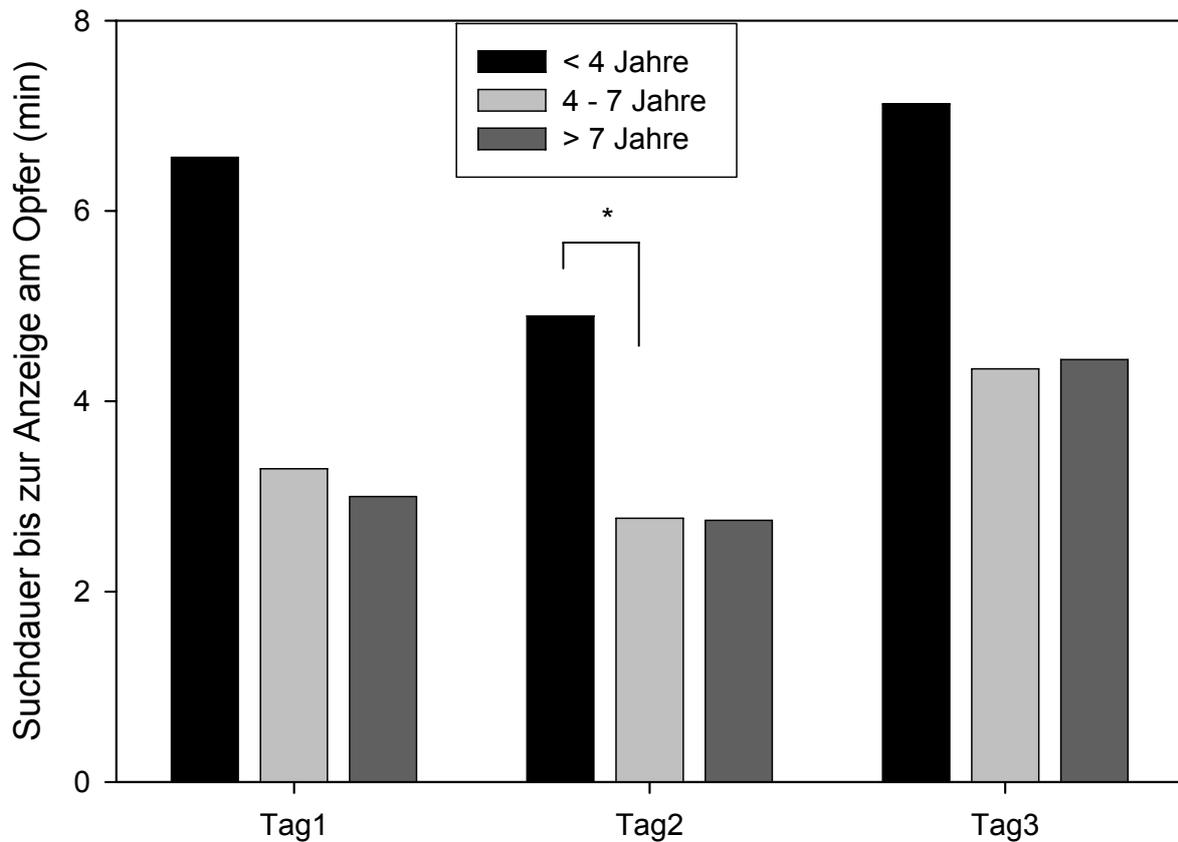
Detaillierte Betrachtung der Suchen

Die Zeitspanne bis zur Anzeige am Opfer unterschied sich nur an Tag1 signifikant ($p \leq 0,05$) zwischen den vier Suchen. Die Anzeige in Suche2 erfolgte 0,04 - 4,96 min später als in Suche4.

Einflussfaktoren auf die Anzeige

Alter

Die jungen Hunde (< 4 Jahre) benötigten an allen drei Tagen am längsten bis zur Anzeige am Opfer. Jedoch ergab sich nur an Tag2 ein signifikanter ($p \leq 0,05$) Einfluss des Alters auf die Suchdauer bis zur Anzeige. Die jungen Hunde (< 4 Jahre) benötigten 0,62 - 4,12 min länger bis zur Anzeige als die mittelalten Hunde (4 - 7 Jahre).



		MW (min)	SD (min)	Min (min)	Max (min)
Tag1	< 4 Jahre	6,6	5,7	0,5	20,0
	4 - 7 Jahre	3,3	3,3	0,5	18,0
	> 7 Jahre	3,0	3,4	0,5	10,0
Tag2	< 4 Jahre	4,9	4,4	1,0	20,0
	4 - 7 Jahre	2,8	2,5	0,5	20,0
	> 7 Jahre	2,8	2,5	0,5	7,0
Tag3	< 4 Jahre	7,1	7,1	0,5	20,0
	4 - 7 Jahre	4,3	4,4	0,5	13,0
	> 7 Jahre	4,4	4,8	0,5	14,0

Abbildung 6: Durchschnittliche Suchdauer (min) bis zur Anzeige am Opfer in Abhängigkeit vom Alter (Tag1/ Tag2: n = 20; Tag3: n = 19; * p≤0,05).

Geländekenntnis

Vier Hunde hatten regelmäßig auf dem Gelände trainiert. Für 16 Hunde waren das Gelände bzw. die Schadstellen unbekannt. Die Geländekenntnis hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Suchdauer bis zur Anzeige am Opfer.

4.3. Aktivität

Einen Überblick über die Aktivität der Hunde während des dreitägigen Versuchsablaufs gibt Abbildung 7.

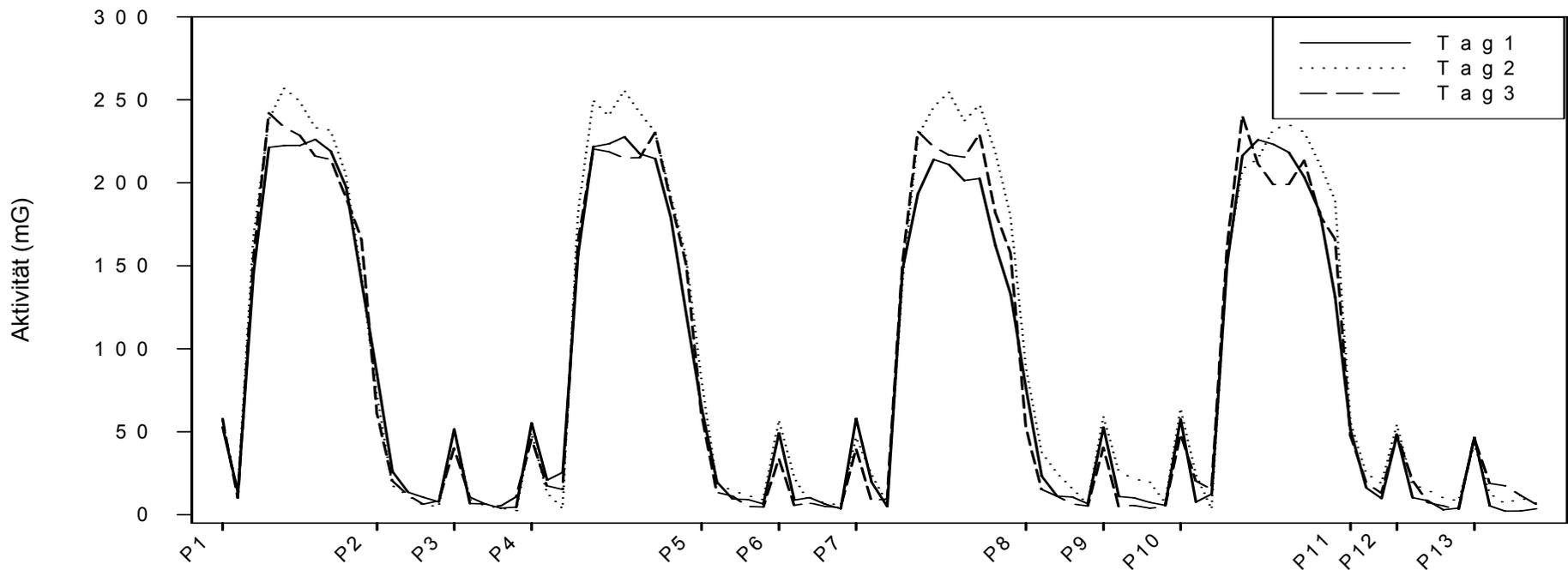
Ausgehend von der Ruhephase erfolgte an allen drei Versuchstagen ein signifikanter Anstieg ($p \leq 0,001$) der Aktivität in der Suche1 mit einem signifikanten ($p \leq 0,001$) Abfall der Aktivität in der Pause1. Der signifikante Aktivitätsanstieg und -abfall wiederholte sich in den folgenden drei Suchen und Ruhephasen ($p \leq 0,001$).

Während der Probenahmen in den Pausen oder der Erholung stieg die Aktivität ebenfalls signifikant ($p \leq 0,001$) um 37,99 - 47,82 mG an.

Betrachtet man die komplette Aktivitätskurve, so ergibt sich kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den drei Versuchstagen. Bei Unterteilung der Aktivitätskurve in neun Zeitabschnitte (Ruhe, Suche1, Pause1, Suche2, Pause2, Suche3, Pause3, Suche4, Erholung) zeigten sich jedoch signifikante Unterschiede. So lag die Aktivität während der vier Suchen an Tag2 signifikant ($p \leq 0,001$) über der Aktivität an den beiden anderen Tagen. Die Aktivität war dabei an Tag2 um 0,45 - 20,04 mG höher als an Tag1 und um 7,04 - 24,77 mG höher als an Tag3.

Ebenso lag die Aktivität der Hunde während der Pausen (Pause1, Pause2, Pause3) und der Erholung an Tag2 mit 0,37 - 6,42 mG signifikant ($p \leq 0,05$) über der Aktivität von Tag1.

Die Aktivität während der Probenahme lag an Tag2 mit 2,86 - 16,18 mG signifikant ($p \leq 0,01$) höher als an Tag3.



	Ruhe	Suche1	Pause1	Suche2	Pause2	Suche3	Pause3	Suche4	Erholung
Tag1	13,44 ± 9,65	222,3 ± 73,0	12,3 ± 8,7	221,0 ± 94,7	9,9 ± 8,1	204,5 ± 94,1	10,6 ± 8,7	217,4 ± 86,1	7,6 ± 6,1
Tag2	13,62 ± 13,92	241,8 ± 81,9	8,0 ± 7,1	243,7 ± 92,9	13,1 ± 18,0	242,5 ± 100,5	18,7 ± 46,8	224,0 ± 85,8	13,2 ± 9,2
Tag3	9,89 ± 12,70	226,9 ± 80,3	10,9 ± 13,2	219,9 ± 74,1	7,3 ± 7,4	222,9 ± 78,5	9,0 ± 7,5	212,7 ± 70,5	12,3 ± 11,2
MW	12,30 ± 12,31	231,3 ± 77,8	10,2 ± 9,9	229,3 ± 86,4	10,2 ± 12,7	225,2 ± 91,2	13,1 ± 29,4	218,3 ± 79,5	11,3 ± 9,4

Abbildung 7: Aktivität (mG) aller drei Tage im Kurvenverlauf. In der zugehörigen Tabelle sind die Mittelwerte mit Standardabweichung der Aktivität der einzelnen Abschnitte an Tag1, Tag2 und Tag3 sowie über alle Tage gemittelt (Tag1/Tag2: n = 20; Tag3: n = 19).

4.3.1. Detailbetrachtung Suchen

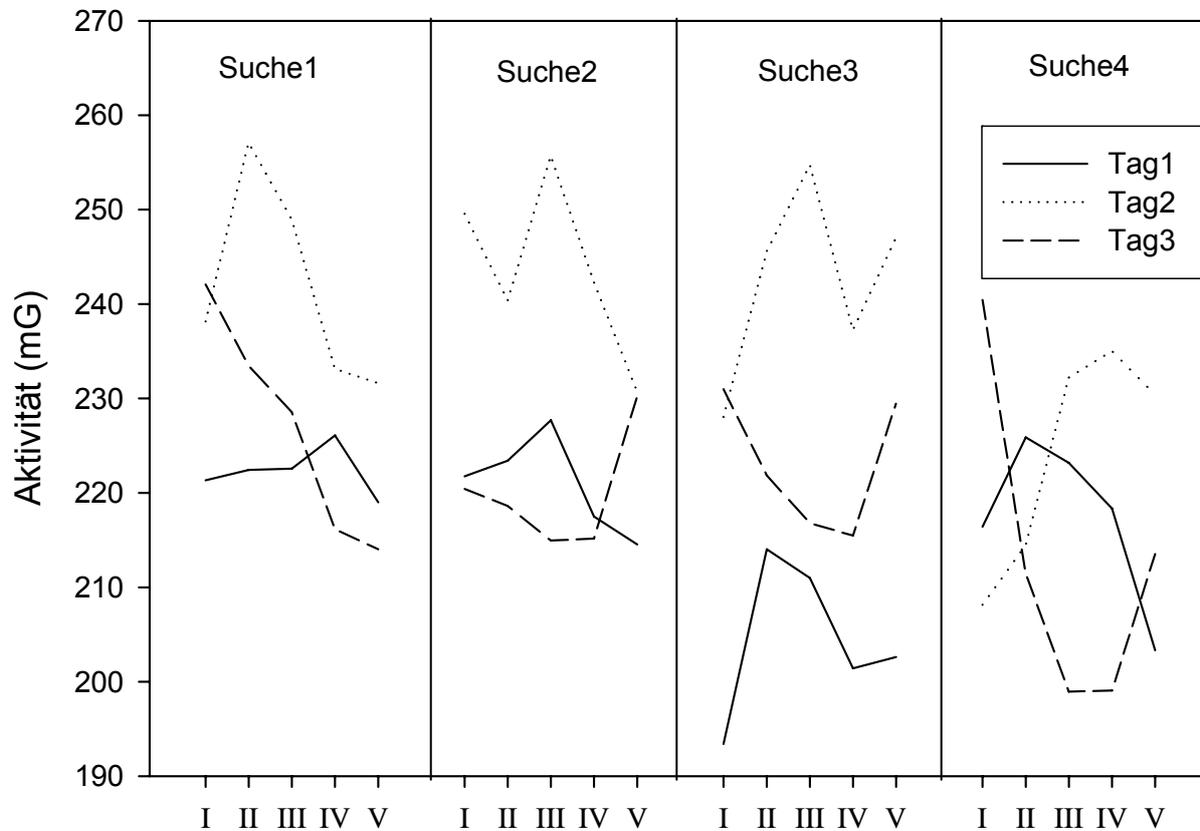


Abbildung 8: Mittlere Aktivität der Hunde (mG) während der vier 20-minütigen Suchen in 4-min-Intervallen an Tag1, Tag2 und Tag3 (Tag1/Tag2: n = 20; Tag3: n = 19).

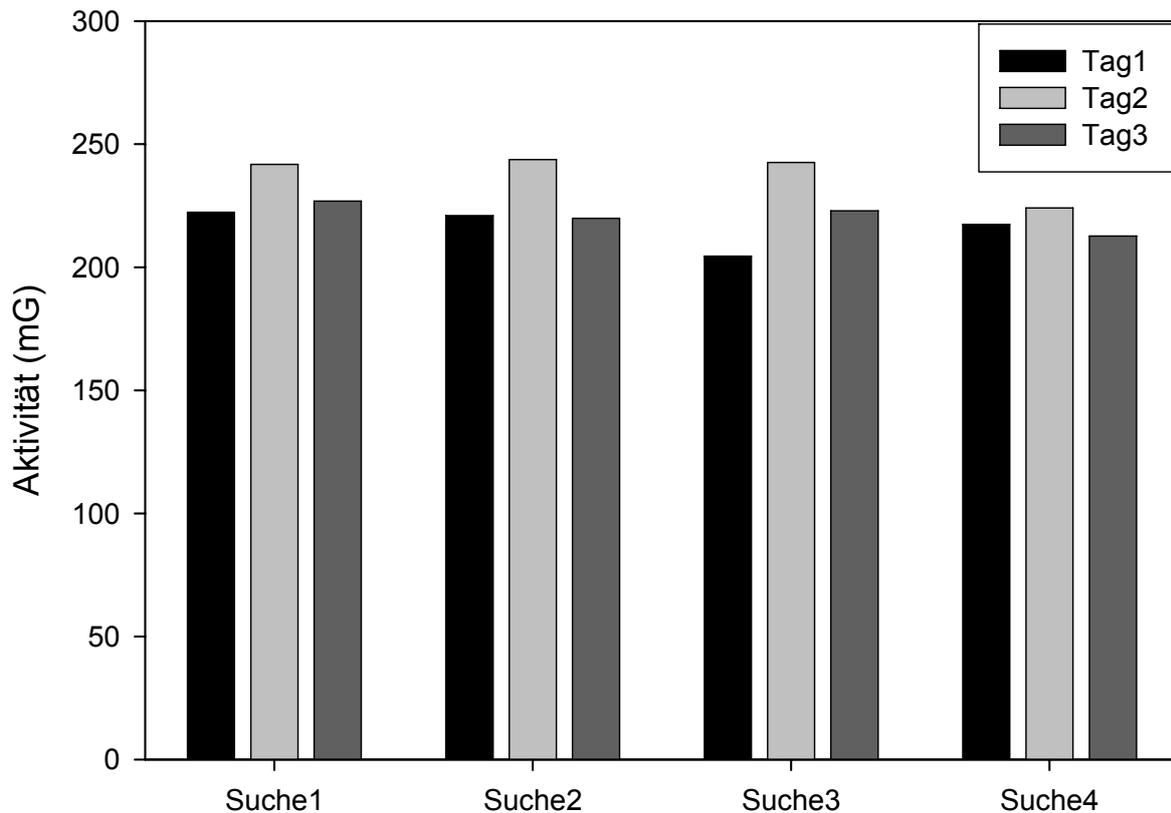


Abbildung 9: Mittlere Aktivität der Hunde (mG) während der vier 20-minütigen Suchen an Tag1, Tag2 und Tag3 (Tag1/Tag2: n = 20; Tag3: n = 19).

Tag1

An Tag1 unterschied sich die Aktivität zwischen Suche1, Suche2, Suche3 und Suche4 nicht signifikant. Unterteilt man die Suchen in 4-min-Intervalle ergibt sich ebenfalls kein signifikanter Unterschied in der Aktivität innerhalb der vier Suchen.

Tag2

An Tag2 war die Aktivität während der Suche2 signifikant ($p \leq 0,05$; 0,40 - 38,97 mG) höher als während der Suche4.

Unterteilt man die 20-minütigen Suchen in 4-min-Intervalle, war die Aktivität innerhalb der Suche1 im ersten Intervall signifikant höher ($p \leq 0,05$) als im vierten und fünften Intervall. Ein signifikanter Abfall ($p \leq 0,05$) ergab sich während der Suche3 vom dritten zum vierten Intervall (0,58 - 34,41 mG).

Tag3

Zwischen der Aktivität der einzelnen Suchen ergab sich an Tag3 kein signifikanter Unterschied.

Bei Unterteilung der Suchen in 4-min-Intervalle fiel die Aktivität der Hunde während der Suche vom ersten Intervall zum dritten, vierten und fünften Intervall signifikant ab ($p \leq 0,05$).

4.3.2. Detailbetrachtung Pausen und Erholung

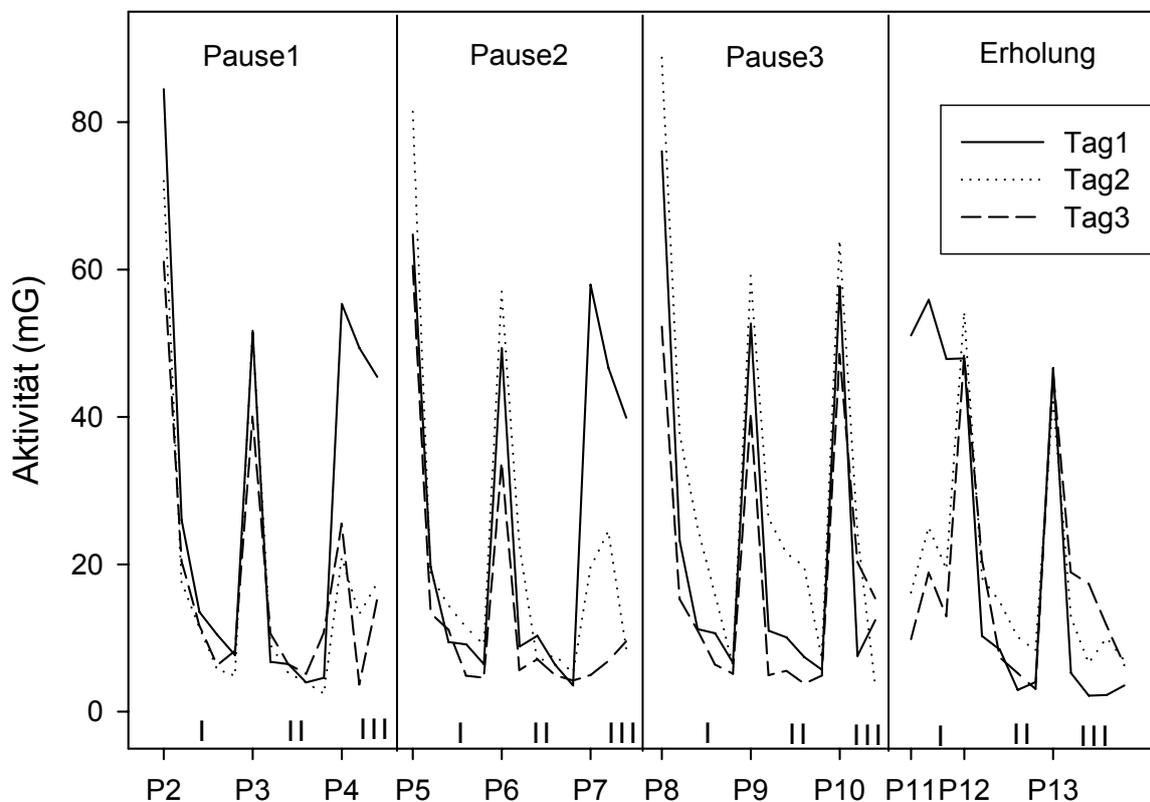


Abbildung 10: Mittlere Aktivität der Hunde (mG) während der Ruhephasen unterteilt in 3 Abschnitte an Tag1, Tag2 und Tag3. Unterschiedlich lange Zeitintervalle ergeben sich aus der Probenahmezeit – P11: 12 min, P2 bis P10 sowie P12 und P13: 4 min (Tag1/Tag2: $n = 20$; Tag3: $n = 19$).

Tag1

Die Aktivität zwischen Pause1, Pause2, Pause3 und Erholung unterschied sich nur zwischen Pause1 und Erholung signifikant ($p \leq 0,05$). Während der Pause1 war die Aktivität um 1,47 - 9,27 mG höher als während der Erholung.

Unterteilt man die Ruhephasen in drei Abschnitte (I, II, III), so fiel die Aktivität in Pause1 vom ersten Abschnitt zum zweiten Abschnitt signifikant ab ($p \leq 0,01$). Und stieg anschließend zum dritten Abschnitt wieder signifikant an ($p \leq 0,05$). Innerhalb der Erholung fiel die Aktivität vom ersten Abschnitt zum zweiten bzw. dritten Abschnitt signifikant ab ($p \leq 0,05$ bzw. $p \leq 0,01$).

Tag2

Die Aktivität zwischen Pause1, Pause2, Pause3 und Erholung unterschied sich nur zwischen Pause1 und Erholung signifikant ($p \leq 0,05$). Während der Pause1 war die Aktivität um 0,24 - 11,88 mG niedriger als während der Erholung.

Unterteilt man die Ruhephasen in drei Abschnitte, fiel die Aktivität in der Pause1 vom ersten auf den zweiten Abschnitt signifikant ($p \leq 0,05$). Während der Erholung fiel die Aktivität vom ersten zum dritten Abschnitt signifikant ab ($p \leq 0,05$).

Tag3

Die Aktivität zwischen Pause1, Pause2, Pause3 und Erholung unterschied sich an Tag3 nicht signifikant.

Bei Unterteilung der Pausen und der Erholung in drei Abschnitte kam es während der Pause3 vom ersten Abschnitt zum zweiten Abschnitt zu einem signifikanten Abfall der Aktivität ($p \leq 0,05$).

Nacht

Während der ersten Nacht (22.30 - 6.00 Uhr) zeigten die Hunde eine durchschnittliche Aktivität von $3,06 \pm 9,05$ mG. Während der zweiten Nacht lag die Aktivität bei $2,45 \pm 7,10$ mG.

Einflussfaktoren

Alter und Geschlecht

Weder das Alter noch das Geschlecht hatten über den kompletten Versuchsablauf bzw. an den einzelnen Tagen einen signifikanten Einfluss auf die Aktivität der Hunde.

Außentemperatur

Über den gesamten Versuchszeitraum gesehen hatte die Außentemperatur einen signifikanten ($p \leq 0,001$) Einfluss auf die Aktivität der Hunde. Bei einer um 1°C höheren

Außentemperatur stieg die Aktivität um 5,89 - 7,03 mG. Dieser Einfluss war an allen drei Tagen nachweisbar.

Fellstruktur

Weder über den gesamten Versuchsablauf noch an den einzelnen Tagen hatte die Fellstruktur einen signifikanten Einfluss auf die Aktivität.

Bei Einzelbetrachtung der Ruhe, Suchen, Pausen und Erholung, sowie Probenahmen ergab sich ein Einfluss der Fellstruktur nur während der Ruhe. Hier waren die Stockhaarhunde signifikant ($p \leq 0,05$) aktiver als die Kurzhaarhunde.

Größe und Gewicht

Weder über den gesamten Versuchsablauf gesehen noch an den einzelnen Tagen hatten die Größe oder das Gewicht der Hunde einen Einfluss auf deren Aktivität.

4.4. Herzfrequenz

Einen Überblick über die Herzfrequenz der Hunde während des dreitägigen Versuchsablaufs gibt Abbildung 11.

Ausgehend von der Ruhephase erfolgte an allen drei Versuchstagen ein signifikanter Anstieg ($p \leq 0,001$) der Herzfrequenz in der Suche1 mit einem signifikanten ($p \leq 0,001$) Abfall der Herzfrequenz in der Pause1. Der signifikante Herzfrequenzanstieg und -abfall wiederholte sich in den folgenden drei Suchen und Ruhephasen ($p \leq 0,001$).

Während der Probenahmen in den Pausen oder der Erholung stieg die Herzfrequenz ebenfalls signifikant ($p \leq 0,001$) um 12,65 - 17,21 bpm an.

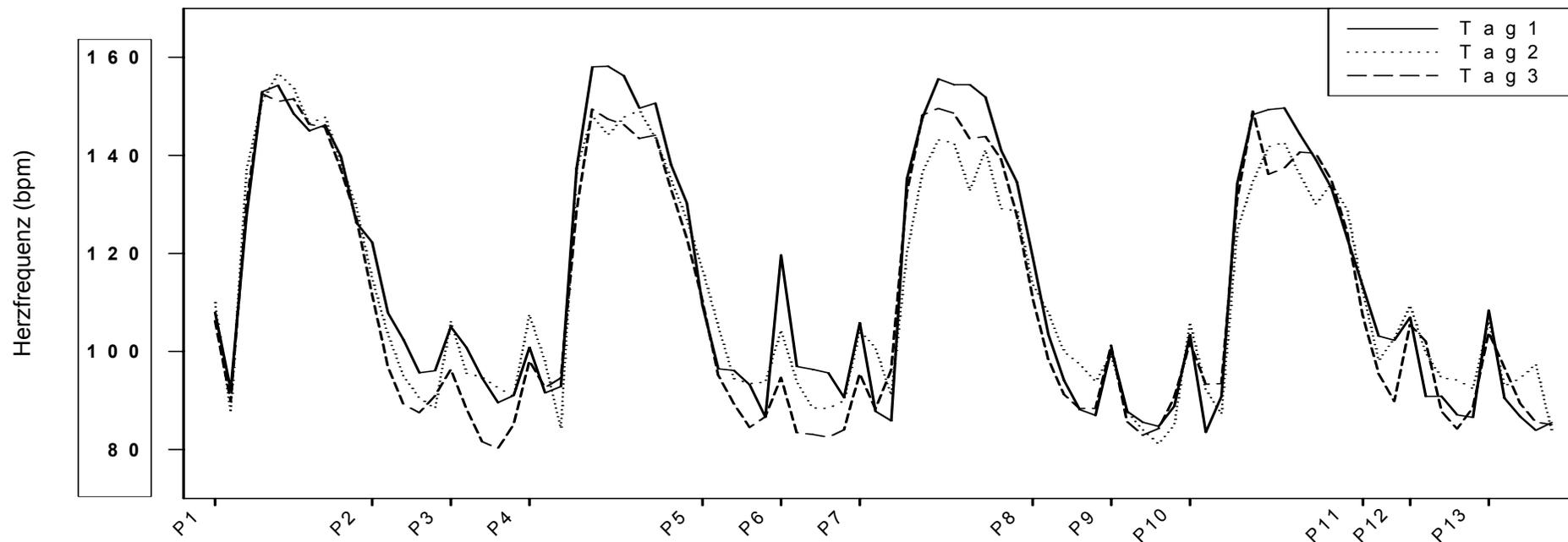
Betrachtet man die komplette Herzfrequenzkurve, so ergibt sich ein statistisch signifikanter Unterschied ($p \leq 0,001$) zwischen den drei Versuchstagen. An Tag3 lag die Herzfrequenz um 2,88 - 7,66 bpm niedriger als an Tag1 und um 2,00 - 6,75 bpm niedriger als an Tag2.

Bei Unterteilung der Herzfrequenzkurve in neun Zeitabschnitte (Ruhe, Suche1, Pause1, Suche2, Pause2, Suche3, Pause3, Suche4, Erholung) zeigten sich auch signifikante Unterschiede zwischen den Versuchstagen.

So lag die Herzfrequenz während der Suchen an Tag1 signifikant ($p \leq 0,001$) über der Herzfrequenz an den beiden anderen Tagen. Die Herzfrequenz war dabei an Tag1 um 3,52 - 9,16 bpm höher als an Tag2 und um 2,81 - 7,97 bpm höher als an Tag3.

Während der Pausen und in der Erholung lag die Herzfrequenz an Tag3 signifikant ($p \leq 0,001$) um 3,37 - 7,51 bpm niedriger als an Tag1 und um 3,67 - 7,81 bpm niedriger als an Tag2.

Die Herzfrequenz während der Probenahmen unterschied sich an den drei Tagen signifikant ($p \leq 0,001$) voneinander. An Tag3 war die Herzfrequenz um 4,44 - 10,62 bpm niedriger als an Tag1 und um 3,13 - 9,32 bpm niedriger als an Tag2. Der Abfall der Herzfrequenz von der Suche zum ersten Abschnitt der Pause oder Erholung war stets signifikant ($p \leq 0,001$).



	Ruhe	Suche1	Pause1	Suche2	Pause2	Suche3	Pause3	Suche4	Erholung
Tag1	92,2 ± 24,6	149,4 ± 27,0	98,7 ± 29,9	158,2 ± 21,7	93,7 ± 22,1	152,8 ± 22,0	89,5 ± 20,8	146,2 ± 15,8	90,8 ± 22,0
Tag2	87,6 ± 25,4	151,2 ± 21,4	94,5 ± 25,4	146,6 ± 19,2	93,6 ± 27,1	139,2 ± 27,4	91,6 ± 22,3	137,0 ± 26,2	95,2 ± 16,8
Tag3	89,8 ± 24,7	143,5 ± 13,8	88,5 ± 15,5	143,5 ± 13,8	86,9 ± 16,0	140,8 ± 19,6	89,5 ± 15,5	140,8 ± 19,6	90,1 ± 15,8
MW	89,9 ± 24,5	150,1 ± 22,3	93,9 ± 24,3	148,8 ± 18,8	91,3 ± 21,9	146,2 ± 22,7	90,2 ± 19,3	141,2 ± 20,9	91,9 ± 18,2

Abbildung 11: Herzfrequenz (bpm) aller drei Tage im Kurvenverlauf. In der zugehörigen Tabelle sind die Mittelwerte mit Standardabweichung der Herzfrequenz der einzelnen Abschnitte an Tag1, Tag2 und Tag3 sowie über alle Tage gemittelt (Tag1/Tag2: n = 20; Tag3: n = 19). Der Referenzbereich ist umrahmt.

4.4.1. Detailbetrachtung Suchen

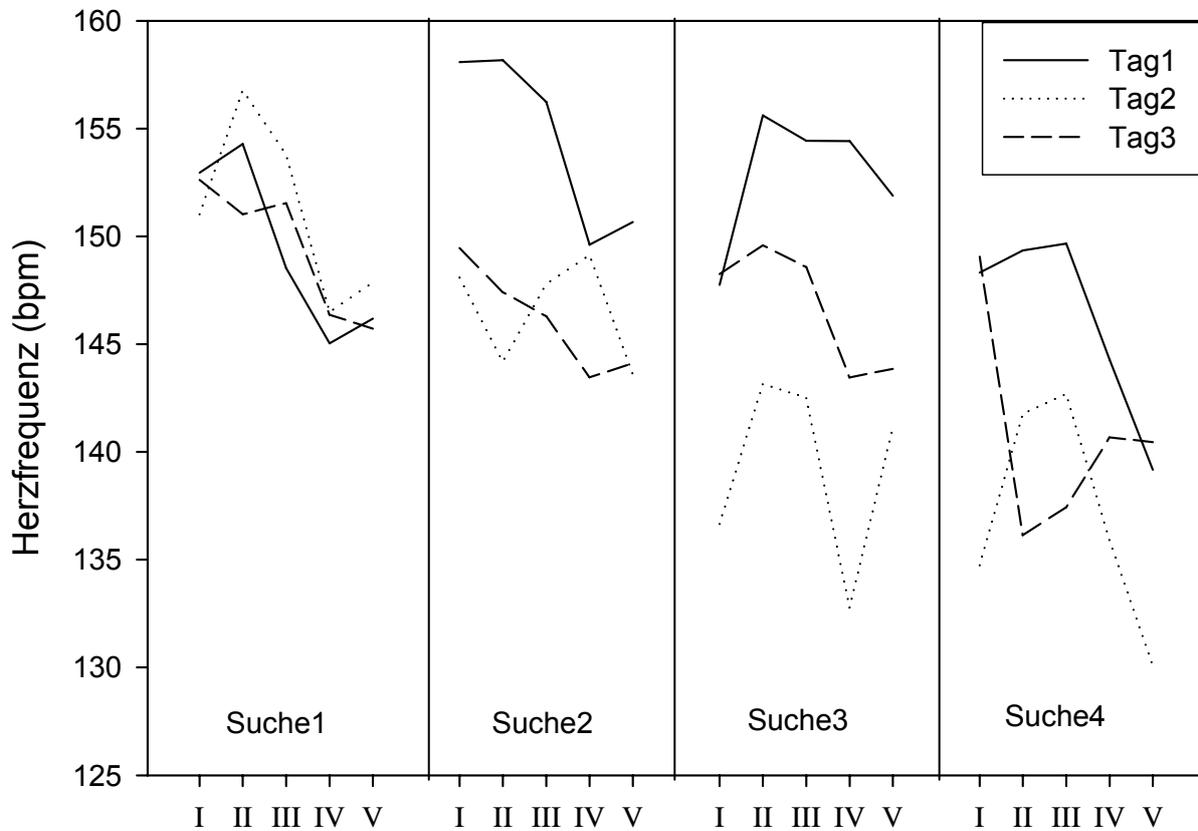


Abbildung 12: Mittlere Herzfrequenz der Hunde (bpm) während der vier 20-minütigen Suchen in 4-min-Intervallen an Tag1, Tag2 und Tag3. Die unterschiedlich langen Zeitintervalle ergeben sich aus der Probenahmezeit – P11: 12 min, P2 bis P10 sowie P12 und P13: 4 min (Tag1/Tag2: n = 20; Tag3: n = 19).

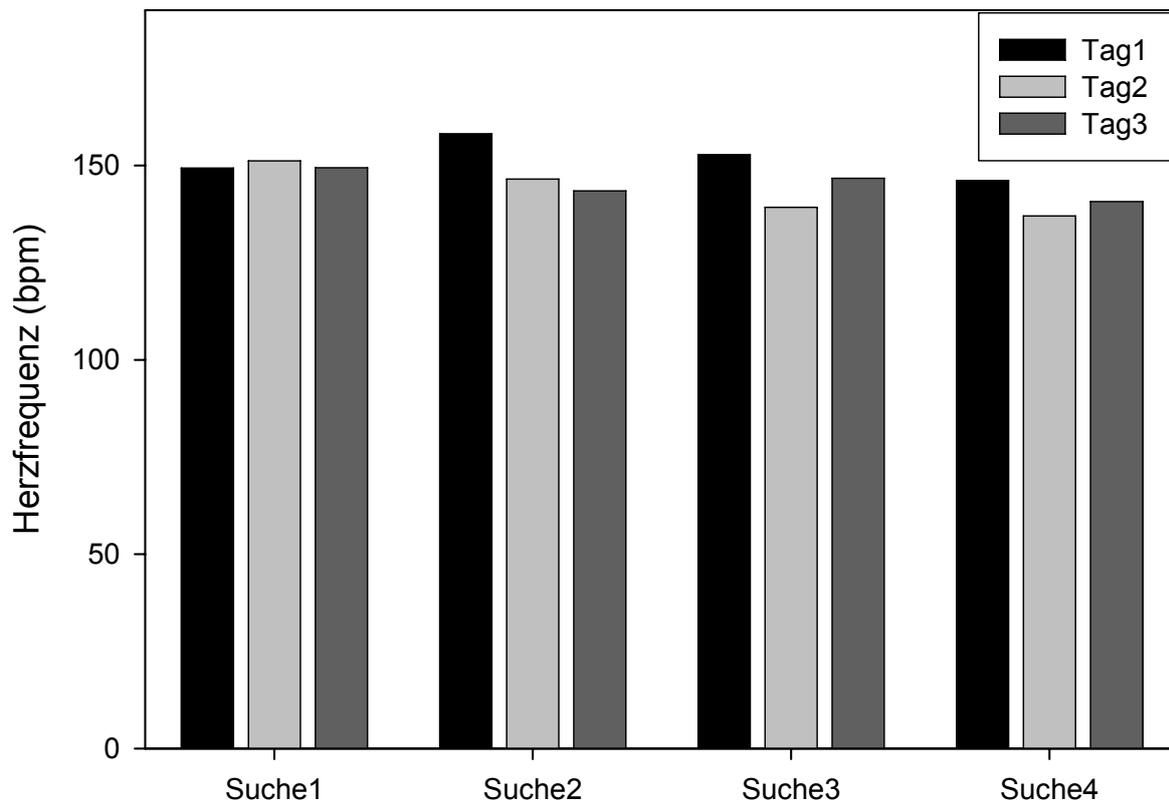


Abbildung 13: Mittlere Herzfrequenz der Hunde (bpm) während der vier 20-minütigen Suchen an Tag1, Tag2 und Tag3 (Tag1/Tag2: n = 20; Tag3: n = 19).

Tag1

Die Herzfrequenz während der Suche1, Suche2, Suche3 und Suche4 unterschied sich an Tag1 nicht signifikant voneinander.

Unterteilt man die 20-minütigen Suchen in 4-min-Intervalle, dann fiel die Herzfrequenz während der Suche2 vom zweiten zum fünften Intervall signifikant ab ($p \leq 0,05$). Während der Suche4 war die Herzfrequenz im fünften Intervall signifikant niedriger als in den anderen Intervallen (erstes, drittes Intervall $p \leq 0,05$; zweites, viertes Intervall $p \leq 0,01$).

Tag2

Die Herzfrequenz während der Suche1 lag signifikant höher als während der Suche4 ($p \leq 0,05$).

Unterteilt man die vier Suchen in 4-min-Intervalle, dann war die Herzfrequenz der Suche1 im zweiten Intervall signifikant höher als im vierten ($p \leq 0,05$) und fünften

($p \leq 0,01$) Intervall und im dritten Intervall signifikant ($p \leq 0,05$) höher als im vierten Intervall. Während der Suche3 war die Herzfrequenz im zweiten und dritten Intervall signifikant ($p \leq 0,05$) höher als im vierten Intervall. Die Herzfrequenz während der Suche4 war im fünften Intervall signifikant niedriger als im zweiten ($p \leq 0,05$) und dritten ($p \leq 0,01$) Intervall.

Tag3

Die Herzfrequenz während der Suche3 war signifikant ($p \leq 0,05$) höher als während Suche4.

Bei Unterteilung der Suchen in 4-min-Intervalle ergab sich während der Suche4 im ersten Intervall eine signifikant höhere Herzfrequenz als in den restlichen Intervallen (zweites Intervall $p \leq 0,01$; drittes, viertes und fünftes Intervall $p \leq 0,05$).

4.4.2. Detailbetrachtung Pausen und Erholung

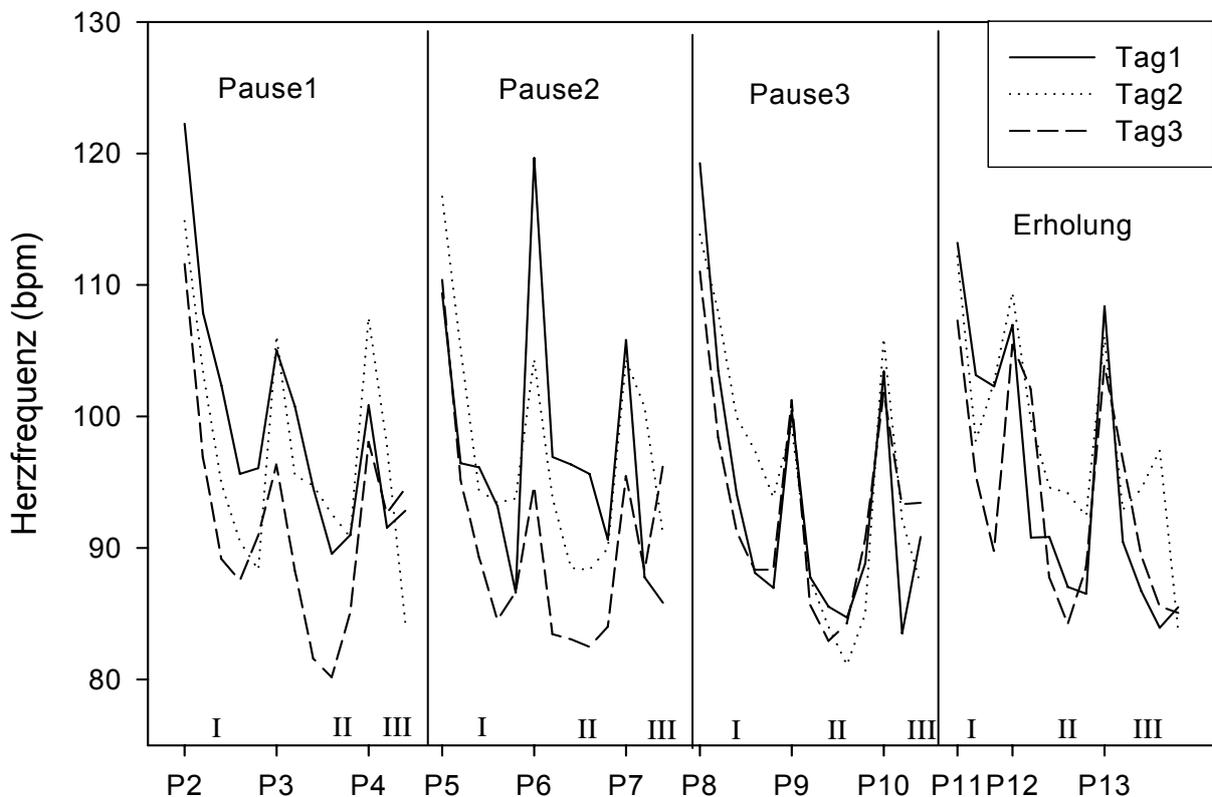


Abbildung 14: Mittlere Herzfrequenz der Hunde (bpm) während der Ruhephasen unterteilt in 3 Abschnitte an Tag1, Tag2 und Tag3 (Tag1/Tag2: $n = 20$; Tag3: $n = 19$).

Tag1

Die Herzfrequenz unterschied sich zwischen Pause1, Pause2, Pause3 und Erholung nicht signifikant.

Bei Unterteilung der Ruhephasen in drei Abschnitte (I, II, III) ergab sich während der Pause3 im ersten Abschnitt eine signifikant ($p \leq 0,05$) höhere Herzfrequenz als im zweiten und dritten Abschnitt. Auch während der Erholung war die Herzfrequenz während des ersten Abschnitts signifikant höher ($p \leq 0,05$) als während des zweiten und dritten Abschnitts.

Die Ausgangsherzfrequenz während der Ruhe war bereits innerhalb des ersten Abschnitts der Pausen bzw. der Erholung wieder erreicht.

Tag2

Die Herzfrequenz unterschied sich zwischen Pause1, Pause2, Pause3 und Erholung nicht signifikant.

Bei Unterteilung der Ruhephasen in drei Abschnitte war die Herzfrequenz während der Pause3 im ersten Abschnitt signifikant ($p \leq 0,05$) höher als in den beiden folgenden Abschnitten.

Die Ausgangsherzfrequenz während der Ruhe war innerhalb des ersten Abschnitts der Pause2 bzw. des zweiten Abschnitts der Pause1, Pause3 und der Erholung wieder erreicht.

Tag3

Die Herzfrequenz unterschied sich zwischen Pause1, Pause2, Pause3 und Erholung nicht signifikant.

Unterteilt man die Ruhephasen in drei Abschnitte, war die Herzfrequenz während der Pause1 und Pause2 im ersten Abschnitt signifikant höher ($p \leq 0,01$) als im zweiten Abschnitt und stieg von diesem zum dritten Abschnitt wieder signifikant an (Suche1 $p \leq 0,05$, Suche2 $p \leq 0,01$).

Die Ausgangsherzfrequenz während der Ruhe war innerhalb des ersten Abschnitts der Pausen (Pause1 Pause2, Pause3) bzw. der Erholung wieder erreicht.

Einflussfaktoren

Aktivität

Über den gesamten Versuchsablauf gesehen hatte die Aktivität einen signifikanten ($p \leq 0,001$) Einfluss auf die Herzfrequenz. Bei einer um 10 mG höheren Aktivität lag die Herzfrequenz um 2,10 - 2,24 bpm höher. Dieser Einfluss war an allen drei Tagen nachweisbar.

Bei Unterteilung der Herzfrequenzkurve in die neun Zeitabschnitte ließ sich ein signifikanter Einfluss ($p \leq 0,01$) der Aktivität auf die Herzfrequenz während der Ruhephasen (Ruhe, Pause1, Pause2, Pause3, Erholung) nachweisen. Eine um 10 mG höhere Aktivität bedingte während der Ruhe eine um 2,44 - 13,98 mG höhere Herzfrequenz und während der Pausen und Erholung eine um 1,40 - 2,17 bpm höhere Herzfrequenz.

Körpertemperatur

Über den gesamten Versuchsablauf gesehen hatte die Körpertemperatur einen signifikanten ($p \leq 0,001$) Einfluss auf die Herzfrequenz. Bei einer um $0,1^\circ\text{C}$ höheren Körpertemperatur war die Herzfrequenz um 1,11 - 1,87 bpm höher. Dieser Einfluss war an allen drei Tagen gegeben.

Bei Unterteilung der Herzfrequenzkurve in neun Zeitabschnitte zeigte sich ein signifikanter Einfluss ($p \leq 0,001$) der Körpertemperatur nur während der Pausen, der Erholung und den Probenahmen. War die Körpertemperatur um $0,1^\circ\text{C}$ höher, lag die Herzfrequenz während der Pausen und der Erholung um 0,58 - 1,48 bpm, während der Probenahmen um 0,79 - 1,57 bpm höher.

Alter und Geschlecht

Weder über den gesamten Versuchsablauf noch an den einzelnen Tagen hatten das Alter oder das Geschlecht einen signifikanten Einfluss auf die Herzfrequenz der Hunde.

Außentemperatur

Über den gesamten Versuchsablauf gesehen hatte die Außentemperatur einen signifikanten ($p \leq 0,001$) Einfluss auf die Herzfrequenz. Eine um 1°C höhere Außentemperatur bedingte eine um 0,92 - 1,31 bpm höhere Herzfrequenz. Dieser Einfluss ergab sich an allen drei Tagen.

Fellstruktur

Weder über den gesamten Versuchsablauf noch an den einzelnen Tagen hatte die Fellstruktur einen signifikanten Einfluss auf die Herzfrequenz.

Größe und Gewicht

Über den gesamten Versuchsablauf, sowie auch für die einzelnen Tage ergab sich weder für die Größe noch für das Gewicht ein signifikanter Einfluss auf die Herzfrequenz.

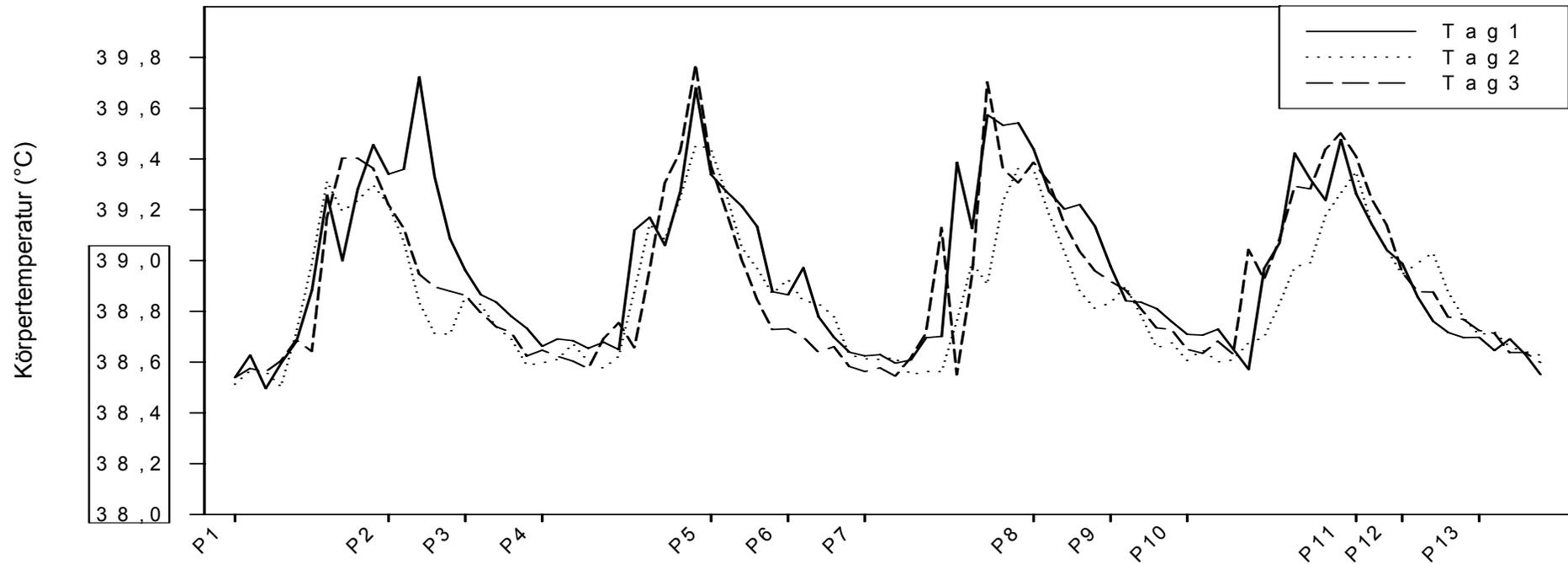
4.5. Körpertemperatur

Einen Überblick über die Körpertemperaturkurve der Hunde während des dreitägigen Versuchsablaufs gibt Abbildung 15.

Ausgehend von den Ruhephasen erfolgte an allen drei Versuchstagen ein signifikanter Anstieg ($p \leq 0,001$) der Körpertemperatur während der Suche¹ mit einem signifikanten Abfall ($p \leq 0,001$) der Körpertemperatur während der Pause¹. Der signifikante Körpertemperatur-Anstieg und -Abfall wiederholte sich in den folgenden drei Suchen und Ruhephasen.

Während der Probenahmen in den Pausen und der Erholung lag die Körpertemperatur signifikant ($p \leq 0,001$) um 0,06 - 0,12°C höher als in den Pausen und der Erholung.

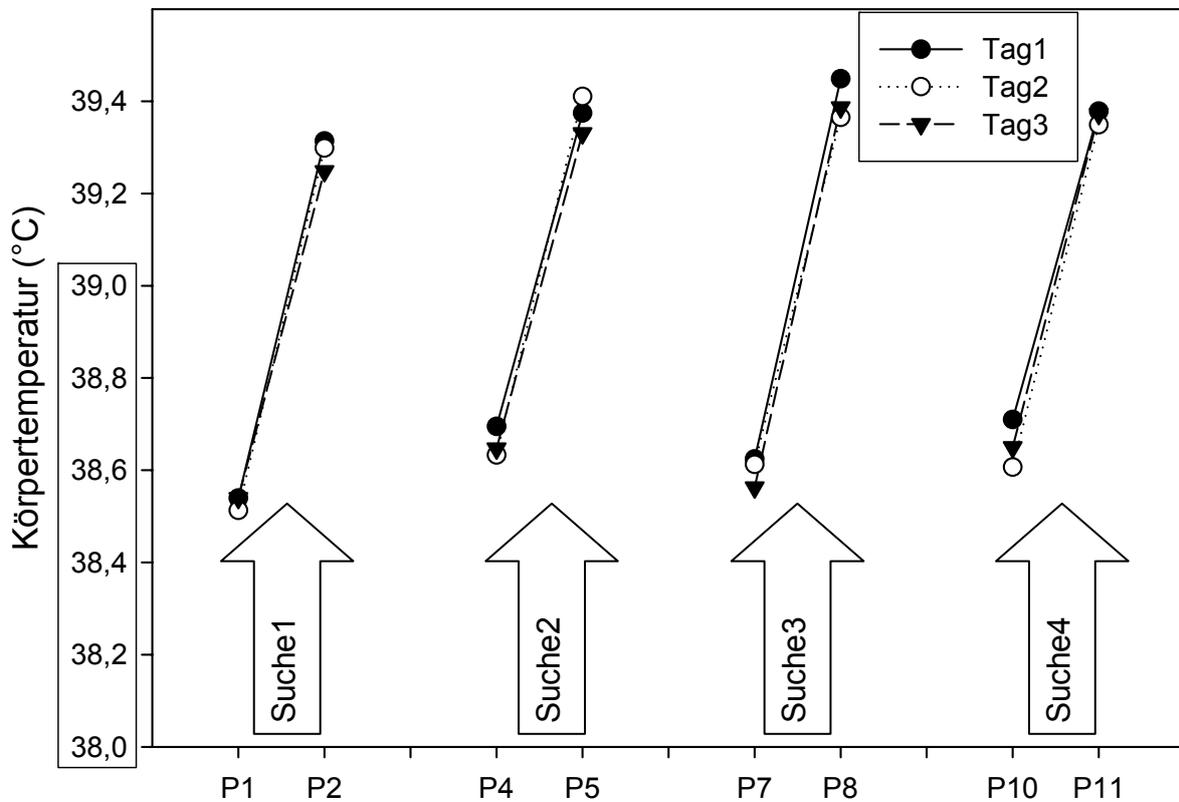
Die Körpertemperaturkurven unterschieden sich an den drei Tagen nicht signifikant. Auch bei Unterteilung der Körpertemperaturkurven in die neun Zeitabschnitte ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei Tagen.



	Ruhe	Suche1	Pause1	Suche2	Pause2	Suche3	Pause3	Suche4	Erholung
Tag1	38,63 ± 0,23	38,88 ± 0,36	38,80 ± 0,26	38,94 ± 0,24	38,80 ± 0,37	39,10 ± 0,45	38,83 ± 0,38	39,07 ± 0,38	38,81 ± 0,33
Tag2	38,57 ± 0,36	38,94 ± 0,31	38,81 ± 0,33	38,86 ± 0,31	38,80 ± 0,35	38,76 ± 0,23	38,79 ± 0,33	38,83 ± 0,20	38,81 ± 0,24
Tag3	38,58 ± 0,23	38,90 ± 0,43	38,71 ± 0,20	38,87 ± 0,36	38,69 ± 0,22	39,01 ± 0,43	38,87 ± 0,25	39,13 ± 0,32	38,76 ± 0,32

Abbildung 15: Körpertemperatur (°C) aller drei Tage im Kurvenverlauf. In der zugehörigen Tabelle sind die Mittelwerte mit Standardabweichung der Körpertemperatur der einzelnen Abschnitte an Tag1, Tag2 und Tag3 sowie über alle drei Tage gemittelt (Tag1/Tag2: n = 20; Tag3: n = 19). Der Referenzbereich ist umrahmt.

4.5.1. Detailbetrachtung Suchen



		Suche1	Suche2	Suche3	Suche4
Tag1	Vor	38,54 ± 0,25	38,66 ± 0,21	38,62 ± 0,26	38,71 ± 0,30
	Nach	39,34 ± 0,36	39,34 ± 0,49	39,44 ± 0,53	39,26 ± 0,30
Tag2	Vor	38,51 ± 0,30	38,60 ± 0,29	38,61 ± 0,31	38,61 ± 0,26
	Nach	39,22 ± 0,39	39,44 ± 0,30	39,36 ± 0,31	39,35 ± 0,23
Tag3	Vor	38,54 ± 0,25	38,65 ± 0,21	38,56 ± 0,20	38,65 ± 0,20
	Nach	39,22 ± 0,33	39,37 ± 0,31	39,39 ± 0,45	39,41 ± 0,33

Abbildung 16: Mittlere Körpertemperatur und Standardabweichung (°C) zu den Probenahmezeitpunkten direkt vor und nach der Suche an Tag1, Tag2 und Tag3 (Tag1/Tag2: n = 20; Tag3: n = 19). Der Referenzbereich ist umrahmt.

Eine Detailbetrachtung der Körpertemperatur während der Suchen war wegen der häufigen Datenverluste aufgrund der zu weiten Entfernung vom Empfangsmonitor nicht möglich.

Die Belastungskörpertemperatur nach den Suchen lag im Mittel bei $39,32 \pm 0,35^\circ\text{C}$ und unterschied sich weder zwischen den vier Suchen eines Tages noch zwischen den drei Versuchstagen signifikant.

4.5.2. Detailbetrachtung Pausen und Erholung

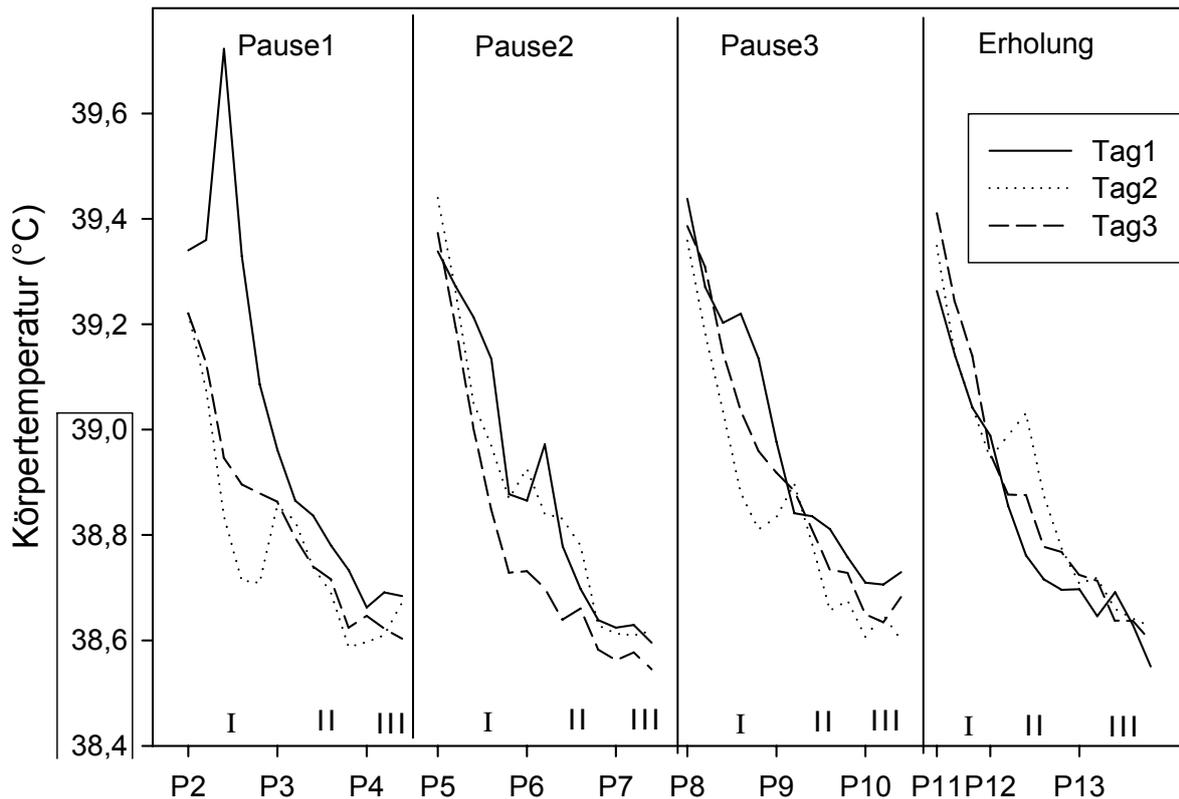


Abbildung 17: Mittlere Körpertemperatur ($^\circ\text{C}$) während der Pausen und der Erholung in 3 Abschnitten an Tag1, Tag2 und Tag3 (Tag1/Tag2: $n = 20$; Tag3: $n = 19$). Referenzbereich ist umrahmt.

Tag1

Die Körpertemperaturkurve zwischen Pause1, Pause2, Pause3 und der Erholung unterschied sich nicht signifikant.

Unterteilt man die Pausen bzw. die Erholung in drei Abschnitte, so fiel während der Pause1, Pause2, Pause3, sowie der Erholung die Körpertemperatur vom ersten zum dritten Abschnitt stets signifikant ab ($p \leq 0,001$). Während der Pause2, Pause3 und der Erholung fiel die Körpertemperatur zusätzlich vom zweiten auf den dritten Abschnitt

signifikant ab ($p \leq 0,001$). Während der Pause3 und der Erholung war auch der Abfall vom ersten auf den zweiten Abschnitt signifikant ($p \leq 0,001$).

Die Ausgangskörpertemperatur während der Ruhe wurde im ersten (Pause2, Pause3) oder zweiten Abschnitt (Pause1, Erholung) wieder erreicht.

Tag2

Die Körpertemperaturkurve zwischen Pause1, Pause2, Pause3 und der Erholung unterschied sich nicht signifikant.

Bei Unterteilung der Pausen und der Erholung in drei Abschnitte fiel die Körpertemperatur während der Pause1, Pause2 und der Erholung von Abschnitt zu Abschnitt signifikant ab ($p \leq 0,01$). Während der Pause3 fiel die Körpertemperatur nur vom ersten auf den zweiten Abschnitt signifikant ab ($p \leq 0,001$).

Die Ausgangskörpertemperatur während der Ruhe wurde innerhalb des zweiten Abschnitts der Pause (Pause1, Pause2, Pause3) und der Erholung wieder erreicht.

Tag3

Während der Pause1 lag die Körpertemperatur signifikant ($p \leq 0,001$) niedriger als in der Erholung. Während der Pause2 war die Körpertemperatur signifikant ($p \leq 0,001$) niedriger als in der Pause3.

Unterteilt man die Pausen und die Erholung in drei Abschnitte so fiel die Körpertemperatur während Pause1, Pause2, Pause3 und der Erholung von Abschnitt zu Abschnitt signifikant ($p \leq 0,01$ bzw. $p \leq 0,001$) ab.

Die Ausgangskörpertemperatur während der Ruhe wurde im ersten (Pause1) oder zweiten Abschnitt (Pause2, Pause3, Erholung) wieder erreicht.

Einflussfaktoren

Alter und Geschlecht

Weder über den gesamten Versuchsablauf noch an den einzelnen Tagen hatten das Alter oder das Geschlecht einen signifikanten Einfluss auf die Körpertemperatur.

Außentemperatur

Über den gesamten Versuchsablauf gesehen hatte die Außentemperatur einen signifikanten Einfluss ($p \leq 0,001$) auf die Körpertemperatur. Eine um 1°C höhere Außentemperatur bedingte eine um $0,004 - 0,01^\circ\text{C}$ höhere Körpertemperatur.

Bei Einzelbetrachtung der neun Zeitabschnitte zeigte sich der signifikante Einfluss nur während der Pausen und Erholung ($p \leq 0,001$) sowie den Probenahmen ($p \leq 0,01$). Eine um 1°C höhere Außentemperatur bedingte während der Pausen (Pause1, Pause2, Pause3) und der Erholung eine um $0,004 - 0,011^\circ\text{C}$, während der Probenahmen um $0,002 - 0,016^\circ\text{C}$ höhere Körpertemperatur.

Größe und Gewicht

Über den gesamten Versuchsablauf gesehen hatten weder die Größe noch das Gewicht der Hunde einen Einfluss auf die Körpertemperatur.

Bei Einzelbetrachtung der neun Zeitabschnitte zeigte sich ein signifikanter Einfluss ($p \leq 0,05$) des Gewichts auf die Körpertemperatur während der Pausen (Pause1, Pause2, Pause3) und der Erholung. Ein um 1 kg höheres Körpergewicht bedingte eine um $0,001 - 0,031^\circ\text{C}$ höhere Körpertemperatur.

Fellstruktur

Weder über den gesamten Versuchsablauf noch an den einzelnen Tagen ergab sich ein signifikanter Einfluss der Fellstruktur auf die Körpertemperatur.

4.6. Speichelkortisol

Einen Überblick über die Speichelkortisolkonzentration zu den 13 Probenahmezeitpunkten gibt Abbildung 18.

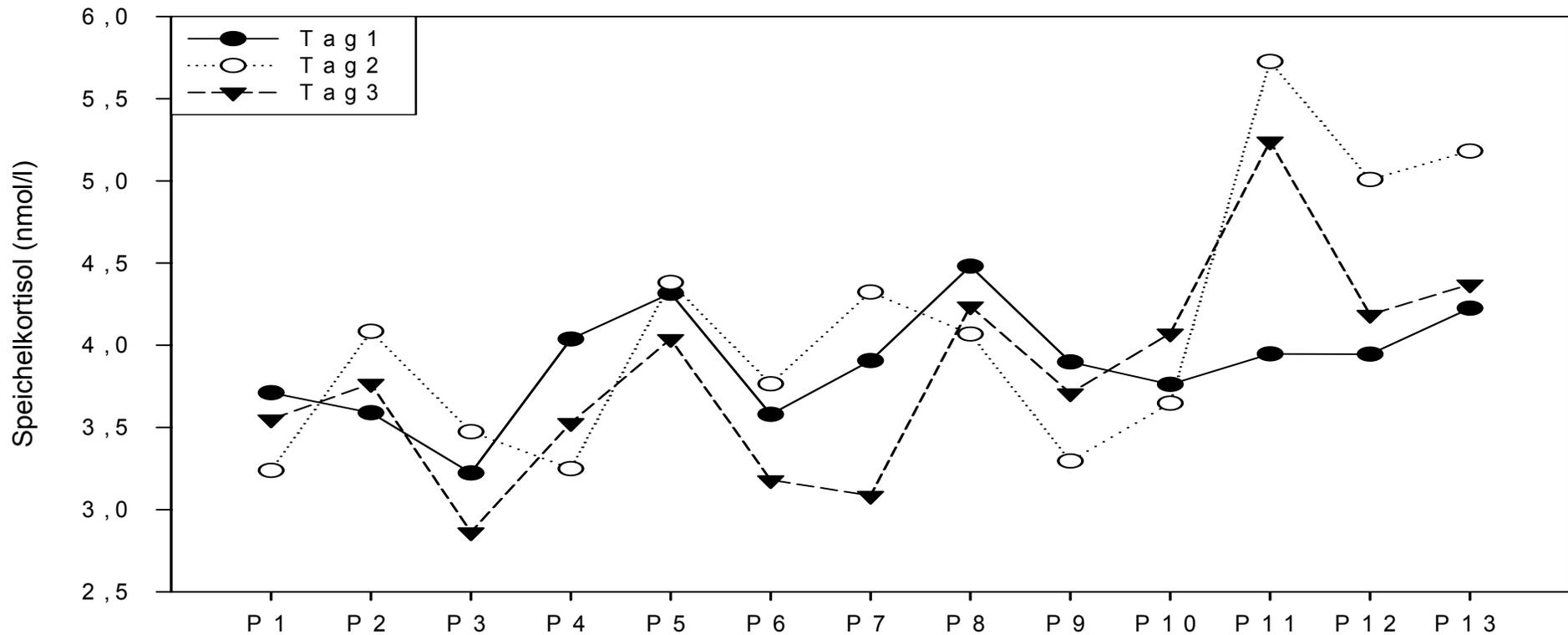
Qualitätskontrolle des Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA)

Die Präzision der Methode wurde durch den unten angegebenen interspezifischen Variationskoeffizienten bei caninen Speichelproben überprüft.

Tabelle 5: Interspezifischer Variationskoeffizient (VK) in Abhängigkeit von der Kortisolkonzentrationen in caninen Speichelproben; MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung; N = Anzahl der ELISA-Platten

Interspezifische Variation	MW (nmol/l)	SD	N	VK (%)
Pool canin Speichel	1,49	0,16	7	10,86

Der Kurvenverlauf der Speichelkortisolkonzentration ist an Tag1, Tag2 und Tag3 sehr ähnlich und unterscheidet sich im gemischten Modell nicht signifikant voneinander. An allen drei Versuchstagen starten die Hunde mit einer Speichelkortisolkonzentration zwischen $3,24 \pm 1,32$ nmol/l und $3,71 \pm 2,04$ nmol/l. Bei den Probenahmen unmittelbar nach den Suchen kam es stets zu einem Anstieg (Ausnahmen: Tag1: P2, Tag2: P8) und im Anschluss daran zu einem Abfall der Kortisolkonzentration. Der deutlichste Unterschied im Kurvenverlauf zeigte sich nach der vierten Suche. Während am Tag1 die Speichelkortisolkonzentration nach der vierten Suche nicht mehr anstieg, konnte an Tag2 und Tag3 ein signifikanter Anstieg ($p \leq 0,05$) der Speichelkortisolkonzentration mit den Maxima der drei Versuchstage (Tag2: $5,73 \pm 3,49$ nmol/l; Tag3: $5,24 \pm 3,06$ nmol/l) beobachtet werden.



	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13
Tag1 (nmol/l)	3,71 ± 2,04	3,59 ± 1,44	3,22 ± 1,52	4,04 ± 1,89	4,32 ± 2,21	3,58 ± 1,57	3,91 ± 1,99	4,48 ± 1,89	3,90 ± 2,47	3,76 ± 1,38	3,95 ± 1,72	3,95 ± 1,60	4,23 ± 1,95
Tag2 (nmol/l)	3,24 ± 1,32	4,08 ± 1,98	3,47 ± 1,59	3,25 ± 1,74	4,38 ± 4,30	3,76 ± 2,39	4,32 ± 2,36	4,07 ± 2,12	3,30 ± 1,87	3,65 ± 1,25	5,73 ± 3,49	5,01 ± 3,96	5,18 ± 4,25
Tag3 (nmol/l)	3,55 ± 1,68	3,77 ± 1,82	2,86 ± 1,19	3,53 ± 1,75	4,04 ± 2,11	3,18 ± 1,60	3,09 ± 1,17	4,24 ± 2,48	3,71 ± 1,75	4,07 ± 2,11	5,24 ± 3,06	4,19 ± 1,96	4,37 ± 2,44

Abbildung 18: Mittlere Speichelkortisolkonzentration (nmol/l) mit Standardabweichung zu den dreizehn Probenahmezeitpunkten an Tag1, Tag2 und Tag3 (Tag1/Tag2: n = 20; Tag3: n = 19).

Der Kurvenverlauf der über Tag1, Tag2 und Tag3 gemittelten Speichelkortisolkonzentration (siehe Abbildung 19) zeigt die signifikanten Anstiege der Speichelkortisolkonzentration nach den Suchen und den signifikanten Abfall der Kortisolkonzentration nach 20 - minütiger Pause.

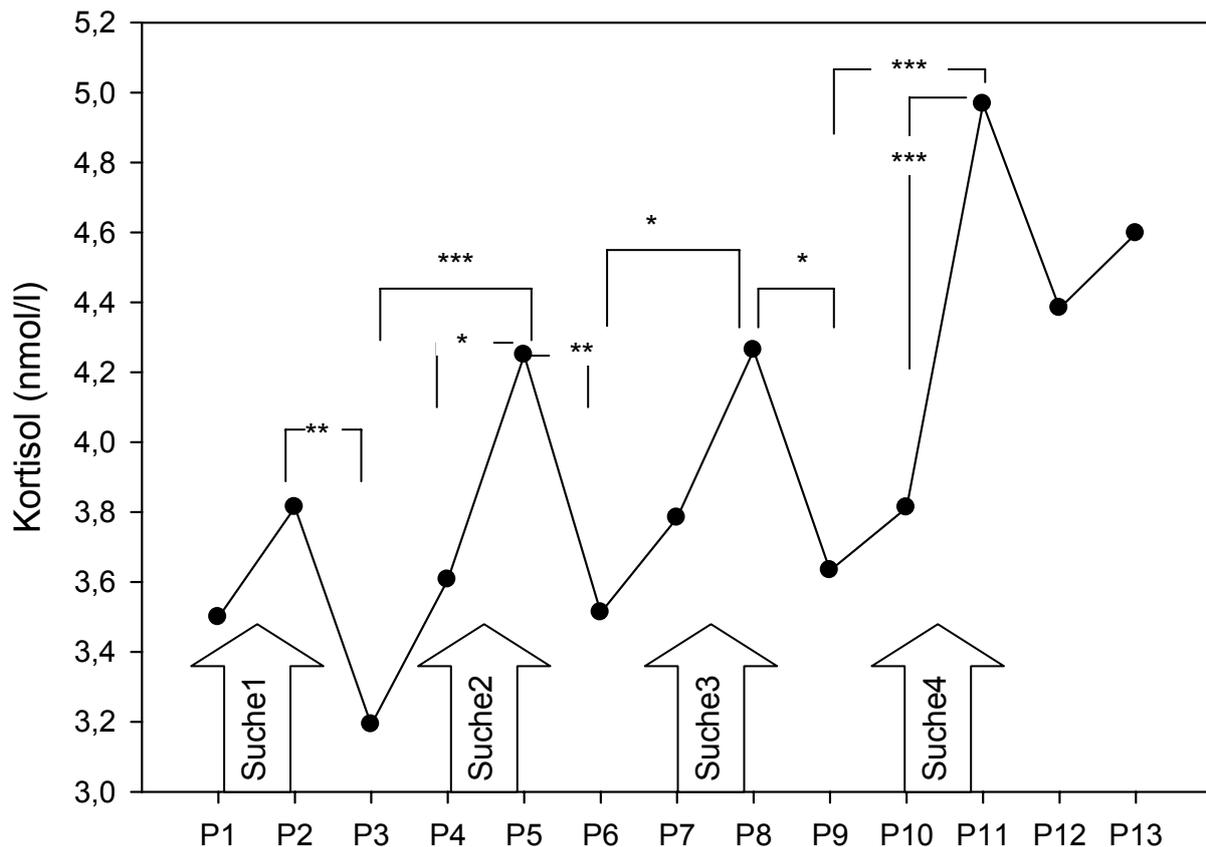


Abbildung 19: Mittlere Speichelkortisolkonzentration (nmol/l) zu den 13 Probenahmezeitpunkten gemittelt über Tag1, Tag2 und Tag3 (Tag1/Tag2: n = 20, Tag3: n = 19; * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$).

Einflussfaktoren

Alter und Geschlecht

Weder über den gesamten Versuchsablauf noch an den einzelnen Versuchstagen ergab sich ein signifikanter Einfluss des Alters oder des Geschlechts auf die Speichelkortisolkonzentration.

Außentemperatur

Während des gesamten Versuchsablaufs zeigte sich ein signifikanter Einfluss ($p \leq 0,001$) der Außentemperatur auf die Speichelkortisolkonzentration. Bei einer um 1°C höheren Außentemperatur war die Speichelkortisolkonzentration um $0,06 - 0,12 \text{ nmol/l}$ geringer.

Größe und Gewicht

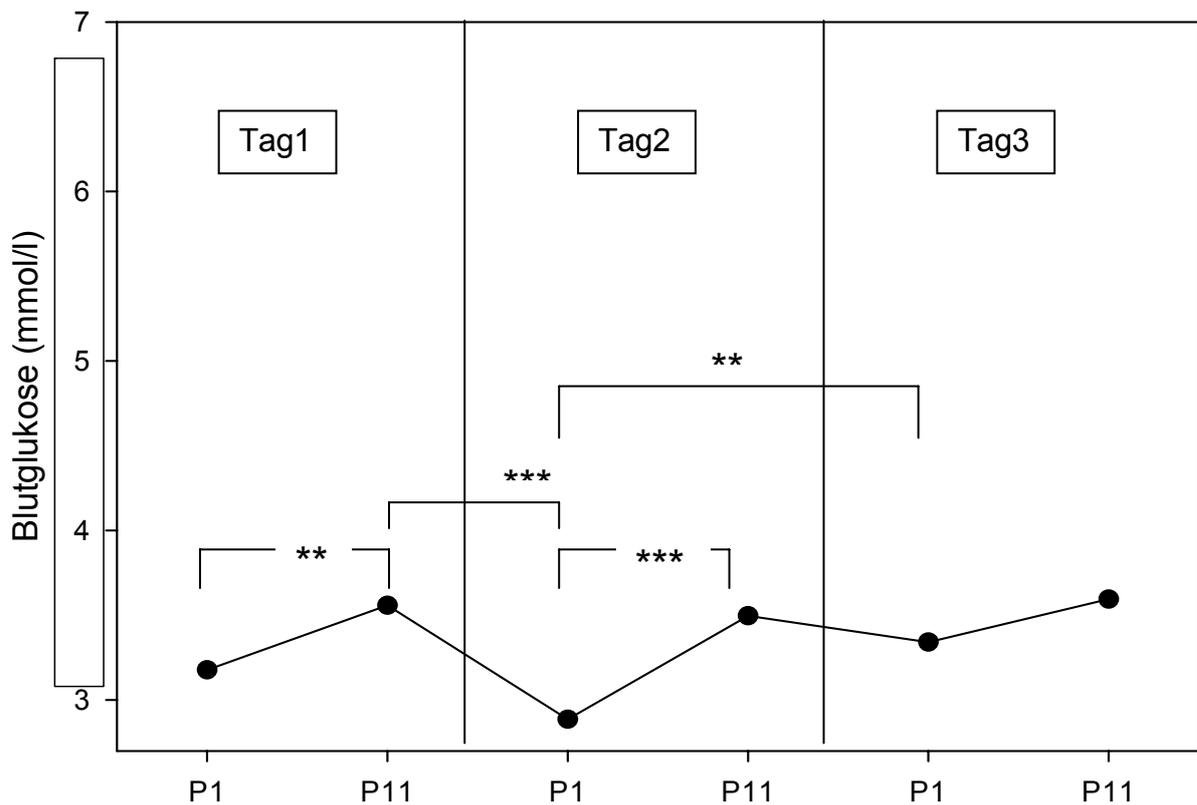
Weder über den gesamten Versuchsablauf noch an den einzelnen Tagen hatten die Größe oder das Gewicht einen signifikanten Einfluss auf die Speichelkortisolkonzentration.

Fellstruktur

Über den gesamten Versuchsablauf sowie an den einzelnen Tagen hatte die Fellstruktur keinen signifikanten Einfluss auf die Speichelkortisolkonzentration.

4.7. Blutglukose

Einen Überblick über die Blutglukosewerte zu den einzelnen Probenahmezeitpunkten gibt Abbildung 20.



	Tag1 (nmol/l)	Tag2 (nmol/l)	Tag3 (nmol/l)
P1	3,17 ± 0,52	2,89 ± 0,58	3,34 ± 0,68
P11	3,56 ± 0,56	3,50 ± 0,49	3,60 ± 0,58

Abbildung 20: Mittlere Glukosekonzentration (mmol/l) mit Standardabweichung zu den Probenahmezeitpunkten an Tag1, Tag2 und Tag3 (Tag1/Tag2: n = 20; Tag3: n = 17; * p≤0,05, ** p≤0,01, *** p≤0,001). Der Referenzbereich ist umrahmt.

Die Blutglukosekonzentration lag über den gesamten Versuchszeitraum im unteren Referenzbereich oder knapp darunter. Vom Zeitpunkt P1 zum Zeitpunkt P11 stieg der Blutglukosespiegel an Tag1 und Tag2 signifikant (Tag1: p≤0,01; Tag2: p≤0,001) an und fiel während der ersten Nacht von P11 (Tag1) auf P1 (Tag2) signifikant (p≤0,001)

ab. In der zweiten Nacht erfolgte kein Abfall, so dass die Blutglukosekonzentration zum Zeitpunkt P1 an Tag3 signifikant höher lag als an Tag2.

Einflussfaktoren

Alter und Geschlecht

An Tag3 der Versuche zeigte sich ein signifikanter Einfluss des Alters und des Geschlechts auf den Blutglukosespiegel. An Tag3 lag die Blutglukosekonzentration der jungen Hunde im gemischten Modell signifikant ($p \leq 0,05$) unter der Blutglukosekonzentration der mittelalten Hunde. An Tag3 ergab sich im gemischten Modell ein signifikant ($p \leq 0,05$) höherer Blutglukosespiegel bei den Rüden verglichen mit den Hündinnen.

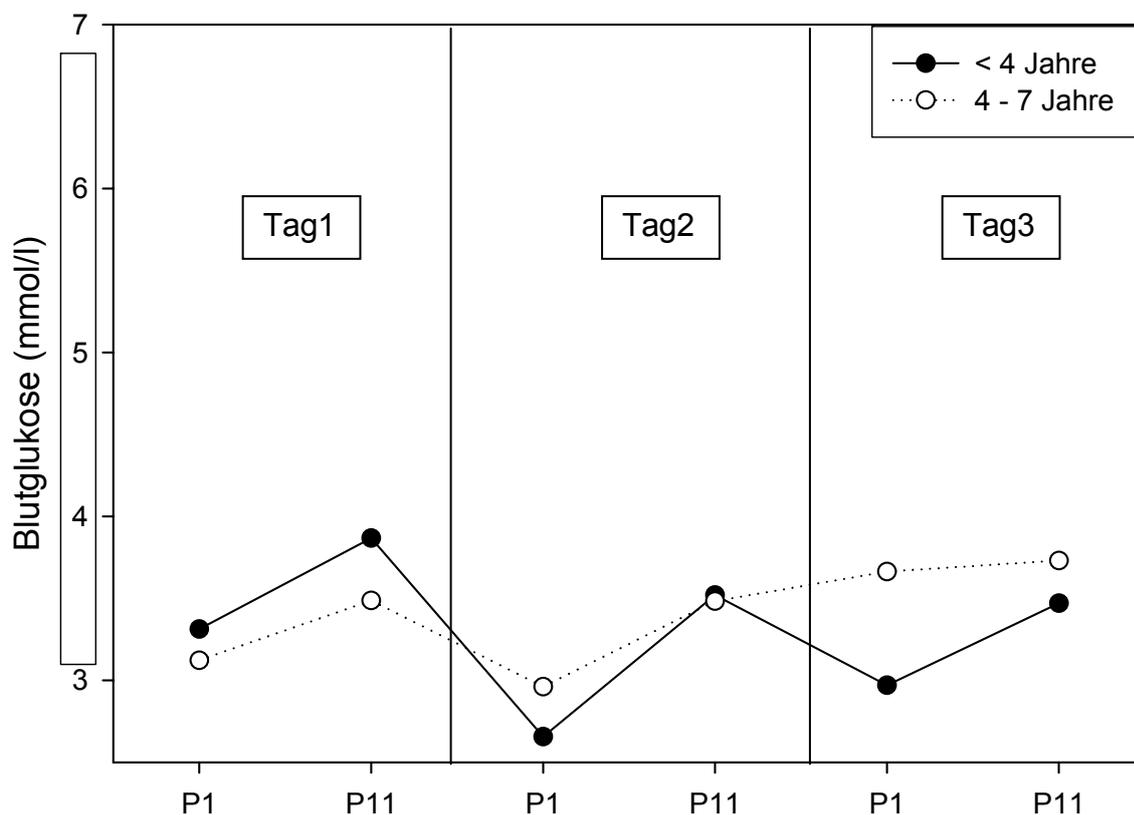


Abbildung 21: Mittlere Glukosekonzentration (mmol/l) zu den Probenahmezeitpunkten P1 und P11 an Tag1, Tag2 und Tag3 in Abhängigkeit vom Alter (< 4Jahre Tag1/Tag2/Tag3: n = 6; 4 - 7 Jahre Tag1/Tag2: n = 12, Tag3: n = 10). Der Referenzbereich ist umrahmt.

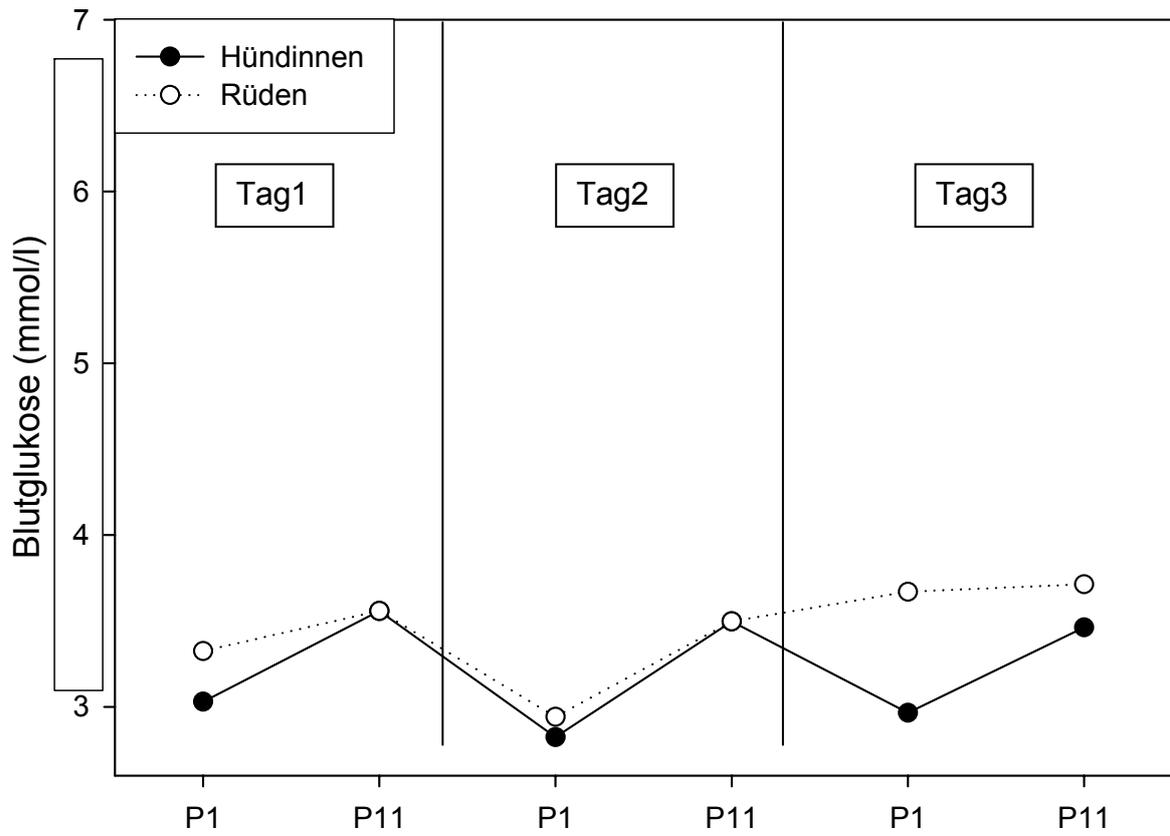
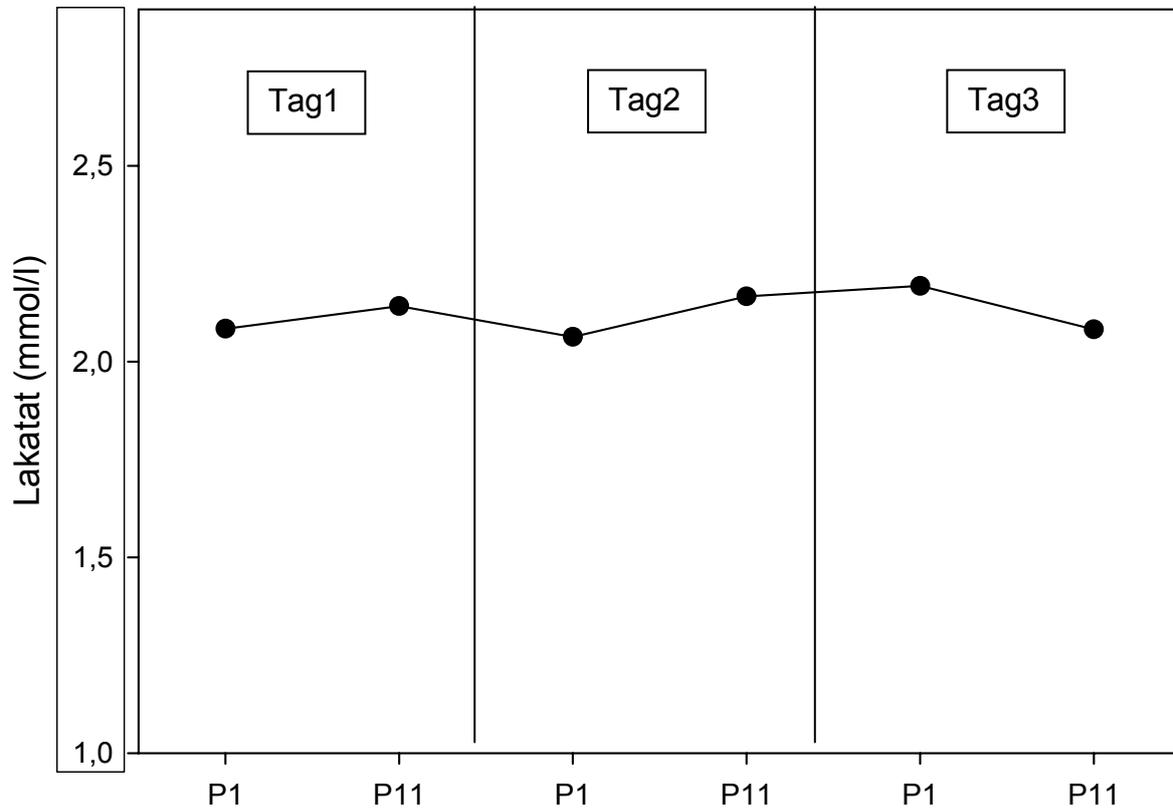


Abbildung 22: Mittlere Glukosekonzentration (mmol/l) zu den Probenahmezeitpunkten P1 und P11 an Tag1, Tag2 und Tag3 in Abhängigkeit vom Geschlecht (Tag1/Tag2: Rüden, Hündinnen n = 10; Tag3: Rüden n = 9, Hündinnen n = 8). Der Referenzbereich ist umrahmt.

4.8. Laktat

Einen Überblick über die Laktatwerte zu den einzelnen Probenahmezeitpunkten gibt Abbildung 23.



	Tag1 (mmol/l)	Tag2 (mmol/l)	Tag3 (mmol/l)
P1	2,08 ± 0,72	2,06 ± 0,52	2,19 ± 0,67
P11	2,14 ± 0,56	2,16 ± 0,71	2,08 ± 0,52

Abbildung 23: Mittlere Laktatkonzentration (mmol/l) mit Standardabweichung zu den Probenahmezeitpunkten an Tag1, Tag2 und Tag3 (Tag1/Tag2: n = 20; Tag3: n = 17). Der Referenzbereich ist umrahmt.

Die Laktatkonzentration zeigte zu keinem Zeitpunkt eine signifikante Veränderung und lag während des gesamten Versuchszeitraums innerhalb des Referenzbereichs.

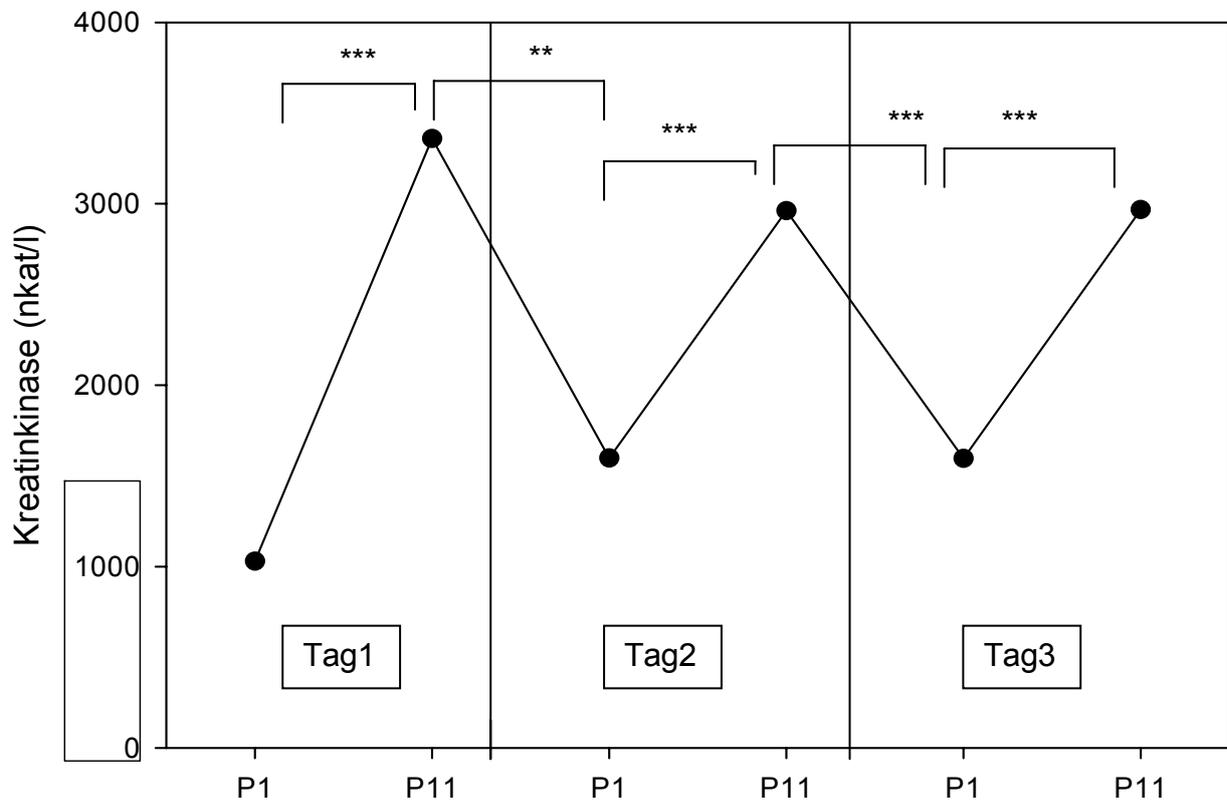
Einflussfaktoren

Alter und Geschlecht

Weder über den gesamten Versuchablauf noch bei Betrachtung der einzelnen Tage hatten das Alter oder das Geschlecht einen signifikanten Einfluss auf die Laktatkonzentration im Blut.

4.9. Kreatinkinase

Einen Überblick über die Kreatinkinase-Aktivität zu den einzelnen Probenahmezeitpunkten gibt Abbildung 24.



		Tag1	Tag2	Tag3
P1	nkat/l	1029,29 ± 193,40	1598,04 ± 1112,83	1595,27 ± 906,82
	IU/l	61,75 ± 11,60	95,87 ± 66,76	95,70 ± 54,40
P11	nkat/l	2527,00 ± 1576,48	2962,16 ± 2068,72	2967,55 ± 1763,61
	IU/l	201,51 ± 236,19	177,70 ± 124,10	178,02 ± 105,80

Abbildung 24: Mittlere Kreatinkinase-Aktivität (nkat/l und IU/l) mit Standardabweichung zu den Probenahmezeitpunkten an Tag1, Tag2 und Tag3 (Tag1/Tag2: n = 20; Tag3: n = 17; ** p≤0,01, *** p≤0,001). Der Referenzbereich ist umrahmt.

Die Aktivitäten der Kreatinkinase stiegen vom Zeitpunkt P1 zum Zeitpunkt P11 an allen drei Tagen signifikant (p≤0,001) an. Während der Nacht fiel die CK-Aktivität wieder

signifikant ab ($p \leq 0,01$ bzw. $p \leq 0,001$). Die CK-Aktivität lag jedoch nur zu Beginn der Versuche zum Zeitpunkt P1 an Tag1 innerhalb des Referenzbereichs. Trotz des signifikantern Abfalls der CK-Aktivität während der Nacht lagen die Werte zum Zeitpunkt P1 an Tag2 und Tag3 oberhalb des Referenzbereichs.

Einflussfaktoren

Alter und Geschlecht

Das Alter hatte keinen signifikanten Einfluss auf die CK-Aktivität weder über den gesamten Versuchsablauf, noch bei Einzelbetrachtung der Tage.

Dagegen hatte das Geschlecht einen signifikanten Einfluss ($p \leq 0,05$) auf die CK-Aktivität über den gesamten Versuchsablauf. Die Rüden starteten mit derselben CK-Aktivität wie die Hündinnen. Während des folgenden dreitägigen Versuchsablaufs lagen die Werte der Rüden dann stets über denen der Hündinnen.

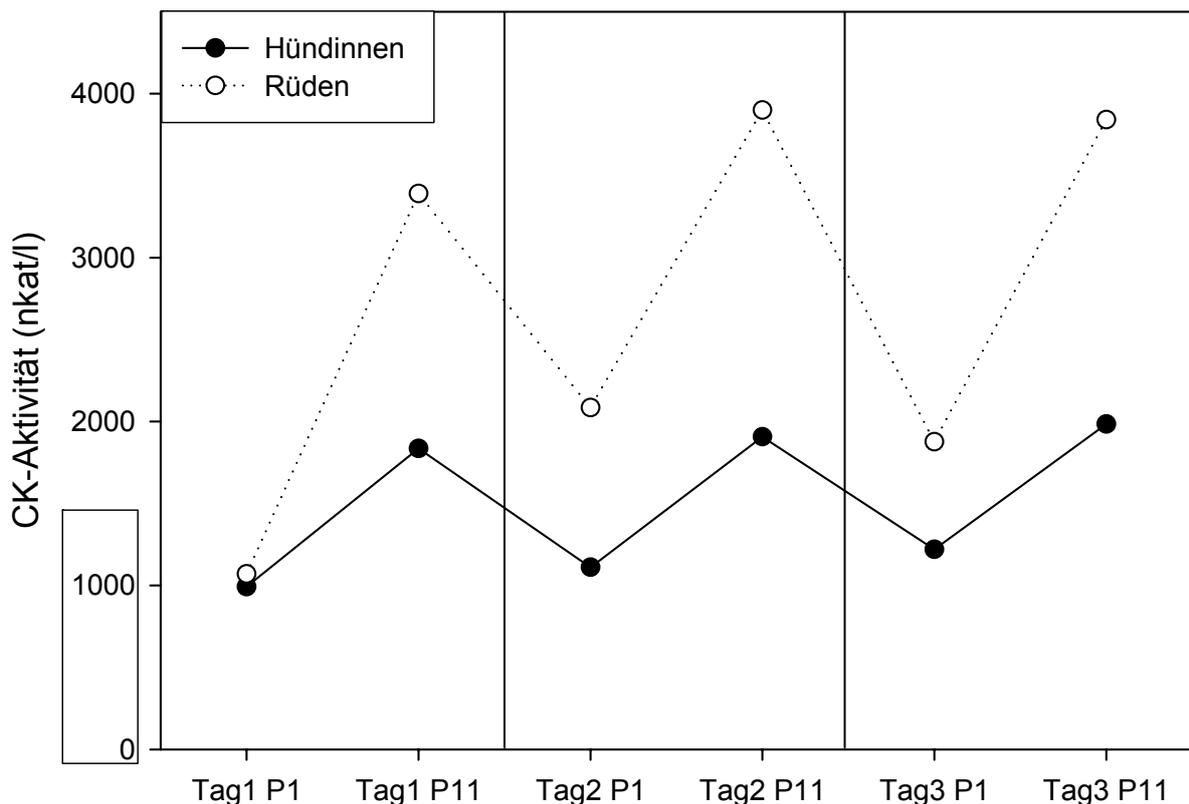


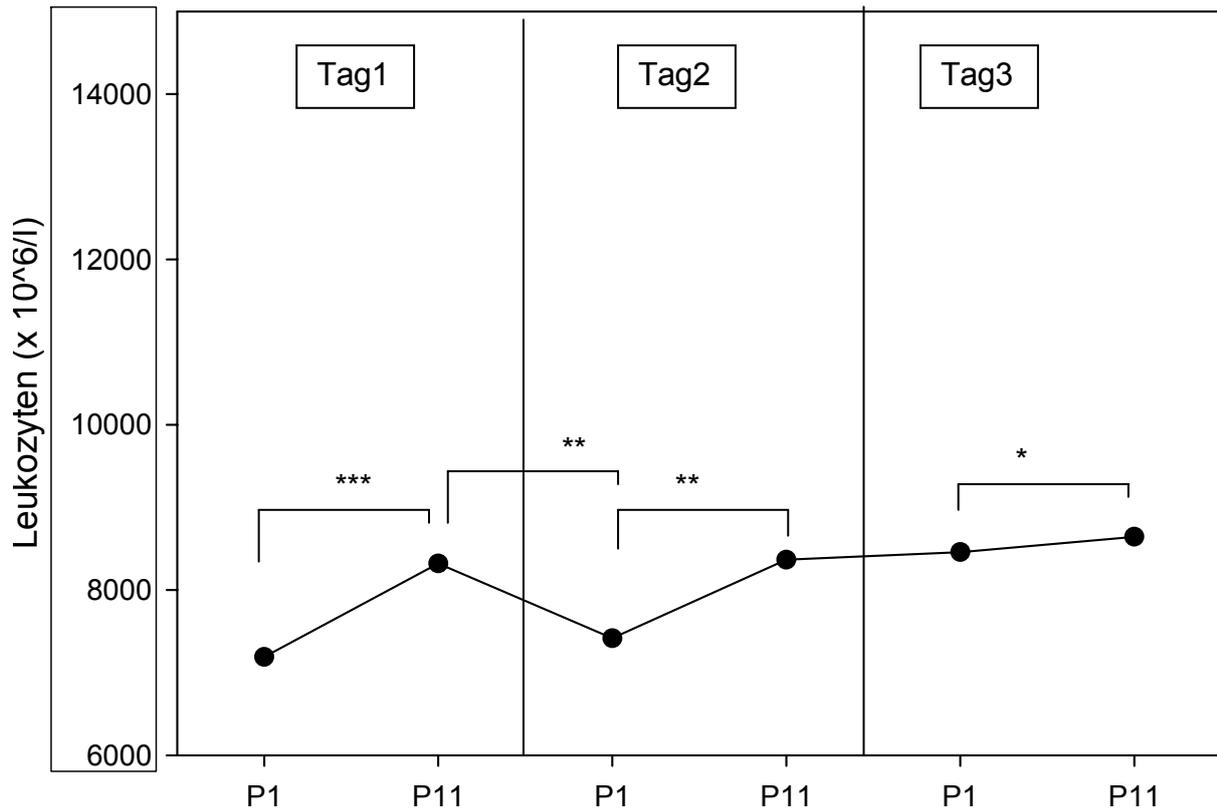
Abbildung 25: Mittlere Kreatinkinase-Aktivität (nkat/l) zu den Probenahmezeitpunkten an Tag1, Tag2 und Tag3 in Abhängigkeit vom Geschlecht (Tag1/Tag2: Rüden/Hündinnen n = 10; Tag3: Rüden n = 9, Hündinnen n = 8).

Der Referenzbereich ist umrahmt.

4.10. Leukozyten und Differentialblutbild

Einen Überblick über die Leukozyten und das Differentialblutbild zu den einzelnen Zeitpunkten geben Abbildung 26 - 29.

Leukozyten



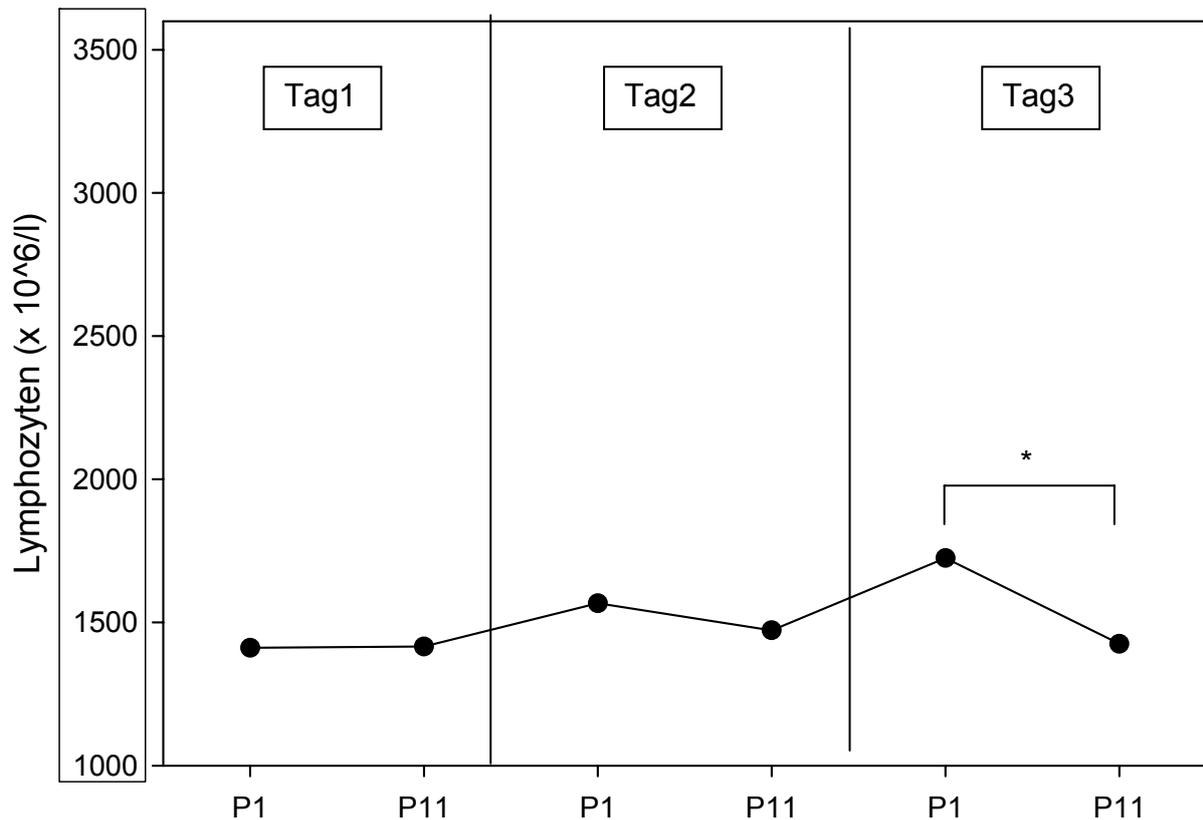
	Tag1 (x 10 ⁶ /l)	Tag2 (x 10 ⁶ /l)	Tag3 (x 10 ⁶ /l)
P1	7188,89 ± 2507,14	7416,67 ± 2683,77	8458,33 ± 2614,11
P11	8321,05 ± 2799,12	8511,77 ± 1985,85	8643,75 ± 2560,98

Abbildung 26: Mittlere Leukozytenzahlen (x 10⁶/l) mit Standardabweichung zu den Probenahmezeitpunkten an Tag1, Tag2 und Tag3 (Tag1/Tag2: n = 20; Tag3: n = 17; * p≤0,05, ** p≤0,01, *** p≤0,001). Der Referenzbereich ist umrahmt.

Während des gesamten Versuchszeitraums lag die Leukozytenzahl im unteren Referenzbereich. An allen drei Tagen gab es vom Zeitpunkt P1 zum Zeitpunkt P11

einen signifikanten (Tag1 $p \leq 0,001$; Tag2 $p \leq 0,01$, Tag3 $p \leq 0,05$) Anstieg der Leukozyten. Ein signifikanter ($p \leq 0,01$) Abfall erfolgte während der ersten Nacht.

Lymphozyten

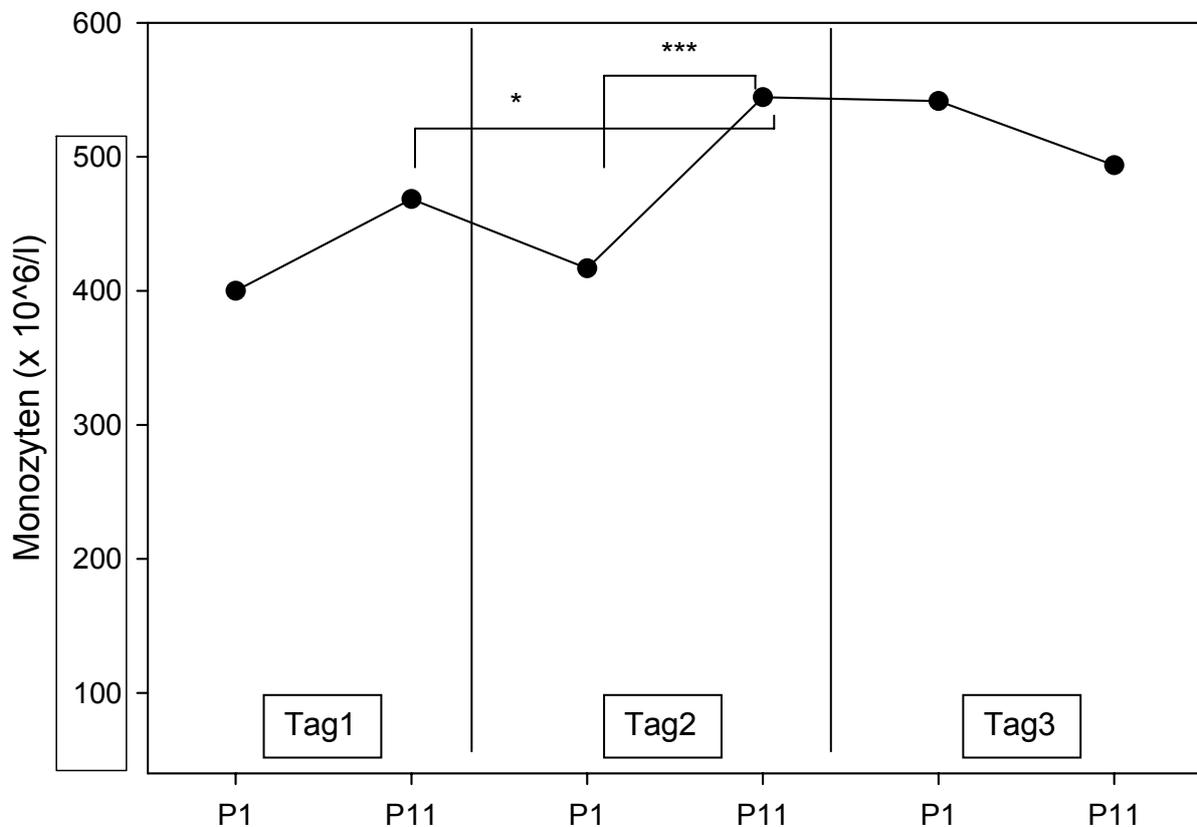


	Tag1 ($\times 10^6/l$)	Tag2 ($\times 10^6/l$)	Tag3 ($\times 10^6/l$)
P1	1411,11 \pm 436,41	1566,67 \pm 470,29	1725,00 \pm 391,09
P11	1415,79 \pm 414,01	1472,22 \pm 405,56	1425,00 \pm 395,81

Abbildung 27: Mittlere absolute Lymphozytenzahlen ($\times 10^6/l$) mit Standardabweichung zu den Probenahmezeitpunkten an Tag1, Tag2 und Tag3 (Tag1/Tag2: $n = 20$; Tag3: $n = 17$; * $p \leq 0,05$). Der Referenzbereich ist umrahmt.

Während des gesamten Versuchszeitraums lag die Lymphozytenzahl im unteren Referenzbereich. Die Lymphozytenzahl stieg in der zweiten Nacht deutlich, aber nicht signifikant, an und fiel an Tag3 signifikant ($p \leq 0,05$) von P1 auf P11 ab.

Monozyten

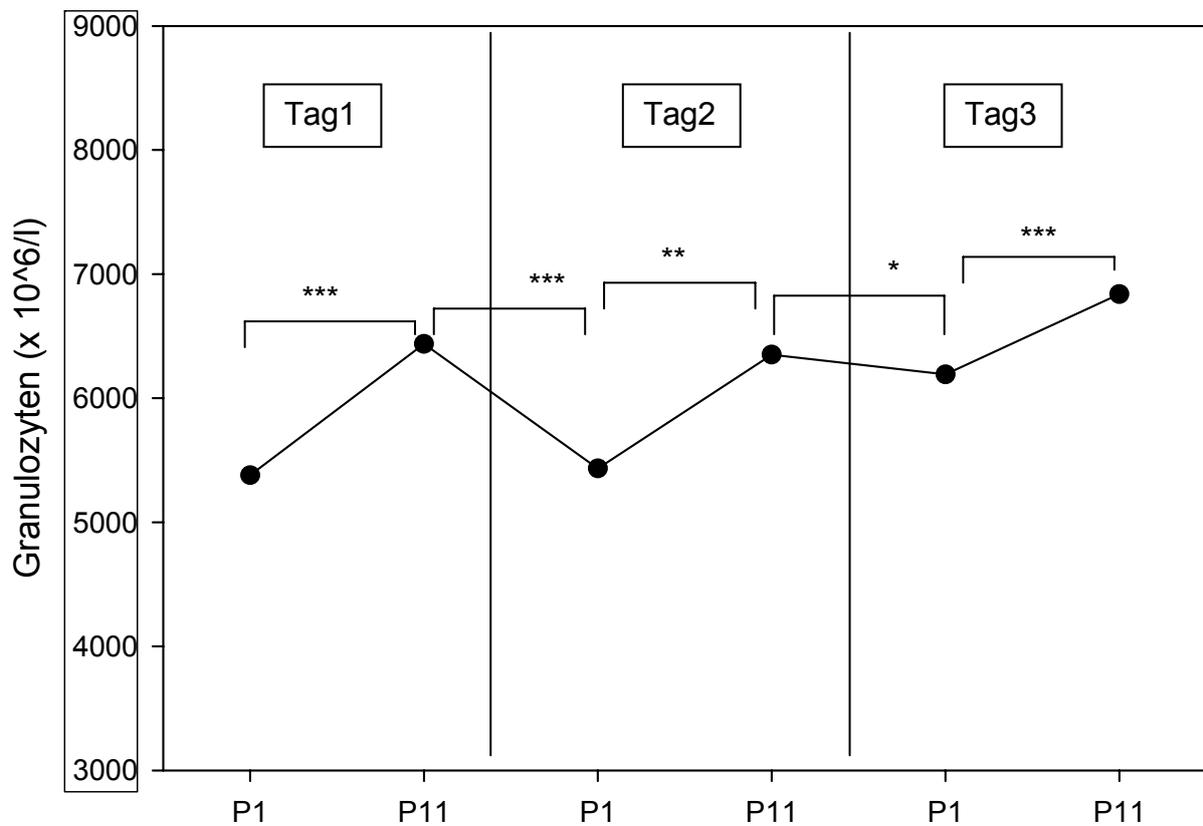


	Tag1 (x 10 ⁶ /l)	Tag2 (x 10 ⁶ /l)	Tag3 (x 10 ⁶ /l)
P1	400,00 ± 181,50	416,67 ± 188,65	541,67 ± 197,52
P11	468,42 ± 197,35	558,82 ± 190,59	493,75 ± 176,89

Abbildung 28: Mittlere absolute Monozytenzahlen (x 10⁶/l) mit Standardabweichung zu den Probenahmezeitpunkten an Tag1, Tag2 und Tag3 (Tag1/Tag2: n = 20; Tag3: n = 17; * p≤0,05, *** p≤0,001). Der Referenzbereich ist umrahmt.

Die Monozytenzahl lag über den gesamten Versuchszeitraum im oberen Referenzbereich bzw. bei den Probenahmen P11 an Tag2 und P1 an Tag3 geringfügig darüber. Die Monozytenzahl stieg an Tag2 von P1 auf P11 signifikant (p≤0,001) an und blieb auch an Tag3 auf diesem Niveau. Der Nachbelastungswert (P11) stieg von Tag1 auf Tag2 signifikant an (p≤0,05).

Granulozyten



	MW Tag1 (x 10 ⁶ /l)	MW Tag2 (x 10 ⁶ /l)	MW Tag3 (x 10 ⁶ /l)
P1	5377,78 ± 2078,34	5558,82 ± 2177,17	6191,67 ± 2150,46
P11	6436,84 ± 2378,66	6458,82 ± 1599,24	6837,50 ± 2117,19

Abbildung 29: Mittlere absolute Granulozytenzahlen (x 10⁶/l) mit Standardabweichung zu den Probenahmezeitpunkten an Tag1, Tag2 und Tag3 (Tag1/Tag2: n = 20; Tag3: n = 17; * p≤0,05, ** p≤0,01, *** p≤0,001). Der Referenzbereich ist umrahmt.

Die Granulozytenzahl lag über den gesamten Versuchszeitraum im Referenzbereich. Es ergab sich an allen drei Versuchstagen ein signifikanter Anstieg der Granulozyten vom Zeitpunkt P1 zum Zeitpunkt P11 (Tag1/Tag3 p≤0,001, Tag2 p≤0,01). In der Nacht fielen die Granulozyten jeweils signifikant ab (erste Nacht p≤0,001; zweite Nacht p≤0,05).

Einflussfaktoren

Alter und Geschlecht

Über den gesamten Versuchsablauf, sowie an den einzelnen Tagen hatte das Geschlecht keinen signifikanten Einfluss auf die Leukozyten-, Monozyten-, Lymphozyten- und Granulozytenzahlen.

Das Alter erwies sich als signifikanter Einflussfaktor auf die Leukozyten- und Granulozytenzahlen. An Tag3 lagen die Leukozyten- ($p \leq 0,05$) und Granulozytenzahlen ($p \leq 0,05$) der jungen Hunde (< 4 Jahre) signifikant höher als die der mittelalten Hunde (4 - 7 Jahre). An Tag1 lag die Granulozytenzahl der jungen Hunde ebenfalls signifikant ($p \leq 0,05$) höher als die der mittelalten Hunde. Auf die Monozyten- und Lymphozytenzahlen hatte das Alter keinen signifikanten Einfluss.

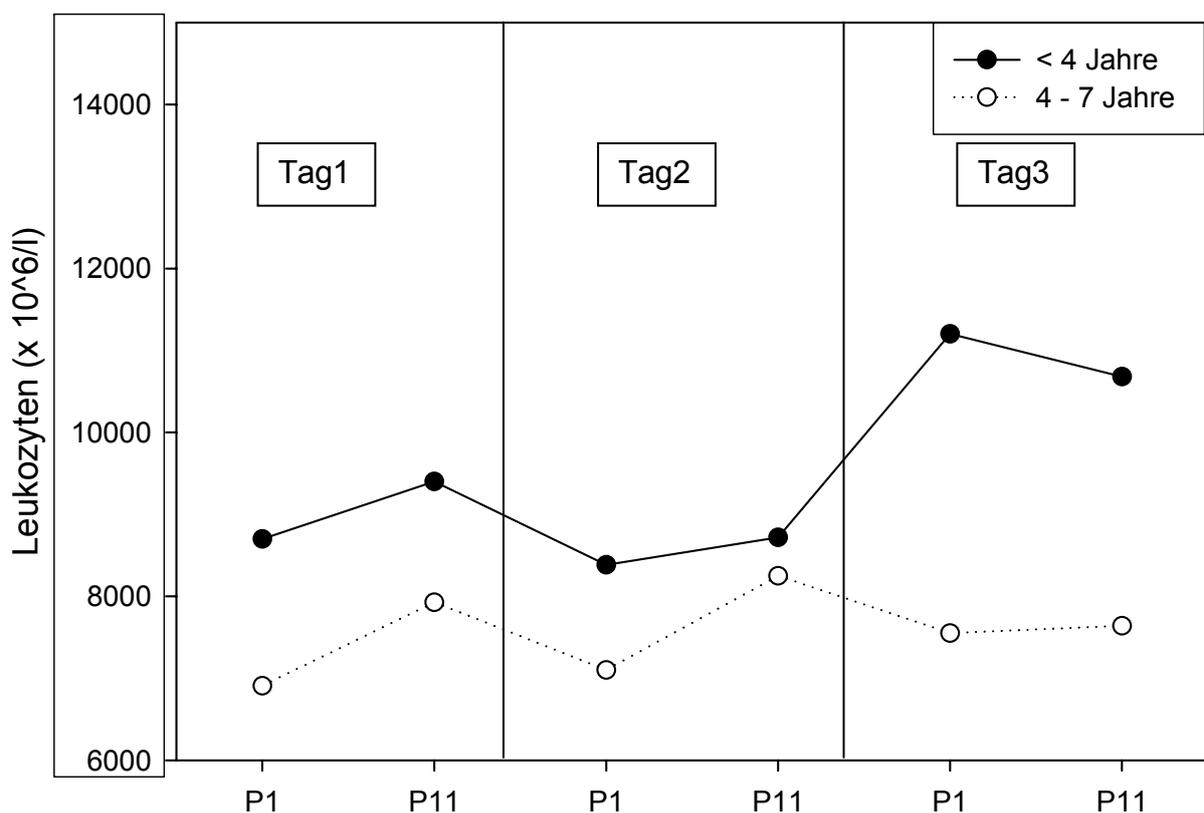


Abbildung 30: Mittlere Leukozytenzahlen ($\times 10^6/l$) zu den Probenahmezeitpunkten an Tag1, Tag2 und Tag3 in Abhängigkeit vom Alter (< 4 Jahre: $n = 6$; 4 - 7 Jahre: Tag1/Tag2 $n = 12$, Tag3 $n = 10$). Der Referenzbereich ist umrahmt.

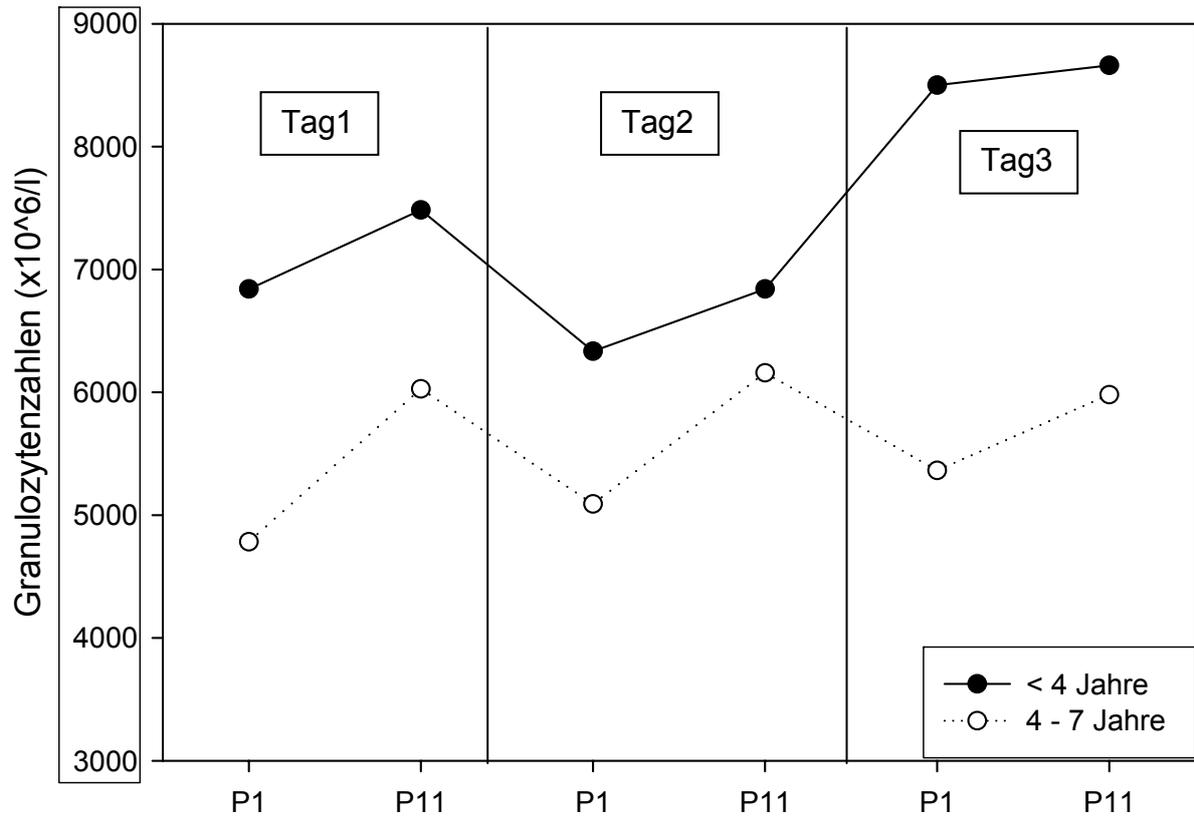
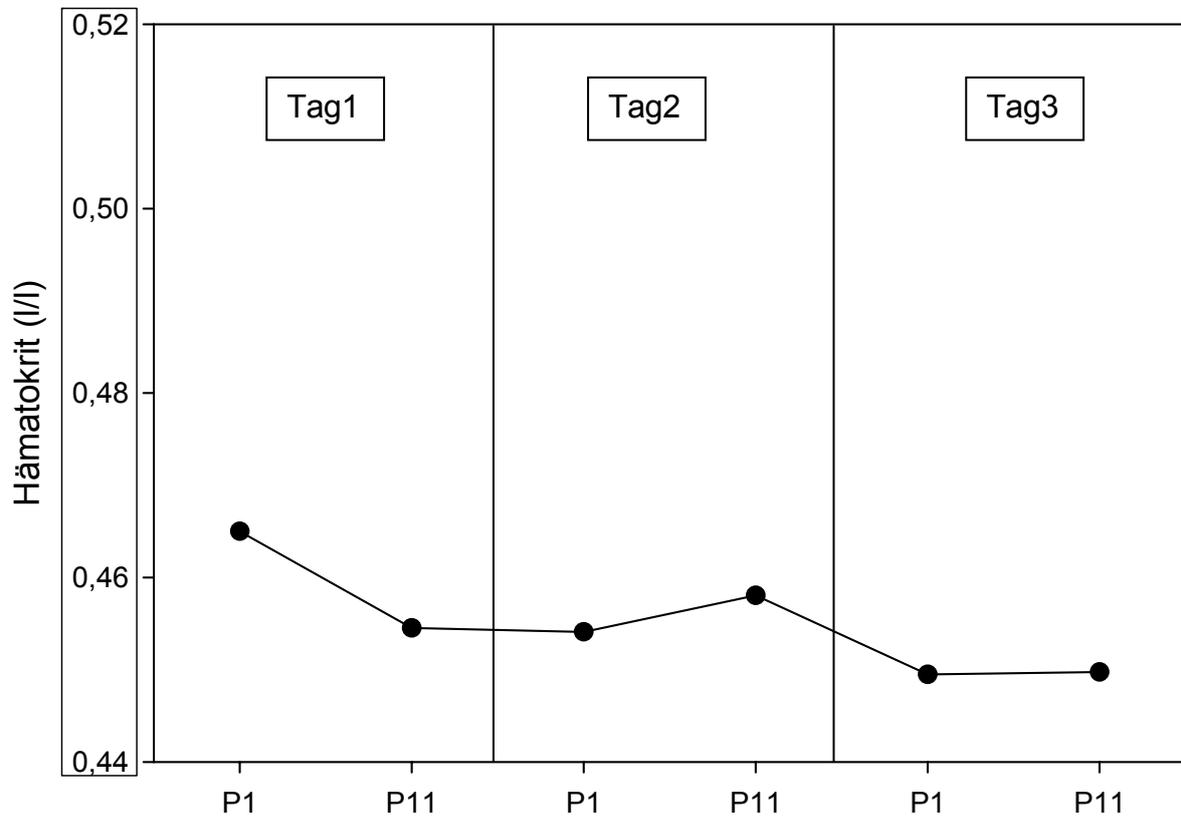


Abbildung 31: Mittlere Granulozytenzahlen ($\times 10^6/l$) zu den Probenahmezeitpunkten an Tag1, Tag2 und Tag3 in Abhängigkeit vom Alter. Der Referenzbereich ist umrahmt.

4.11. Hämatokrit und Hämoglobinkonzentration

Einen Überblick über den Hämatokrit zu den einzelnen Probenahmezeitpunkten gibt Abbildung 32.

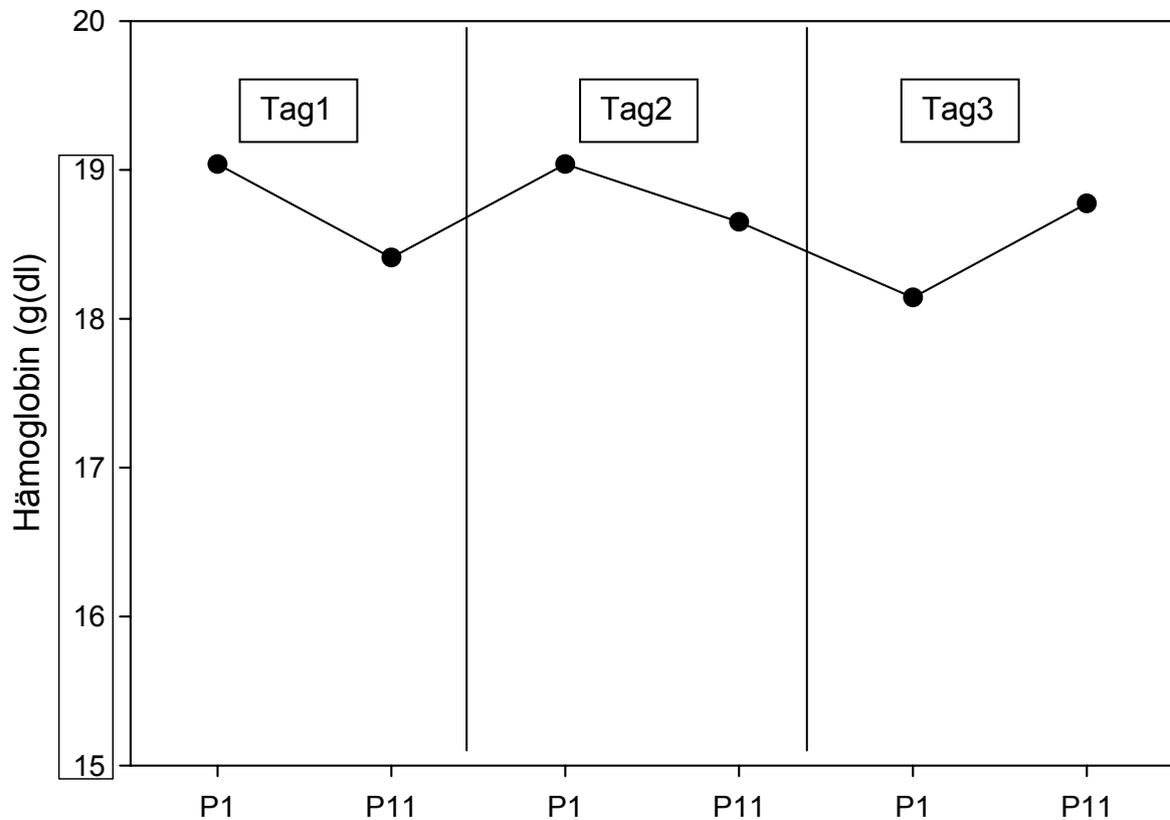


	Tag1 (l/l)	Tag2 (l/l)	Tag3 (l/l)
P1	0,47 ± 0,04	0,45 ± 0,05	0,45 ± 0,03
P11	0,45 ± 0,04	0,46 ± 0,05	0,45 ± 0,05

Abbildung 32: Mittlerer Hämatokrit (l/l) mit Standardabweichung zu den Probenahmezeitpunkten an Tag1, Tag2 und Tag3 (Tag1/Tag2: n = 20; Tag3: n = 17). Der Referenzbereich ist umrahmt.

Die Hämatokritwerte zu den einzelnen Zeitpunkten unterschieden sich nicht signifikant voneinander und lagen während des gesamten Versuchzeitraums im unteren Referenzbereich.

Einen Überblick über die Hämoglobinkonzentrationen zu den einzelnen Probenahmezeitpunkten gibt Abbildung 33.



	Tag1 (g/dl)	Tag2 (g/dl)	Tag3 (g/dl)
P1	19,04 ± 1,83	19,04 ± 2,25	18,14 ± 1,39
P11	18,41 ± 2,00	18,65 ± 2,35	18,78 ± 2,09

Abbildung 33: Mittlere Hämoglobinkonzentration (g/dl) mit Standardabweichung zu den Probenahmezeitpunkten an Tag1, Tag2 und Tag3 (Tag1/Tag2: n = 20; Tag3: n = 17). Der Referenzbereich ist umrahmt.

Die Hämoglobinkonzentration der einzelnen Zeitpunkte unterschied sich nicht signifikant und lag während des gesamten Versuchszeitraums im oberen Referenzbereich.

Einflussfaktoren

Alter und Geschlecht

Weder über den gesamten Versuchsablauf noch an den einzelnen Tagen hatten das Alter oder das Geschlecht einen signifikanten Einfluss auf den Hämatokrit oder die Hämoglobinkonzentration.

4.12. Befragung der Hundeführer

Die Arbeitsleistung ihres Hundes bezeichneten 90% (Tag1) bzw. 95% (Tag2/Tag3) der Hundeführer als „sehr gut“ bis „gut“ (siehe Abbildung 34).

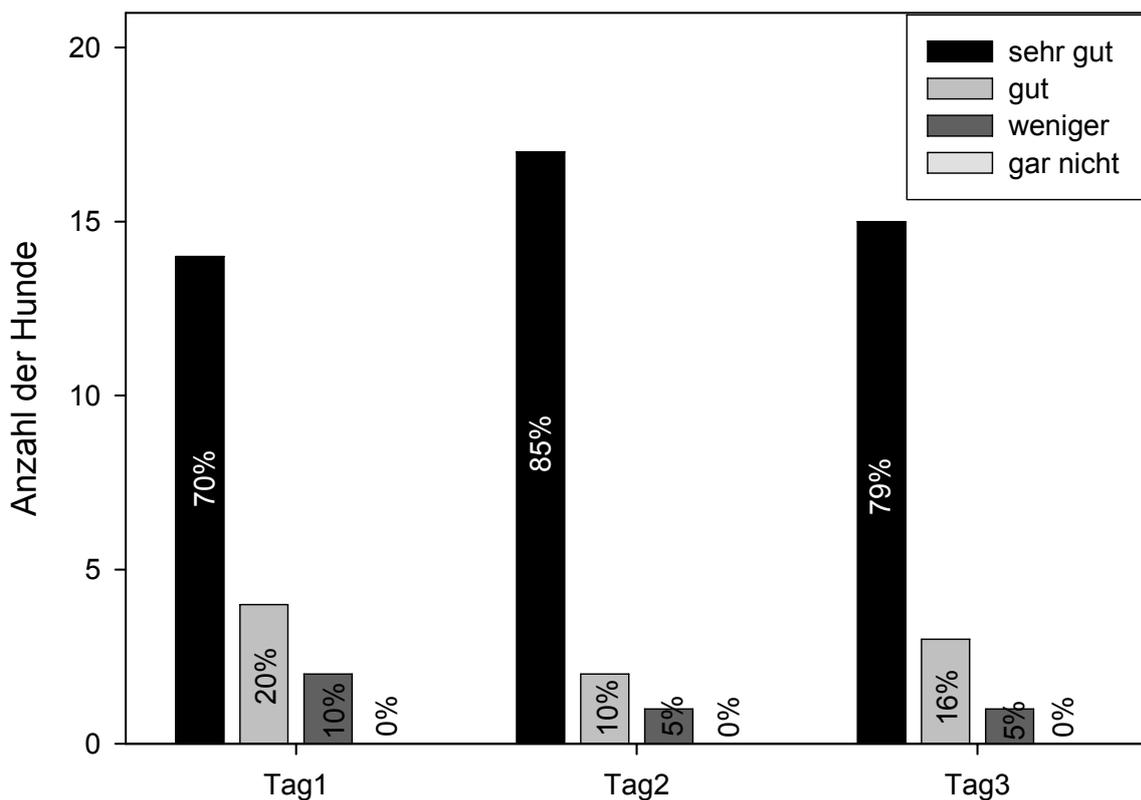


Abbildung 34: Zufriedenheit der Hundeführer mit der Arbeit ihrer Hunde an Tag1, Tag2 bzw. Tag3 (Tag1/Tag2: n = 20; Tag3: n = 19).

Die Hälfte der Hundeführer nannten Tag2 als den besten Arbeitstag ihres Hundes und ein Viertel der Hundeführer waren der Ansicht, dass ihr Hund an Tag3 die beste

Leistung erbrachte. Für je zwei Hundeführer hatte ihr Hund an Tag1 bzw. an allen Tagen gleich gut gearbeitet (siehe Abbildung 35).

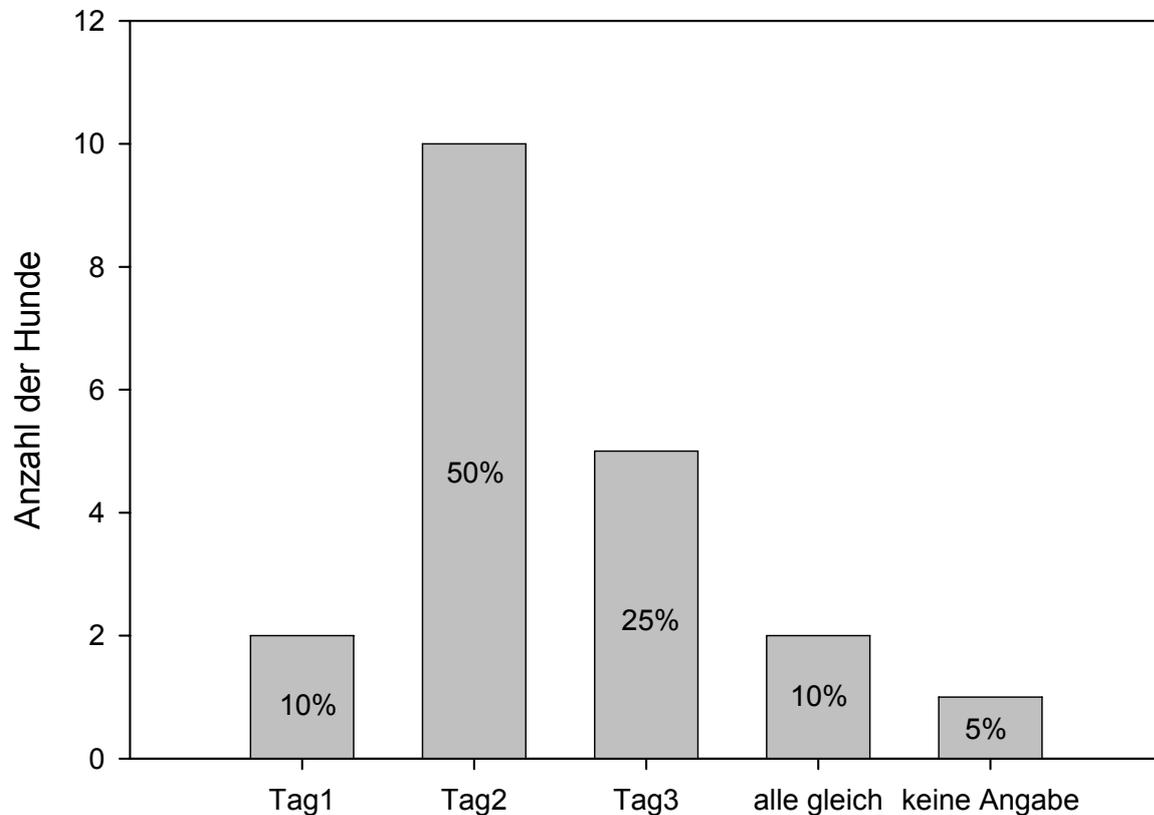
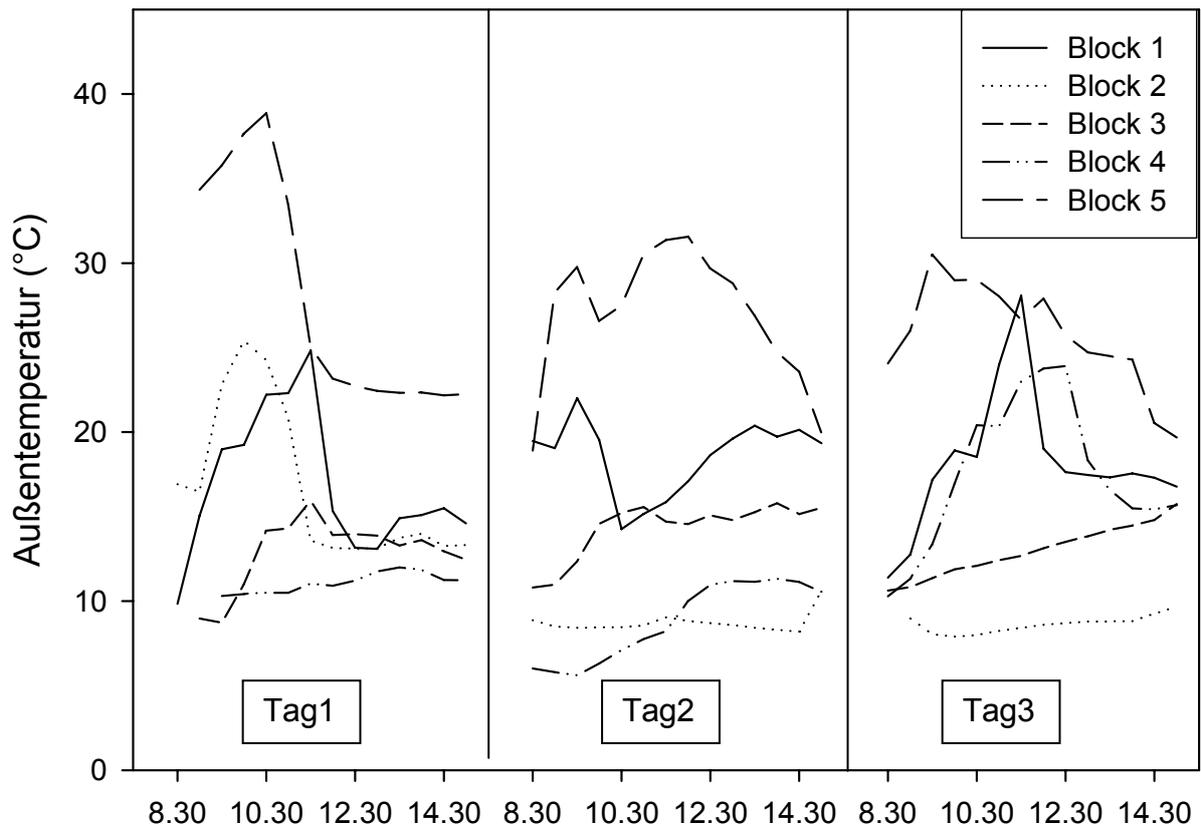


Abbildung 35: Versuchtage an dem nach Aussage des Hundeführers der Hund die beste Arbeitsleistung zeigte (Tag1/Tag2 n = 20; Tag3 n = 19).

4.13. Umweltbedingungen

Die Lufttemperaturen lagen tagsüber am Lagerplatz zwischen 8.30 und 15.30 Uhr bei durchschnittlich $16,5 \pm 7,0^{\circ}\text{C}$. Direkt auf den Trümmern der Schadstellen lag die durchschnittliche Lufttemperatur höher bei $20,5^{\circ}\text{C}$ (Min: $5,4^{\circ}\text{C}$; Max: $44,3^{\circ}\text{C}$) aufgrund der direkten Sonneneinstrahlung.

Die Studie wurde in fünf Versuchsblöcken à drei Tagen durchgeführt. Die höchsten Temperaturen traten im fünften Block auf, die niedrigsten im zweiten und vierten Block. Innerhalb eines Versuchsblocks schwankte die Temperatur an den drei Tagen jedoch nur wenig (siehe Abbildung 36).



	Tag1 (°C)	Tag2 (°C)	Tag3 (°C)
Block1	16,7 ± 4,3	18,6 ± 2,5	18,1 ± 4,1
Block2	16,7 ± 4,7	8,6 ± 0,2	8,6 ± 0,5
Block3	13,2 ± 2,1	14,5 ± 1,4	12,9 ± 1,4
Block4	11,1 ± 0,6	8,8 ± 2,2	17,5 ± 4,3
Block5	27,8 ± 6,7	27,4 ± 3,6	26,0 ± 3,0

Abbildung 36: Mittlere Außentemperaturen (°C) mit Standardabweichung am Lagerplatz zwischen 8.30 und 15.30 Uhr an Tag1, Tag2 und Tag3 der fünf Versuchsblöcke.

Nachts herrschten relativ geringe Temperaturen mit durchschnittlich $10,1 \pm 4,2^{\circ}\text{C}$ in der ersten Nacht und $8,86 \pm 3,16^{\circ}\text{C}$ in der zweiten Nacht.

Tagsüber wehte stets ein mäßiger bis starker Wind der Stärke 4 - 9.

5. Diskussion

5.1. Methoden

5.1.1. Versuchsaufbau

Der Versuchsaufbau war grundsätzlich geeignet einen mehrtägigen Sucheinsatz im Katastrophenfall zu simulieren, da fast alle Hunde über weite Strecken anreisen mussten, es eine Art „Lagerleben“ während der Studie auf dem Katastrophenübungsgelände gab und die Hunde im Auto oder neben dem Feldbett des Hundeführers schlafen mussten. Allerdings war die psychische Belastung der Hundeführer während der Studie nicht mit der Belastung in einem realen Katastropheneinsatz zu vergleichen. Durch den Wegfall der emotionalen Belastung der Hundeführer war auch die psychische Belastung der Hunde sicher geringer. Hinzu kommt, dass die Schadstellen des Tritolwerks nicht direkt vergleichbar sind mit einem Trümmergebiet nach einer Katastrophe. Auf dem Tritolgelände waren die Trümmer bereits länger aufgeschichtet, was v.a. die Staubbelastung verringerte, und die Schadstellen waren weitestgehend frei von Glasscherben, was die Verletzungsgefahr für die Hunde erheblich verringerte. Des Weiteren waren auf den Schadstellen keine ablenkenden Gerüche, verursacht z.B. durch Kleidung oder Essen, vorhanden.

Die Hunde waren bezüglich des Geschlechtes und der Fellstruktur gleichmäßig verteilt. Zwei Hündinnen waren 8 Jahre alt und wurden daher gemäß der Einteilung der beiden Vorgängerstudien über Rettungshunde von Köhler (2004) und Wust (2006) in die Altersgruppe der alten Hunde eingeteilt. Dadurch lassen sich keine statistisch abgesicherten Aussagen für diese Altersgruppe machen. Allerdings waren diese beiden Hündinnen nur knapp älter als die mittelalten Hunde und hätten deshalb auch mit in diese Gruppe einbezogen werden können.

5.1.2. Methoden

Messung der Herzfrequenz

Die bereits in den Studien von Köhler (2004), Wust (2006) und Pauly (2007) mit positiver Erfahrung eingesetzte Herzfrequenzmessung mittels einer Sportuhr von Polar® erwies sich auch in dieser Studie als sehr gut geeignet.

Eine Beeinträchtigung der Hunde durch das Tragen des Gurtes wurde nicht festgestellt. Bei den 236 Suchen streiften nur zwei der Hunde bei je einer Suche den Gurt an den Trümmern ab. Zu Aufzeichnungsfehlern kam es außer dem Verlust der

Brustgurte nur durch Verlust des Kontakts zwischen Elektroden und Haut, wenn die Anbindung aufgrund des ausgetrockneten Elektrodengels nicht mehr optimal war.

Damit liefert die Sportuhr 610i von Polar® eine gute Möglichkeit zur nicht-invasiven und kontinuierlichen Messung der Herzfrequenz. Die Koppelsoftware ermöglicht weiterhin eine zeitgleiche Gegenüberstellung mit der Aktivität.

Messung der Aktivität

Die positiven Erfahrungen mit dem ActiTrac® aus den Studien von Wust (2006) und Pauly (2007) konnten in dieser Studie bestätigt werden. Durch das eng anliegende Halsband kam es bei den Hunden zu keinerlei Beeinträchtigungen während der Sucharbeit im Trümmergelände. Das Actitrac ® stellt damit eine gute Möglichkeit zur Aufzeichnung der Aktivität auch außer Sicht eines Betrachters dar. Da eine Unterscheidung der Bewegungsart (Schritt, Trab, Galopp, Springen, aber auch sich Schütteln) nicht möglich ist, muss für eine detailliertere Auswertung allerdings noch eine Videoanalyse eingesetzt werden.

Messung der Körpertemperatur

Die Messung der Körpertemperatur mittels des Vital Sense® Systems ermöglichte die kontinuierliche und ortsungebundene Aufzeichnung der Körpertemperatur ohne Implantation eines Senders. Diese nicht-invasive Form der Körpertemperaturmessung ermöglicht es, die Körpertemperatur auch in einem Feldversuch kontinuierlich an Hunden zu messen. Die Hunde schluckten die Kapsel problemlos ab und während der Magen-Darm-Passage kam es zu keinen Problemen. Die Passagezeiten der Kapsel unterschieden sich jedoch erheblich zwischen den einzelnen Hunden. Bei einigen Hunden war die Kapsel bereits nach 8 h wieder aus dem Magen-Darm-Trakt ausgeschieden, bei anderen wiederum nicht innerhalb der drei Versuchstage. Daher war eine ständige Kontrolle der Aufzeichnung nötig, da nicht vorhersehbar war, wann die Kapseln ausgeschieden wurden.

Die Korrelation von rektaler Temperatur und Körperkerntemperatur, gemessen mittels des Vital Sense® Systems, liegt beim Menschen bei $R^2 = 0,90$ mit einer Signifikanz von $p \leq 0,01$ (McKenzie & Osgood, 2004). Diese Daten dürften auf den Hund übertragbar sein. Daher ist ein Vergleich der mittels Vital Sense® Systems gemessenen Körpertemperatur mit der rektal gemessenen Körpertemperatur in anderen Studien gut möglich.

Die Nachteile des Vital Sense® Systems bestehen darin, dass sich der Hund immer innerhalb eines geringen Abstands (ca. 1 m) zum Empfangsmonitor aufhalten muss. In dieser Studie kam es während der Suchen zu Datenverlusten, da ein Anbringen des Monitors am Hund aufgrund der Größe (120 x 90 x 25 mm; 200 g) nicht möglich war. Das Tragen des Monitors hätte die Hunde bei der Suche auf, unter und vor allem zwischen den Trümmern beeinträchtigt und es hätte zudem die Gefahr des Verlusts des Geräts bestanden. Ein weiterer Nachteil ergibt sich durch die Magenpassagezeit der Kapsel. Solange sich die Kapsel im Magen befindet wird die gemessene „Körpertemperatur“ durch Futter- oder Wasseraufnahme verändert und die Daten verfälscht. Zusätzlich muss bei Benutzung dieses Systems darauf geachtet werden, dass das Gerät bei Einstellung des Medic Mode stets versucht Kontakt zu den einmal gefundenen Kapseln aufzunehmen und der Batterieverbrauch dadurch sehr hoch ist. Des Weiteren arbeitet der Empfangsmonitor bei Außentemperaturen von unter 5°C nicht mehr, weshalb das Gerät nicht für Feldstudien in der kalten Jahreszeit geeignet ist.

Messung der Speichelkortisolkonzentration

Die Vorteile der bereits in den Studien von Köhler (2004), Wust (2006) und Pauly (2007) eingesetzten Methode der Speichelentnahme bei Hunden zur nicht-invasiven Messung des Kortisolspiegels bestätigten sich auch in dieser Untersuchung. Die Speichelproben wurden innerhalb von maximal vier Minuten genommen, weshalb ein Einfluss des Handlings auf die Speichelkortisolkonzentration laut Kobelt et al. (2003) ausgeschlossen werden kann. Da die Speichelproben nach der Entnahme innerhalb einer Stunde abzentrifugiert und eingefroren wurden, ist davon auszugehen, dass die Werte durch die Behandlung nicht verfälscht wurden.

Der eingesetzte Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (entwickelt im Institut für Tierschutz, Verhaltenskunde und Tierhygiene) hatte sich bereits in den Untersuchungen von Wust (2006) und Pauly (2007) bewährt.

Messung der Blutparameter

Die Blutuntersuchungen erfolgten auf eine in der tierärztlichen Praxis üblichen Weise durch die Blutentnahme aus der Vena cephalica antebrachii. Die Hunde und Hundeführer tolerierten diese Art der Kontrolle der physiologischen Parameter größtenteils problemlos. Zwei Hundeführer verweigerten am dritten Versuchstag an

ihrem Hund die Blutentnahme, weswegen die Blutwerte dieser Hunde für den dritten Tag fehlen. Die Blutentnahmen erfolgten am Lagerplatz. Durch den Rückweg von den Schadstellen ergab sich eine Verzögerung der Blutentnahme nach der letzten Suche von etwa 5 - 10 min. Deshalb können die Werte nicht eins zu eins mit Werten, die direkt nach körperlicher Belastung gemessen wurden, verglichen werden. Die Auswertung der Parameter erfolgte vor Ort in zeitlicher Nähe zur Entnahme, weshalb mit keiner Verfälschung der Werte durch Abbauvorgänge zu rechnen ist.

5.2. Ergebnisse

5.2.1. *Konstitution der Hunde*

Während des dreitägigen Untersuchungszeitraums kam es in dieser Studie nur bei zwei Hunden zu leichten Krankheitserscheinungen. Ein Hund hatte am zweiten Tag stressbedingte gastrointestinale Probleme. Der andere Hund zeigte am dritten Tag eine geringgradige Stützbeinlahmheit an allen vier Gliedmaßen, die vermutlich durch Ballenabration bedingt war, da keine Schnittwunden an den Pfoten oder erhöhte Laktat- oder CK-Werte im Blut gefunden wurden. Dies sind deutlich weniger Krankheitsanzeichen als in der Studie von Slensky et al. (2004) nach einem realen Katastropheneinsatz beschrieben wurden. Diese geringere Gesundheitsbelastung ist sicher auf den Zustand der Schadstellen zurückzuführen. In vorliegender Studie waren die Trümmer bereits seit längerem aufgeschichtet, was die Staubbelastung der Luft im Vergleich zu Schadstellen nach Katastrophen deutlich reduzierte und damit Probleme mit dem Atemtrakt bei den untersuchten Rettungshunden verhinderte. Scharfkantige Gegenstände waren auch auf den Trümmerfeldern vorhanden, aber es kam trotzdem zu keinen Schnittwunden an den Pfoten. Diese Probleme kamen in den Studien von Duhaime et al. (1998) sowie Slensky et al. (2004) in Katastropheneinsätzen am häufigsten vor. Die häufig beobachtete Müdigkeit der Hunde während und nach Sucheinsätzen (Duhaime et al., 1998; Slensky et al., 2004) wurde auch in dieser Studie deutlich. Bereits am Ende des ersten Tages zeigten 25% der Hunde deutliche Ermüdungsanzeichen. Dies steigerte sich auf 30% am zweiten Tag und am Ende der Untersuchung zeigten 63% der Hunde deutliche Anzeichen von Ermüdung. Dies ist ein Zeichen für die physische und psychische Belastung der Hunde und deutet auf die immer stärker werdende Belastung mit fortschreitender Suchdauer hin.

5.2.2. Sucharbeit

Die Suchzeiten bis zum Auffinden eines Opfers sind stark umweltabhängig. So wird die Möglichkeit der Hunde den Geruch des Opfers aufzuspüren und dieser Geruchsbahn bis zum Opfer zu folgen durch starken Wind oder hohe Sonneneinstrahlung erschwert. Jedoch waren die Hunde in dieser Studie bei 91% der Suchen innerhalb von 10 min erfolgreich. Dabei zeigten sich keine Unterschiede zwischen Hunden, die regelmäßig auf dem Tritolgelände übten, denen somit die Schadstellen vertraut waren, und den Hunden, die sich zum ersten Mal auf dem Tritolgelände befanden. Dies zeigt, dass Hunde ein hocheffektives und schnelles Hilfsmittel beim Aufspüren von Verschütteten sind. Lediglich zwei der 236 Suchen wurden als nicht erfolgreich gewertet, da die Hunde das Opfer nicht innerhalb von 20 min finden konnten. Beide nicht erfolgreichen Suchen ereigneten sich am dritten Versuchstag bei den beiden jüngsten Hunden. Dies ist sicherlich zum Großteil auf die starke Ermüdung der Hunde am letzten Versuchstag zurückzuführen und nicht allein auf die Umweltbedingungen. Dafür spricht auch, dass die Suchzeiten am dritten Tag insgesamt länger waren als an den beiden anderen Versuchstagen. Die anhaltend hohe Suchmotivation der Hunde während der gesamten drei Versuchstage ist sicherlich zum einen auf ein sehr gutes Training der Rettungshunde zurückzuführen. Zum anderen war der Versuchsaufbau mit dem positiven Abschluss jeder Sucheinheit - jeder Hund fand am Ende einer 20-minütigen Suche ein weiteres Opfer - mit ein Grund für das „Durchhaltevermögen“ der getesteten Rettungshunde. Dieser positive Abschluss der Suchen sollte auch im Ernstfall für die Hunde geschaffen werden, um die Suchmotivation bei mehrtägigen Sucheinsätzen zu erhalten.

Als wichtiger Einflussfaktor auf die Suchdauer erwies sich das Alter der Hunde. Die Gruppe der unter 4 - jährigen Hunde hatte signifikant längere Suchzeiten als die älteren Hunde und beide nicht erfolgreichen Suchen dieser Studie wurden von den jungen Hunden verursacht. Die jungen Hunden können anscheinend aufgrund ihrer geringeren Erfahrung eine Geruchsbahn noch nicht so zielstrebig verfolgen wie die älteren Hunde und sind vor allem, wenn ein direkter Zugang zum Opfer nicht möglich ist, teilweise noch nicht in der Lage über „Umwege“ auszuweichen und so zum Opfer zu gelangen.

5.2.3. Aktivität

Das mittels ActiTrac® gemessene Aktivitätsniveau während der Trümmersuchen lag durchschnittlich bei $216,30 \pm 90,17$ mG bis $238,02 \pm 96,22$ mG und somit ungefähr auf gleichem Niveau wie bei der alpinen Trümmersuche in der Studie von Wust (2006). Demzufolge kann die Suchaktivität von Rettungshunden auf Schadstellen mit derjenigen von alpinen Trümmersuchen verglichen werden

Die Aktivität während der vier Suchen lag am zweiten Versuchstag signifikant über den anderen beiden Versuchstagen. Dies lässt sich dadurch erklären, dass die Hunde sich am ersten Tag an das schwierige Gelände gewöhnen mussten und sich auf den Trümmern langsam und vorsichtig bewegten. Am zweiten Tag bewegten sich die Hunde bereits sicherer und somit schneller auf den Trümmern. Dies stimmt auch mit der Einschätzung der Hundeführer überein, dass die Hunde am zweiten Versuchstag die beste Sucharbeit geleistet haben. Am dritten Tag sank die Aktivität aufgrund der Ermüdung der Hunde dann wieder auf das Aktivitätslevel des ersten Versuchstages ab. Ein Unterschied im Aktivitätslevel während der vier Suchen eines Tages ließ sich nur am zweiten Versuchtag statistisch nachweisen. Hier war die Aktivität der Hunde während der zweiten Suche des Tages signifikant höher als während der vierten Suche, was durch die Ermüdung der Hunde mit fortschreitender Suchdauer verursacht wurde. Dieser Aktivitätsabfall in der dritten bzw. vierten Suche ist auch an den anderen beiden Versuchstagen zu sehen, jedoch ist der Abfall aufgrund der insgesamt geringeren Aktivität der Hunde an diesen Tagen statistisch nicht signifikant.

Die Hunde wiesen während den drei Versuchstagen in den Ruhephasen eine durchschnittliche Aktivität von $9,94 \pm 16,53$ mG bis $13,24 \pm 34,15$ mG auf. Damit lagen die Aktivitätswerte sehr niedrig und unter den in der Studie von Wust (2006) gemessenen Werten, was auf die Lagerungsart v.a. in Boxen in dieser Studie zurückzuführen ist. Die Aktivität während den Ruhephasen (Pausen bzw. Erholung) war in den ersten 40 min annähernd gleich niedrig. Im letzten Abschnitt der Pausen hingegen kam es zu einem deutlichen Aktivitätsanstieg, welcher höchstwahrscheinlich durch die Vorbereitung der Hundeführer auf die nächste Suche und die dadurch bei den Hunden verursachte „Aufbruchsstimmung“ bedingt wurde.

Die Aktivität während der Probenahmen lag zwischen $47,87 \pm 28,21$ mG und $59,94 \pm 50,89$ mG und damit ungefähr auf dem Niveau der Probenahmen in der Studie von Wust (2006). Verglichen mit der Aktivität während der entsprechenden Ruhe-, Pausen- oder Erholungszeit, war die Aktivität während der Probenahmen höher. Dies

ist dadurch bedingt, dass die Hunde dafür aus den Boxen geholt wurden bzw. aufstehen mussten. Insgesamt tolerierten die Hunde die Speichelprobenentnahme sehr gut und machten keine besonderen Abwehrbewegungen. Die Aktivität während der Probenahmen am dritten Versuchstag war signifikant geringer als am zweiten Tag. Bedingt sein könnte dies dadurch, dass die Probenahmen immer mehr zur Routine wurden.

Die Hunde wiesen während der zwei Nächte eine sehr geringe Aktivität von $2,45 \pm 7,10$ mG bis $3,06 \pm 9,05$ mG auf. Dies belegt, dass die Hunde während der Nacht ruhten und die Zeit zur Erholung nutzten. Mit Hilfe der gemessenen Aktivitätswerte lässt sich jedoch keine Aussage darüber treffen, ob die Hunde dabei auch schliefen.

Einflussfaktoren

Als statistisch signifikanter Einflussfaktor auf die Aktivität erwies sich die Außentemperatur während der Ruhephasen. Die Witterung während der Studie reichte von Sonnenschein, über starken Wind bis hin zu strömendem Regen. Dementsprechend unterschiedlich wurden die Hunde in den Ruhephasen gelagert. Bei kalter Witterung lagen die Hunde in den Ruhephasen in ihren Boxen oder am Lagerplatz unter der Überdachung. Dagegen lagerten die Hunde bei schönem Wetter neben ihren Hundeführern oder die Hundeboxen standen im Freien. Durch diese unterschiedliche Lagerung bewegten sich die Hunde bei schönem Wetter mehr, denn sie hatten eine bessere Sicht auf ihre Umgebung. Die Suchaktivität hingegen wurde von der Außentemperatur nicht beeinflusst. Dies liegt sicherlich an den relativ gemäßigten Außentemperaturen (durchschnittlich $16,4^{\circ}\text{C}$ am Lagerplatz und $20,5^{\circ}\text{C}$ auf den Schadstellen). Nur im letzten Versuchsblock lagen die Tagestemperaturen im Mittel über 20°C . Jedoch wehte auch hier ein mäßiger bis starker Wind, wodurch eine Art „Windchill“ - Effekt auftrat, der eine optimale Wärmeabgabe des Körpers an die Umgebung ermöglichte (siehe auch Diskussion Körpertemperatur). Dadurch herrschten für die Hunde optimale Umgebungsbedingungen, um eine ausdauernde Laufarbeit verrichten zu können.

5.2.4. Herzfrequenz

Die Herzfrequenz der Rettungshunde lag während der Suchen durchschnittlich zwischen $143,63 \pm 26,66$ bpm und $150,61 \pm 23,33$ bpm und damit auf dem Niveau der Belastungsherzfrequenz der Rettungshunde in den Studien von Köhler (2004) und Wust (2006). Dies spricht dafür, dass Rettungshunde während der Sucharbeit mit einer für sie optimalen Herzfrequenz laufen. Diese Herzfrequenz wurde von den Hunden während der gesamten Suchdauer ziemlich konstant gehalten. Geht man von der Definition der „steady - state“ Belastung von Sanders et al. (1977) aus, dann können Rettungshunde nur bis zu einer maximalen Herzfrequenz von 200 bis 210 bpm ihre Arbeit, sprich Schnüffeln und Laufen, verrichten. Diese maximale Herzfrequenz wurde auch schon in der Studie von Wust (2006) auf ungefähr diesem Niveau festgelegt.

Am ersten Versuchstag erreichten die Hunde während der vier Suchen signifikant höhere Herzfrequenzen als an den anderen beiden Tagen, obwohl die Aktivität während den Suchen am zweiten Versuchstag signifikant am höchsten lag. Diese Diskrepanz zwischen höchsten Herzfrequenz- und Aktivitätswerten lässt sich durch die psychische Belastung der Hunde erklären. Denn laut Galosy et al. (1979), Grignolo et al. (1982), Beerda et al. (1997), und Bergeron et al. (2002) steigt die Herzfrequenz auch aufgrund von psychischem Stress an. Am ersten Tag hatten viele Hunde Probleme mit dem schwierigen Trümmergelände und bewegten sich relativ „verkrampt“ und vorsichtig auf diesem fort. Die signifikant höhere Herzfrequenz wurde am ersten Tag demnach durch die Anspannung der Hunde während der Suchen ausgelöst. Am zweiten Versuchstag hatten sich die Hunde bereits an das Trümmergelände gewöhnt und konnten sich schneller und sicherer bewegen, wodurch die aufgezeichnete Aktivität signifikant anstieg und die Herzfrequenz gleichzeitig abfiel. Am dritten Tag zeigten 63% der Hunde bereits deutliche Ermüdungsanzeichen, weswegen die Aktivität während der Suchen bei gleich bleibender Herzfrequenz sank, ein Zeichen für die zunehmende physische Belastung und Ermüdung der Hunde. Zwischen den vier Suchen des ersten Versuchstages zeigte sich kein signifikanter Unterschied in der Herzfrequenz. Bereits in der Studie von Wust (2006) hatte sich gezeigt, dass die Belastungsherzfrequenz in zwei aufeinander folgenden Suchen konstant blieb. Dagegen deutete sich am zweiten und dritten Versuchstag eine geringere Herzfrequenz während der vierten Suche an. Da die Aktivität während der vier Suchen nur mäßig und statistisch nicht nachweisbar abfiel, kann die physische

Belastung nicht alleinige Ursache für den Herzfrequenzabfall gewesen sein. Vermutlich spiegelt die geringere Herzfrequenz die geistige Ermüdung der Rettungshunde nach drei 20-minütigen Suchen wider, was bedeutet, dass die Suchmotivation (= positive psychische Erregung) in der vierten Suche nachweisbar nachgelassen hat.

Während der Ruhephasen ergaben sich durchschnittliche Herzfrequenzen zwischen $88,91 \pm 19,65$ bpm und $93,38 \pm 27,44$ bpm. Diese Ruheherzfrequenzen liegen im unteren Bereich der Referenzwerte für Hunde (Baumgartner, 1999; Harmeyer, 2005). Dass die Ruhewerte im unteren Bereich des Referenzwertes liegen, wird dadurch bedingt, dass es sich in dieser Studie um mittelgroße bis große, trainierte Hunde handelte. Während der Pausen und in der Erholung nach den einzelnen Suchdurchgängen sanken die Herzfrequenzen innerhalb von 20 min, am zweiten Tag teilweise erst nach 40 min auf Werte ab, die sich nicht mehr signifikant von der Ausgangsherzfrequenz während der Ruhe unterschieden. Die Ergebnisse sind vergleichbar mit denen aus den Studien von Köhler (2004) sowie Wust (2006). In diesen Studien erreichten die Herzfrequenzen nach zwei aufeinander folgenden 20-minütigen Suche ebenfalls nach 20 - 40 min Pause wieder die Ausgangsherzfrequenzen. Demnach ist das Herz-Kreislauf-System gut trainierter Rettungshunde in der Lage auch bei vier Suchen (bzw. 80 min Sucharbeit) sich innerhalb von 20 - 40 min wieder zu regenerieren. Dass die Herzfrequenz am zweiten Tag erst später wieder die Ruheherzfrequenz erreichte, liegt sehr wahrscheinlich an der generell höheren Aktivität der Hunde an diesem Tag. Dass die Herzfrequenz während der Pausen am dritten Tag deutlich unter der Herzfrequenz der beiden anderen Tage lag, wird vermutlich dadurch bedingt, dass die Hunde sich an die ungewohnte Situation gewöhnt hatten und zusätzlich aufgrund der Belastungen an den beiden Tagen zuvor mehr schliefen.

Die Herzfrequenz zu den Probenahmezeitpunkten lag mit $103,33 \pm 17,81$ bpm bis $109,46 \pm 25,44$ bpm auf einem Niveau mit den Herzfrequenzwerten in der Studie von Wust (2006). Die Herzfrequenz während der Pausen und in der Erholung ist verglichen mit der Herzfrequenz während der Probenahmen deutlich geringer. Dies wird durch das Herausholen der Hunde aus den Boxen bzw. das Aufstehen zur Probenahme und die damit verbundene Aktivierung des Herz-Kreislaufsystems, sowie das Handling bedingt. Die Herzfrequenz der Rettungshunde nahm während der Probenahmen vom ersten auf den dritten Versuchstag kontinuierlich ab. Da die

Aktivität während der Probenahmen am zweiten Tag am höchsten war, ist die höhere Herzfrequenz am ersten Tag vermutlich durch das ungewohnte Handling bedingt.

Einflussfaktoren

Die Körpertemperatur beeinflusste wie auch schon in den Studien von Wust (2006) und Pauly (2007) die Herzfrequenz während der Pausen und in der Erholung. Eine um $0,1^{\circ}\text{C}$ höhere Körpertemperatur bewirkte eine um $0,58 - 1,48$ bpm höhere Herzfrequenz. Dies deutet darauf hin, dass durch die höhere Körpertemperatur das Herzkreislaufzentrum aktiviert wird, um eine raschere Abkühlung zu erreichen.

Die Herzfrequenz wurde in dieser Studie während der Ruhe, sowie den Pausen und der Erholung von der Aktivität beeinflusst. Eine um 10 mG höhere Aktivität verursachte eine um $2,10 - 2,24$ bpm höhere Herzfrequenz. Bei den Suchen und den Probenahmen spielte dieser Einfluss keine Rolle. Während der Suchen laufen die Hunde in einem Herzfrequenzoptimum und die Aktivität wird an dieses Herzfrequenzoptimum angepasst. In der Ruhephase hingegen reagiert das Herzkreislauf-System bereits auf geringe Aktivitätsänderungen und aus diesem Grund ist nur hier ein Einfluss der Aktivität auf die Herzfrequenz statistisch nachweisbar.

Die Ruheherzfrequenz wurde in dieser Untersuchung nicht, wie in den Studien von Strasser et al. (1997a; 1997b) an Beaglen beschrieben, vom Alter beeinflusst. Während der Suchen ließ sich anders als in den Untersuchungen an Laborhunden von Strasser et al. (1997a; 1997b), sowie Wust (2006) an Rettungshunden ebenfalls kein Unterschied in der Herzfrequenz bei den verschiedenen Altersgruppen feststellen. Dieser fehlende Einfluss des Alters auf die Ruhe- wie auch Belastungsherzfrequenz könnte durch den guten Trainingszustand der Hunde bedingt sein, der den Alterseinfluss verschwinden lässt. Als weiterer Grund ist die relativ einheitliche Altersstruktur der untersuchten Rettungshunde zu nennen, in der keine ganz jungen und ganz alten Hunde vorkamen.

Die Herzfrequenz wurde zusätzlich noch von der Außentemperatur beeinflusst. Über den gesamten Kurvenverlauf gesehen stieg die Herzfrequenz bei einer um 1°C höheren Außentemperatur um $0,01 - 0,31$ bpm. Ähnliche Beobachtungen machten auch schon Kruk et al. (1985), die durch eine Kühlung der Hunde von außen eine Reduktion der Herzfrequenz während der Belastung erreichten.

5.2.5. Körpertemperatur

Die Ausgangskörpertemperatur der Rettungshunde lag an allen drei Tagen zwischen $38,57 \pm 0,36^\circ\text{C}$ und $38,63 \pm 0,23^\circ\text{C}$. Diese Werte entsprechen den Referenzwerten für große Hunde (Baumgartner, 1999) und sind vergleichbar mit der Körpertemperatur von Sport- und Arbeitshunden vor der Belastung in den Untersuchungen von Ilkiw et al. (1989), Köhler (2004) und Wust (2006).

Die Nachbelastungskörpertemperatur lag gemittelt über alle Suchen bei $39,32 \pm 0,35^\circ\text{C}$ und damit etwas unter dem Niveau der Belastungswerte nach alpinen Flächen- und Trümmersuchen in den Studien von Köhler (2004) und Wust (2006). Dies lässt sich dadurch erklären, dass die Hunde sich insbesondere bei Flächensuchen schneller bewegen können als auf Trümmern, weswegen die Körpertemperatur während gleichlanger Trümmersuchen weniger stark ansteigt. Die Belastungskörpertemperaturen unterschieden sich zwischen den vier Suchen eines Tages nicht signifikant. Bereits in der Studie von Wust (2006) waren bei zwei aufeinander folgenden Suchen keine kumulativen Effekte aufgetreten. Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass auch durch eine Verdoppelung der Arbeitsleistung keine erhöhten Belastungskörpertemperaturen verursacht werden.

Die Körpertemperatur lag während der Ruhephasen (Pausen und Erholung) bei durchschnittlich $38,79 \pm 0,33^\circ\text{C}$ bis $38,82 \pm 0,35^\circ\text{C}$. Dabei sank die Körpertemperatur kontinuierlich innerhalb der Pausen ab. Während der ersten 20 min sank die Körpertemperatur aufgrund der höheren Ausgangstemperatur unmittelbar nach den Suchbelastungen schneller ($0,25 - 0,44^\circ\text{C}$) als während der zweiten 20 min ($0,07 - 0,18^\circ\text{C}$). Die Ruhekörpertemperatur wurde innerhalb von 20 - 40 min nach Ende der Suchdurchgänge erreicht. Dies ist vergleichbar mit den Ergebnissen der Studien von Köhler (2004), Wust (2006) und Pauly (2007) an Rettungs- und Schutzhunden.

Die Körpertemperatur war während der Probenahmen durchschnittlich um $0,06 - 0,12^\circ\text{C}$ höher als während der entsprechenden Pausen- und Erholungszeiten. Dies wird sicher zum einen durch das Handling und die höhere Aktivität während der Probenahmen bedingt. Zum anderen erfolgte innerhalb der Erholungsphasen ein konstanter Abfall der Körpertemperatur, weswegen die Körpertemperatur während der Probenahmen höher lag als in den nachfolgenden Pausenabschnitten.

Einflussfaktoren

Ein Alterseinfluss auf die Körpertemperatur in Ruhe, wie in der Literatur von Strasser et al. (1997a; 1997b) beschrieben, konnte in vorliegender Studie nicht nachgewiesen werden. Auch für die Körpertemperatur nach körperlicher Belastung konnte ein solcher Einfluss, im Gegensatz zu den Studien von Strasser et al. (1997a; 1997b), sowie Köhler (2004) nicht nachgewiesen werden. Dies wird vermutlich durch die Altersverteilung der Rettungshunde in dieser Studie bedingt, da nur Hunde im Alter von 2,5 - 8 Jahren teilgenommen haben.

Der in der Studie von Wust (2006) nachgewiesene Einfluss der Fellstruktur auf die Körpertemperatur von Rettungshunden nach Suchbelastung, konnte in dieser Studie nicht nachgewiesen werden. Der fehlende Einfluss der Fellstruktur auf die Belastungskörpertemperatur in dieser Studie hängt allerdings sicherlich mit den moderaten Außentemperaturen und dem stets vorhandenen Wind während dieser Studie zusammen, da dieser das isolierende Fell verwirbelt und so den Einfluss verschiedener Fellstrukturen verringert.

Der fehlende Einfluss der Umgebungstemperatur auf die Körpertemperatur in dieser Studie lässt sich ebenfalls durch die moderate Außentemperatur und den mäßigen bis starken Wind erklären. Durch diese beiden Faktoren konnten die Hunde die überschüssige Wärmeproduktion während der Sucharbeiten optimal an ihre Umgebung mittels Konvektion und Radiation abgeben (siehe auch Diskussion Aktivität).

5.2.6. *Speichelkortisol*

Der Ausgangswert des Kortisols im Speichel lag am ersten Versuchstag durchschnittlich bei $3,71 \pm 2,04$ nmol/l und somit in einem Bereich, der in der Literatur (Vincent & Michell, 1992; Beerda et al., 1998; Kobelt et al., 2003) für ruhige, entspannte und nicht gestresste Tiere angegeben wird. In den Studien von Beerda et al. (1997), Kuhn et al. (1991) und Bergeron et al. (2002), sowie Hennessy et al. (1997) und Clark et al. (1997) konnten nach Transport und Aufenthalt in neuer Umgebung deutlich erhöhte Kortisolwerte gemessen werden. Obwohl die meisten Rettungshunde zu diesem Zeitpunkt einen mehrstündigen Transport im Auto und eine Nacht auf dem Tritolgelände hinter sich hatten, wiesen sie keine erhöhten Kortisolwerte auf. Das ist

darauf zurückzuführen, dass die Hunde an lange Transporte und eine fremde Umgebung gewöhnt sind und dies keinen Stressfaktor für sie darstellt.

Während der drei Versuchstage war der Verlauf der Speichelkortisolkonzentration ziemlich einheitlich. Durch die Suchbelastungen stieg die Speichelkortisolkonzentration der Hunde wie auch in der Literatur beschrieben (Köhler, 2004; Wust, 2006; Pauly, 2007) stets an. Diese Anstiege werden einerseits durch die körperliche Laufarbeit und andererseits durch die Konzentration während der Nasenarbeit ausgelöst. Die Speichelkortisolpeaks wurden unmittelbar nach der Suche oder 20 min später erreicht. In den Studien von Wust (2006) und Pauly (2007) erreichten die Kortisolwerte erst 20 - 40 min nach der Belastung ein Maximum. Dass die Kortisolwerte in dieser Studie bereits direkt nach der Belastung ihre Peaks erreichten, kann durch die Zeit, die für den Hin- bzw. Rückweg benötigt wurde (6 - 20 min), erklärt werden. Die Hunde befanden sich bereits auf dem Hinweg zur Schadstelle in einer freudigen Erregungslage, wodurch es zu einer Aktivierung der Hypothalamus-Hypophysen-Nebennieren-Achse kam und der Kortisolspiegel stieg. Nach dem Anstieg durch die Suchbelastung fiel der Kortisolspiegel durch das Ruheverhalten der Hunde wieder ab. Der bereits gegen Ende der Pause wieder ansteigende Speichelkortisolspiegel ist wahrscheinlich dadurch bedingt, dass die Hunde durch die zur Suche aufbrechenden Teams sowie die allgemeine Unruhe am Lagerplatz wieder in einen Status erhöhter Erregung versetzt wurden. Trotz der signifikanten Kortisolpeaks nach den Suchen lagen die Kortisolwerte insgesamt in einem Bereich, der weit von den Werten gestresster Hunde entfernt ist (Beerda et al., 1996; 1997; 1998; Bergeron et al., 2002). Jedoch zeigten die Speichelkortisolkurven am zweiten und dritten Tag nach der letzten Suche einen deutlichen Anstieg. Dieser Anstieg liegt über den Kortisolpeaks der anderen drei Suchen und könnte einerseits durch die körperliche Belastung der vier Suchen (insgesamt 80 min) bedingt sein. Jedoch zeigt sich am zweiten und dritten Versuchstag auch in der Herzfrequenz eine Veränderung während der vierten Suche, die als Motivationsverlust interpretiert werden kann (siehe Diskussion Herzfrequenz). Dieser Motivationsverlust der Hunde mit gleichzeitigem Kortisolanstieg kann als deutlicher Hinweis auf eine stärkere Belastung der Rettungshunde gewertet werden. Demnach wird durch die vierte Suche eine Grenze erreicht, an der die Hunde von Eustress (positive Erregungslage, hohe Suchmotivation) zum Distress (Beginn negative Grundstimmung, sinkende Suchmotivation) wechseln.

5.2.7. Blutwerte

Glukose

Die Blutglukosewerte lagen an allen drei Tagen vor der Belastung zwischen $2,89 \pm 0,58$ mmol/l und $3,34 \pm 0,68$ mmol/l. Nach der Belastung war der Glukosespiegel mit $3,50 \pm 0,49$ mmol/l bis $3,60 \pm 0,58$ mmol/l stets höher als vor der Belastung, aber immer noch im unteren Bereich des Referenzwertes (Kraft et al., 2005a) von 3,1 - 6,7 mmol/l. Dass die Blutglukosewerte vor der Belastung trotz Fütterung der Hunde und der freudigen Erwartungshaltung der Hunde so gering waren, deutet darauf hin, dass die Hunde zuvor viel Energie verbraucht hatten. Da viele Hundeführer bereits am Vorabend des ersten Versuchstages angereist waren, hatten die Hunde am Morgen des ersten Versuchstages bereits eine Nacht auf dem Tritolgelände verbracht. Die Außentemperaturen während der Nächte waren verhältnismäßig niedrig (durchschnittlich $8,86 \pm 3,16^\circ\text{C}$ bis $10,1 \pm 4,2^\circ\text{C}$), weshalb die Hunde zur Aufrechterhaltung der Körpertemperatur relativ viel Energie bereitstellen mussten. Eine weitere Erklärung wäre, dass die Hunde während der Nacht aufgrund der ungewohnten Situation nur ruhten, was durch die Aktivitätsaufzeichnung belegt wurde, aber nicht schliefen, und deshalb mehr Energie verbrauchten. Der Anstieg des Glukosespiegels durch körperliche Belastung bestätigt die Ergebnisse von Köhler (2004), Snow et al. (1988), Ilkiw et al. (1989) sowie Rose & Bloomberg (1989). Dieser Anstieg ist die physiologische Reaktion auf die Ausschüttung von Kortisol durch die physische und psychische Belastung der Hunde.

Einen Einfluss des Alters auf die Glukosekonzentration wie bei Strasser et al. (1993b) beschrieben, ließ sich in dieser Studie nur vor der Belastung am dritten Tag nachweisen. Hier hatten die jungen Hunde deutlich niedrigere Blutglukosespiegel als die mittelalten Hunde. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass die jungen Hunde im Unterschied zu den mittelalten Hunden auch während der zweiten (bzw. dritten) Nacht nicht richtig schliefen und deshalb mehr Energie verbrauchten.

Muskelstoffwechsel (Laktat und CK)

Die Laktat-Ruhewerte lagen an allen drei Tagen vor der Belastung zwischen $2,06 \pm 0,52$ mmol/l und $2,19 \pm 0,67$ mmol/l. Damit liegen sie innerhalb des von Kraft et al. (2005a) vorgegebenen Referenzwertes und auf einem ähnlichen Niveau wie die Laktat-Ruhewerte der Rettungshunde in der Studie von Köhler (2004). Durch die Belastung veränderten sich die Werte kaum. Dies deutet darauf hin, dass die

Energiebereitstellung während der Trümmersuchen hauptsächlich auf aerobem Weg erfolgte und es sich bei den untersuchten Rettungshunden um gut trainierte Hunde handelte.

Die CK-Aktivität lag nur bei der ersten Probenahme am ersten Versuchstag innerhalb des Referenzbereichs. Die Aktivität der Kreatinkinase nach der Belastung lag an allen drei Tagen signifikant über der Aktivität vor der Belastung. Die 80 - minütige Suchbelastung verursachte bereits am ersten Tag einen deutlichen CK-Anstieg von 139,7 IU/l. Am zweiten und dritten Tag fiel der Anstieg geringer aus, da die morgendlichen Ausgangswerte bereits erhöht waren. Über alle drei Versuchstage blieb der CK-Belastungswert somit auf gleichem Niveau, obwohl die Laufbelastung immer stärker wurde. Dies spricht für gut trainierte Hunde, da der Anstieg insgesamt nicht so hoch ausfiel und damit kaum Muskelschädigungen, sondern vor allem Permeabilitätsänderungen als Ursache in Frage kommen (Snow et al., 1988). Des Weiteren gewöhnten sich die Hunde an das Laufen auf den Trümmern. Durch das verkrampfte Laufen am ersten Tag stiegen die Ck-Werte so stark an, am zweiten Tag als die Hunde sich wesentlich entspannter über die Trümmer bewegten, lagen die CK-Werte trotz deutlich höherer Laufaktivität auf gleichem Niveau. Am dritten Tag wurde die muskuläre Ermüdung deutlich, da hier die Laufaktivität geringer war, die CK-Werte aber wieder auf das gleiche Niveau anstiegen.

Leukozyten

Der Leukozyten-Ausgangswert am ersten Tag lag bei $7591,67 \pm 2596,87 \times 10^6 /l$, am dritten Tag nach der Belastung waren die Leukozyten auf $8458,33 \pm 2614,11 \times 10^6 /l$ angestiegen, lagen aber immer noch im von Kraft et al. (2005b) angegebenen Referenzbereich. Dieser Anstieg der Leukozytenzahl nach körperlicher Belastung wurde auch schon in Studien von Matwichuk et al. (1999), Rose & Bloomberg (1989), sowie Pauly (2007) festgestellt. Der Anstieg ist auf den gesteigerten Blutdruck während der Suchen und die damit verbundene Mobilisierung der Leukozyten von den Gefäßwänden zurückzuführen (Ilkiw et al., 1989; van Eeden et al., 1999). Während der ersten Nacht kam es zu einem deutlichen Abfall der Leukozyten. Dieser war in der zweiten Nacht nicht mehr vorhanden. Dies deutet daraufhin, dass die Erholungszeit während der Nacht vom zweiten auf den dritten Versuchstag nicht ausreichte, um eine vollständige Regeneration der Leukozytenzahlen zu erreichen. Beziehungsweise der Stress während des zweiten Versuchstags und die damit verbundene vermehrte

Kortisolfreisetzung die Wiederanheftung der Granulozyten an die Gefäßwände verhinderten und deshalb die Leukozytenzahl nicht mehr abfiel.

Die absoluten Monozytenzahlen lagen im Mittel bei allen Proben im oberen von Kraft et al. (2005b) angegebenen Referenzbereich bzw. knapp darüber. Da laut Kraft et al. (2005b) die Monozyten bei akutem Stress ansteigen, sprechen die hohen Monozytenzahlen für eine Stresssituation. In der ersten Nacht erfolgte noch ein Abfall der Monozyten auf den Ausgangswert. Während der zweiten Nacht erfolgte kein Abfall und die Monozytenzahlen blieben etwa auf gleichem Niveau. Was vermutlich durch die steigende Belastung und den zunehmenden Stress ausgelöst wurde. Gleiches gilt für die Lymphozyten. Die Lymphozyten blieben am ersten und zweiten Versuchstag vor und nach der Belastung innerhalb des Referenzbereichs auf annähernd gleichem Niveau. Am dritten Tag kam es zu einem signifikanten Abfall, der ebenfalls auf den größer werdenden akuten Stress hindeutet.

Die Granulozytenzahlen lagen während des gesamten Untersuchungszeitraums innerhalb des von Kraft et al. (2005b) angegebenen Referenzbereichs. An allen drei Tagen kam es durch die Suchbelastung zu einem signifikanten Anstieg der absoluten Granulozytenzahlen. Dies bestätigt die Untersuchungen von Rose & Bloomberg (1989), Beerda et al. (1997), Matwichuk et al. (1999) sowie Bergeron et al. (2002) und Pauly (2007), dass es durch körperliche Belastung zu einem Anstieg der Granulozyten bei Hunden kommt. Innerhalb der drei Versuchstage stiegen die Vor- wie auch die Nach-Belastungswerte deutlich, wenn auch nicht signifikant, an. Hierbei könnte es sich um den von Ronsen et al. (2001) beim Menschen beschriebenen „carryover - Effekt“ handeln, bei dem es durch eine zweite Belastung zu einem stärkeren Anstieg der Immunzellen kam, als durch die erste Belastung. Bei den unter vierjährigen Hunden lag am ersten und dritten Tag die Granulozytenzahl deutlich höher als die der 4 - 7 Jahre alten Hunde. Für die jüngeren Hunde scheint die dreitägige Suchbelastung und die ungewohnte Umgebung eine stärkere Belastung gewesen zu sein als für die älteren, bereits erfahrenen Rettungshunde.

Hämatokrit und Hämoglobinkonzentration

Der Hämatokrit und die Hämoglobinkonzentration veränderten sich während des gesamten Untersuchungszeitraums nicht signifikant. Während der Hämatokrit im unteren Bereich des Referenzwertes für Hunde lag, bewegte sich die Hämoglobinkonzentration im oberen von Kraft et al. (2005b) angegebenen

Referenzbereich. Da es sich bei den Rettungshunden, um gut trainierte Hunde handelt und die Hämoglobinkonzentration im Gegensatz zum Hämatokrit (Sneddon et al., 1989; Mägerlein et al., 1999) durch Training gesteigert werden kann, dürfte dies der Grund für die hohe Hämoglobinkonzentration bei gleichzeitig niedrigem Hämatokrit sein.

5.3. Schlussfolgerung

Mit Hilfe der untersuchten Parameter ließ sich eine deutliche physische und psychische Belastung der Rettungshunde während der dreitägigen Sucharbeit nachweisen.

Die Belastung lag dabei am 1. Versuchstag in einem Bereich, der auch in den Vorgängerstudien von Köhler (2004) und Wust (2006) bei nur 2 x 20 min Suche erreicht wurde. Selbst bei verdoppelter Suchdauer bleibt somit die Belastung für gut trainierte Rettungshunde am 1. Tag im submaximalen Bereich.

Am 2. Tag zeigten die Hunde eine deutliche Leistungssteigerung mit einer signifikant höheren Suchaktivität und den schnellsten Auffindezeiten. Die höhere Suchaktivität und das schnellere Auffinden der Opfer sind darauf zurückzuführen, dass sich die Hunde an das schwierige Trümmergelände gewöhnt hatten und sich merklich sicherer und schneller darauf bewegten. Während der 4. Suche brach die Aktivität der Hunde jedoch ein. Zusätzlich zeigten sich am Ende des 2. Tages Veränderungen im weißen Blutbild und im Kortisolspiegel, die auf eine stärker werdende physische und psychische Belastung hinweisen. Entscheidend scheint am 2. Tag die 4. Suche gewesen zu sein, da die Hunde hier deutliche körperliche (sinkende Aktivität und Herzfrequenz) sowie geistige Ermüdungserscheinungen (verringerte Suchmotivation) mit gleichzeitig steigendem Stresslevel (Kortisol) zeigten.

Die stärker werdende physische und psychische Belastung setzte sich am 3. Tag fort und zeigte sich zum einen in einer Zunahme der stressbedingten Veränderungen des weißen Blutbildes, zum anderen in einer signifikant niedrigeren Suchaktivität und verlängerten Suchzeit bis zum Auffinden des Opfers. Wobei sich auch hier die 4. Suche als besonders belastend herausstellte. Trotz der steigenden Belastung blieben die Hunde über den gesamten dreitägigen Versuchszeitraum ein extrem schnelles und effektives Hilfsmittel bei der Trümmersuche und keine einzige Suche musste abgebrochen werden.

Gut trainierte Rettungshunde sind den physischen und psychischen Anforderungen von mehrtägigen Trümmersuchen gewachsen und es kann sogar mit einer Leistungssteigerung am 2. Einsatztag gerechnet werden, wenn geeignete Such- und Erholungszeiten eingehalten werden. Die Erfahrungen dieser Studie zeigen, dass einzelne Sucheinheiten bei mehrtägigen Sucheinsätzen zwischen 10 und 20 Minuten und die Pausen zwischen den Sucheinheiten mindestens 40 Minuten dauern sollten.

Mit Hilfe dieser Suchintervalle bleibt die Belastung der Rettungshunde im submaximalen Bereich, wodurch die Leistungsfähigkeit der Hunde lange erhalten bleibt. Außerdem zeigen die Erfahrungswerte dieser Studie, dass gut trainierte Rettungshunde - wenn die Umweltbedingungen es grundsätzlich zulassen - ein Opfer in über 90% der Fälle innerhalb von 10 Minuten aufspüren. Die Gesamtsuchzeit des ersten Tages sollte dabei aber nicht mehr als 80 Minuten betragen und an den folgenden Tagen auf maximal 60 Minuten reduziert werden. Diese empfohlenen Suchzeiten sollten bei jungen, unerfahrenen Hunden deutlich unterschritten werden, da hier die Gefahr der Überforderung sehr hoch ist. Generell sollten die Suchzeiten bei ungünstigen Umweltbedingungen verkürzt werden. Zusätzlich gilt, dass die Suchmotivation durch ein Erfolgserlebnis des Hundes nach jeder Sucheinheit, z.B. durch eine kurze Anzeigeübung, auch bei mehrtägigen Einsätzen aufrechterhalten werden kann.

Trotz des hohen Erfolgsdruckes, dem Hundeführer während Einsätzen unterliegen, sollte die Belastung der Rettungshunde nicht aus dem Auge verloren werden, denn mit Annäherung der Hunde an ihre Leistungsgrenze sinkt ihre Effektivität und die Gefahr von Fehlsuchen steigt. Zusätzlich kann durch eine Überforderung die Suchmotivation von Hunden nachhaltig beeinträchtigt werden. Bei einem Einsatz sollte daher darauf geachtet werden, dass eine ausreichende Anzahl von Hunden vor Ort ist, damit diese rotierend in kurzen effektiven Suchintervallen eingesetzt werden können.

Als auffälliger Parameter während des Versuchszeitraums erwies sich der Glukosespiegel. Der Glukosespiegel lag bei den morgendlichen Proben trotz vorheriger Fütterung und der freudigen Erwartungshaltung im untersten Referenzbereich oder sogar knapp darunter. Dies lässt sich nur durch einen sehr hohen Energieverbrauch in der vorhergegangenen Nacht erklären. Da die Hunde die Nächte nachweislich ruhend verbrachten, kann der Energieverbrauch nur durch die Lagerungsart bei kühler Umgebungstemperatur (9 - 10°C) und gleichzeitigem Schlafmangel verursacht sein. Hier besteht Forschungsbedarf, um die Energiereserven der Hunde während der nächtlichen Ruhephasen erhalten und dadurch die Leistungsfähigkeit der Hunde weiter steigern zu können.

6. Zusammenfassung

Belastung von Rettungshunden während einer dreitägigen Trümmersuche auf einem Katastrophenübungsgelände

Ziel der Studie war es, die physische und psychische Belastung sowie die Leistungsgrenze von Rettungshunden während eines mehrtägigen Sucheinsatzes zu erfassen. Dazu wurden 20 Rettungshunde (10 Hündinnen, 10 Rüden) aus verschiedenen deutschen und österreichischen Rettungshundestaffeln über drei Tage auf einem Katastrophenübungsgelände untersucht. Die Hund-Hundeführerteams verbrachten den kompletten dreitägigen Versuchszeitraum auf dem Gelände und mussten täglich vier Suchen à 20 min absolvieren.

Alle Suchen wurden durch Videoaufnahmen dokumentiert und anschließend ausgewertet. Während des Versuchsablaufs wurde die Aktivität der Hunde mittels ActiTrac®-Bewegungsmonitoren, die Körpertemperatur mittels VitalSense®-Messkapseln und die Herzfrequenz mittels Polar®-Sportuhren kontinuierlich aufgezeichnet. Zusätzlich wurde täglich zu 13 Probenzeitpunkten vor, zwischen und nach den Suchen Speichel zur Kortisolbestimmung gewonnen und zweimal, morgens vor Beginn der Suchen und unmittelbar nach der vierten Suche, eine Blutprobe entnommen. Aus den venösen Blutproben wurden die Parameter Glukose, Laktat, Kreatinkinase, Leukozyten und Differentialblutbild sowie Hämatokrit und Hämoglobinkonzentration bestimmt.

Von den insgesamt 236 beobachteten Suchen waren lediglich zwei Suchen (beide am dritten Tag) nicht erfolgreich, und die Hunde konnten das Opfer nicht innerhalb der 20-minütigen Suche auffinden. Die Hunde benötigten durchschnittlich 4,3 Minuten bis zur Anzeige des Opfers. Dabei war die durchschnittliche Suchdauer am zweiten Tag signifikant kürzer als am dritten Tag. Bereits am Ende des ersten Tages waren bei 25% der Hunde deutliche Ermüdungserscheinungen zu erkennen; dies steigerte sich auf 63% am dritten Tag.

Während der täglichen Suchen kam es zu signifikanten Veränderungen in der Aktivität, Herzfrequenz, Körpertemperatur, Speichelkortisolkonzentration und einigen Blutparametern.

Die durchschnittliche Aktivität der Hunde lag während der Suchen zwischen 216,30 und 238,02 mG. Dabei waren die Hunde am zweiten Tag signifikant aktiver als an den beiden anderen Tagen. Innerhalb der vier Suchen eines Tages traten (mit einer Ausnahme am zweiten Tag) keine signifikanten Unterschiede in der Aktivität auf.

In den Ruhephasen lag die Herzfrequenz (Referenzbereich: 70 bis 160 bpm) zwischen 88,91 und 93,38 bpm. Während den Suchen stieg die Herzfrequenz signifikant auf Werte zwischen 143,63 und 150,61 bpm an und kehrte 20 bis 40 Minuten nach Belastungsende wieder auf die Ausgangswerte zurück. Dabei lag die Herzfrequenzkurve des ersten Tages signifikant über der Herzfrequenzkurve des dritten Tages. Die Herzfrequenz während der vier Suchen eines Tages lag annähernd auf gleichem Niveau. Nur die Herzfrequenz der vierten Suche lag am zweiten und dritten Versuchstag signifikant niedriger.

Die Körpertemperatur (Referenzbereich: 37,5°C bis 39,0°C) lag an allen 3 Tagen vor Beginn der Belastungen zwischen 38,51 und 38,71°C und stieg nach den Suchen signifikant auf durchschnittliche Werte zwischen 39,22 und 39,44°C an. In den Ruhephasen fiel die Körpertemperatur kontinuierlich ab und erreichte 20 bis 40 Minuten nach Belastungsende die Ausgangstemperatur. Weder zwischen den vier Suchen eines Tages noch zwischen den drei Versuchstagen zeigten sich signifikante Unterschiede in der Belastungskörpertemperatur.

Die Speichelkortisolkonzentration lag während des gesamten Versuchszeitraums zwischen 2,86 und 5,73 nmol/l. Alle vier Suchen eines Tages verursachten signifikante Anstiege der Speichelkortisolkonzentration, mit den Maxima am zweiten und dritten Versuchstag nach der vierten Suche.

Der Blutglukosespiegel lag während des gesamten Versuchszeitraums mit Werten zwischen 2,89 und 3,60 mmol/l im untersten Referenzbereich (3,1 bis 6,7 mmol/l). Am ersten und zweiten Tag erfolgte ein signifikanter Anstieg des Glukosespiegels nach den Suchen und ein signifikanter Abfall während der ersten Nacht.

Die Kreatinkinase-Aktivität stieg an allen drei Tagen signifikant an und lag bei Werten zwischen 2527 und 2967 nkat/l. Trotz des signifikanten Abfalls der CK-Aktivität

während der ersten und zweiten Nacht lag sie nur zu Beginn des ersten Tages im Referenzbereich (bis 1500 nkat/l).

Die Gesamtleukozytenzahl stieg nach den Suchen an allen drei Tagen signifikant an, blieb dabei aber immer im Referenzbereich ($6000 - 15000 \times 10^6$). Die Lymphozyten und Granulozyten blieben während der drei Versuchstage im Referenzbereich. Während die Lymphozyten sich nur am dritten Tag signifikant veränderten, stieg die Granulozytenzahl an allen drei Tagen nach den Suchen signifikant an und fiel während der Nächte wieder signifikant ab. Die Monozyten stiegen am zweiten Tag nach den Suchen signifikant an, verließen dabei den Referenzbereich ($40 - 500 \times 10^6$) und blieben am dritten Tag auf diesem erhöhten Niveau. Der Laktatspiegel, der Hämatokrit und die Hämoglobinkonzentration veränderten sich an den drei Versuchstagen nicht signifikant.

Mit Hilfe der untersuchten Parameter ließ sich nachweisen, dass gut trainierte Rettungshunde auch während einer dreitägigen Suche mit insgesamt 240 Minuten Suchzeit sehr effektive Hilfsmittel beim Aufspüren von verschütteten Personen sind und durch die in der Studie eingehaltenen Suchintervalle weder physisch noch psychisch überlastet wurden. Jedoch deutete sich in einigen Parametern an, dass ab dem Ende des zweiten Versuchstages die Hunde sich einer gewissen Grenze näherten und die Schwelle zum Distress erreicht wurde.

7. Summary

Physical and mental strain of search and rescue dogs during a three - day search operation on an exercise ground for disaster training

The objective of this study was to determine the physical and mental strain as well as the limit of performance of search and rescue dogs during search operations carried out over several days. For that purpose, 20 search and rescue dogs (10 females, 10 males) from different German and Austrian rescue dogs units were investigated during a period of three days on an exercise ground for disaster training. The dog/dog leader teams spent the entire three-day study period on the Tritolwerk area, where they had to perform four search operations per day, each lasting 20 minutes.

All search operations were video-recorded for documentation and subsequent analysis. During the test process the dogs' activity was continuously recorded using ActiTrac® motion monitors, their body temperature using VitalSense® measuring capsules, and their heart rate using Polar® sports watches. In addition, at 13 sample points prior to, between and after the search operations saliva was obtained for cortisol measurement, and twice - in the morning prior to the search operations and immediately after the fourth search - blood samples were taken on a daily basis. The following parameters were determined from the venous blood samples: glucose, lactate, creatine kinase, leukocytes and differential blood count as well as haematocrit and haemoglobin concentration.

Of the total of 236 search operations observed, only two (both conducted on day 3) were not successful; the dogs failed to find the victim within the 20 - minute search operation. It took the dogs an average 4.3 minutes to indicate the victim. The average duration of search was significantly shorter on day 2 than on day 3. Even at the end of day 1 25% of the dogs already exhibited marked signs of fatigue; this was increased to 63% on day 3.

During the daily search operations significant alterations in activity, heart rate, body temperature, salivary cortisol levels and several haematological parameters occurred. The dogs' average activity during the search operations was between 216.30 and 238.02 mG. On day 2 the dogs were significantly more active than on the

other two days. During the four search operations carried out each day no significant differences in activity were noted (with one exception on day 2).

During the resting phases the heart rate (reference range: 70 to 160 bpm) was between 88.91 and 93.38 bpm. In the course of the search operations the heart rate increased significantly to values between 143.63 and 150.61 bpm and returned to baseline within 20 to 40 minutes after the end of strain. The heart rate curve on day 1 was significantly higher than on day 3. The heart rate remained on almost the same level during the four search operations of one day. Only during the fourth search operation on days 2 and 3 was the heart rate significantly lower.

The body temperature (reference range: 37.5°C to 39.0°C) on all three days were between 38.51 and 38.71°C prior to the beginning of strain, and after the search operations increased significantly to an average 39.22 to 39.44°C. During the resting phases the body temperature decreased continuously, returning to baseline temperatures 20 to 40 minutes after the end of strain. Significant differences in the body temperature upon strain were noted neither between the four daily search operations nor between the three trial days.

The salivary cortisol levels were between 2.86 and 5.73 nmol/l throughout the entire study period. All four daily search operations resulted in significant increases in the salivary cortisol levels, with peak values on days 2 and 3 after the fourth search operation.

With values between 2.89 and 3.60 mmol/l the blood glucose levels during the entire study period were in the lowest reference range (3.1 to 6.7 mmol/l). On days 1 and 2 the blood glucose levels increased significantly after the search operations and decreased significantly during the first night.

Creatine kinase activity increased significantly on all three days, reaching values between 2527 and 2967 nkat/l. Despite the significant decrease in CK activity during the first and the second night it was within the reference range (up to 1500 nkat/l) at the beginning of day 1 only.

The total leukocyte count increased significantly after the search operations on all three days, yet always remained within the reference range (6000 - 15000 $\times 10^6$).

Lymphocytes and granulocytes remained within the reference range throughout the three trial days. Whereas the lymphocytes only changed significantly on day 3 the granulocyte count increased significantly after the search operations on all three days, decreasing again significantly during the nights. Monocytes increased significantly on day two after search, leaving the reference range ($40 - 500 \times 10^6$), and remained on this elevated level on day 3. Lactate levels, haematocrit and haemoglobin concentrations underwent no significant changes during the three trial days.

The parameters investigated provided evidence that well-trained rescue dogs are highly efficient aids in the search for buried persons even during three-day search operations involving a search time of 240 minutes without being physically or mentally overtaxed. However, some parameters suggest that from the second trial day the dogs approach a certain performance limit during the fourth search operation of the day (or after 60 minutes of search time), reaching the threshold of distress.

8. Literaturverzeichnis

Aktas, M., Auguste, D., Lefebvre, H.P., Toutain, P.L. & Braun, J.P. (1993) Creatine-kinase in the dog - a review. *Vet Res Com* 17 (5), 353 - 369

Aktas, M., Auguste, D., Concordet, D., Vinclair, P. Lefebvre, H., Toutain, P.L. & Braun, J.P. (1994) Creatine-kinase in dog plasma - preanalytical factors of variation, reference values and diagnostic-significance. *Res Vet Sci* 56 (1), 30 - 36

Baker, M.A. (1984) Thermoregulatory responses to exercise in dehydrated dogs. *J Appl Phys* 56 (3), 635 - 640

Baumgartner, W. (Hrsg.)(1999) Klinische Propädeutik der inneren Krankheiten und Hautkrankheiten der Haus- und Heimtiere. 4. Auflage, Parey Buchverlag Berlin

Beerda, B., Schilder, M.B.H., Janssen, N.S.C.R.M. & Mol, J.A. (1996) The Use of Saliva Cortisol, Urinary Cortisol, and Catecholamine Measurements for a Noninvasive Assessment of Stress Responses in Dogs. *Horm Beh* 30, 272 - 279

Beerda, B., Schilder, M.B.H., van Hooff, J.A.R.A.M. & de Vries, H.W. (1997) Manifestations of chronic and acute Stress in dogs. *Appl Anim Beh Sci* 52, 307 - 319

Beerda, B., Schilder, M.B.H., van Hooff, J.A.R.A.M., de Vries, H.W. & Mol, J.A. (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, M.B.H., van Hooff, J.A.R.A.M., de Vries, H.W. & Mol, J.A. (1999) Chronic Stress in Dogs Subjected to Social and Spatial Restriction. II. Hormonal and Immunological Responses. *Physiol Beh* 66 (2), 243 - 254

Bergeron, R., Scott, S.L., Émond, J-P., Mercier, F., Cook, N.J. & Schaefer, A.L. (2002) Physiology and behaviour of dogs during air transport. *Can J Vet Res* 66, 211 - 216

Burr, J.R., Reinhart, G.A., Swenson, R.A., Swaim, S.F., Vaughn, D.M. & Bradley, D.M. (1997) Serum biochemical values in sled dogs before and after competing in long-distance races. *JAVMA* 211 (2), 175 - 179

Chanoit, G.P., Lefebvre, H.P., Orcel, K., Laroute, V., Toutain, P.L. & Braun, J-P. (2001) Use of plasma creatine kinase pharmacokinetics to estimate the amount of exercise-induced muscle damage in Beagles. *AJVR* 62 (9), 1375 - 1380

Chanoit, G.P., Concordet, D., Lefebvre, H.P., Orcel, K. & Braun, J-P. (2002) Exercise Does Not Induce Major Changes In Plasma Muscle Enzymes, Creatinine, Glukose and Total Proteins Concentration in Untrained Beagle Dogs. *J Vet Med A* 49, 222 - 224

Clark, J.D., Rager, D.R., Crowell-Davis, S. & Evans, D.L. (1997) Housing and Exercise of Dogs: Effects on Behavior, Immune Function, and Cortisol Concentration. *Lab Anim Sci* 47 (5), 500 - 510

Cook, D.I., Lingard, M., Wegman, E.A. & Young, J.A. (2001) in: **Klinke, R. & Silbernagl, S.** (Hrsg.) *Lehrbuch der Physiologie* 3. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart: 393 - 441

Crawford, E.C. (1962) Mechanical aspects of panting in dogs. *J Appl Phys* 17 (2), 249 - 251

Dobson, G.P., Parkhouse, W.S., Weber, J-M., Stuttard, E., Harman, J., Snow, D.H. & Hochachka, P.W. (1988) Metabolic changes in skeletal muscle and blood of greyhounds during 800-m track sprint. *Am J Physiol* 255, R 513 - R 519

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

Duhaime, R.A., Norden, D., Corso, B., Mallonee, S. & Salman, M.D. (1998) Injuries and illnesses in working dogs used during the disaster response after the bombing in Oklahoma City. *JAVMA* 212, 1202 - 1207

Eckert, R. (2002) Tierphysiologie. 4. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart

Frey, H-H. (2005) in: **von Engelhardt, W.; G. Breves** (Hrsg.) Physiologie der Haustiere. 2. Auflage, Enke im Hippokrates Verlag, Stuttgart: 43 - 67

Furton, K.G. & Myers, L.J. (2001) The scientific foundation and efficacy of the use of canines as chemical detectors for explosives. *Talanta* 54, 487 - 500

Galosy, R.A., Clarke, L.K. & Mitchell, J.H. (1979) Cardiac changes during behavioral stress in dogs. *Am J Physiol* 236 (5), H750 - H758

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

Gazit, I., Lavner, Y., Bloch, G., Azulai, O., Goldblatt, A. & Terkel, J. (2003) A simple system for the remote detection and analysis of sniffing in explosives detection dogs. *Behav Res Methods Instrum Comput* 35 (1), 82 - 89

Gazit, I. & Terkel, J. (2003) Explosives detection by sniffer dogs following strenuous physical activity. *Appl Anim Beh Sci* 81, 149 - 161

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

Hales, J.R.S. & Dampney, R.A.L. (1975) The redistribution of cardiac output in the dog during heat stress. *J Ther Bio* 1, 29 - 34

Harmeyer, J. (2005) in: **von Engelhardt, W.; G. Breves** (Hrsg.) Physiologie der Haustiere. 2. Auflage, Enke im Hippokrates Verlag, Stuttgart: 137 - 170

Haubenhofer, D., Möstl, E. & Kirchengast, S. (2005) Cortisol concentrations in saliva of humans and their dogs during intensive training courses in animal-assisted therapy. *Wien Tierärztl Mschr* 92 (3), 66 - 73

Heffron, J.J.A., Bomzon, L. & Pattinson, R.A. (1976) Observations on plasma creatine phosphokinase activity in dogs. *Vet Rec* 98, 338 - 340

Hennesy, M.B., Davis, H.N., Williams, M.T., Mellott, C. & Douglas, C.W. (1997) Plasma Cortisol Levels of Dogs at a County Animal Shelter. *Physiol Behav* 62 (3), 485 - 490

Hennesy, M.B., Voith, V.L., Mazzei, S.J., Buttram, J., Miller, D.D. & Linden, F. (2001) Behavior and cortisol levels of dogs in a public animal shelter, and exploration of the ability of these measures to predict problem behaviour after adoption. *Appl Anim Beh Sci* 73, 217 - 233

Hinchcliff, K.W., Olson, J., Crusberg, C., Kenyon, J., Long, R., Royle, W., Weber, W. & Burr, J. (1993) Serum biochemical-changes in dogs competing in a long-distance sled race. *JAVMA* 202 (3), 401 - 405

Hinchcliff, K.W. (1998) Effect of distance travelled and speed of racing on body weight and serum enzyme activity of sled dogs competing in a long-distance race. *JAVMA* 213 (5), 639 - 644

Hinchcliff, K.W., Reinhart, G.A., DiSilvestro, R., Reynolds, A., Blostein-Fujii, A. & Swenson, R.A. (2000) Oxidant stress in sled dogs subjected to repetitive endurance exercise. *AJVR* 61 (5), 512 - 516

Hughes, D., Rozanski, E.R., Shofer, F.S., Laster, L.L. & Drobotz, K.J. (1999) Effect of sampling site, repeated sampling, pH, and Pco(2) on plasma lactate concentration in healthy dogs. *AJVR* 60 (4), 521 - 524

Ilkiw, J.E., Davis, P.E. & Church, D.B. (1989) Hematologic, biochemical, blood-gas, and acid-base values in Greyhounds before and after exercise. *AJVR* 50 (4), 583 - 586

Jennings, D.B., Phillips, H.H., Chen, C.C. & Sparling, J. (1973) Cardiovascular function in panting and nonpanting resting conscious dogs. *Am J Physiol* 224 (5), 1059 - 1065

Jessen, C. (2005) in: **von Engelhardt, W.; Breves, G.** (Hrsg.) *Physiologie der Haustiere*. 2. Auflage, Enke im Hippokrates Verlag, Stuttgart: 446 - 469

Jones, K.E., Dashfield, K., Downend, A.B. & Otto, C.M. (2004) Search-and-rescue dogs: an overview for veterinarians. *JAVMA* 225 (6), 854 - 860

Kemppainen, R.J. & Sartin, J.L. (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, D.H. (1989) Salivary Cortisol in Psychobiological Research: An Overview. *Neuropsychobiol* 22, 150 - 169

Kobelt, A.J., Hemsworth, P.H., Barnett, J.L. & Butler, K.L. (2003) Sources of sampling variation in saliva cortisol in dogs. *Res Vet Sci* 75, 157 - 161

Köhler, F. (2004) Vergleichende Untersuchungen zur Belastung von Lawinen- und Rettungshunden bei der Lauf- und Sucharbeit. *Diss. med. vet.*, Universität München

Kolb, E. & Seehawer, J. (2002) The performance of the racing dog and the influence of vitamin supplements. *Tierärztl Umsch* 57 (6), 317 - 325

Kolevska, J., Brunclik, V. & Svoboda, M. (2003) Circadian rhythm of cortisol secretion in dogs of different daily activities. *Acta Vet Brno* 72 (4), 599 - 605

Komar, D. (1999) The Use of Cadaver Dogs in Locating Scattered, Scavenged Human Remains: Preliminary Field Test Results. *J Forensic Sci* 44 (2), 405 - 408

Koyama, T., Omata, Y. & Saito, A. (2003) Changes in salivary cortisol concentrations during a 24-hour period in dogs. *Horm Metab Res* 35 (6), 355 - 357

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

Kraft, W., Fürll, M., Bostedt, H. & Heinritzi, K. in: Kraft, W., Dürr, U.M. (2005a) Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin. 6. Auflage, Schattauer Verlag Stuttgart

Kraft, W., Dürr, U.M., Klee, M., Bostedt, W. & Heinritzi, K. in: Kraft, W., Dürr, U.M. (2005b) Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin. 6. Auflage, Schattauer Verlag Stuttgart

Kruk, B., Kaciuba-Uscilko, H., Nazar, K., Greenleaf, J.E. & Kozłowski, S. (1985) Hypothalamic, rectal, and muscle temperatures in exercising dogs: effect of cooling. *J Appl Physiol* 58 (5), 1444 - 1448

Kuhn, G., Lichtwald, K., Hardegg, W. & Abel, H.H. (1991) Reaktionen von Corticosteroiden, Enzymaktivitäten und hämatologischen Parametern auf Transportstress bei Hunden. *J Exp Anim Sci* 34, 99 - 104

Lassen, E.D., Craig, A.M. & Blythe L.L. (1986) Effect of racing on hematologic and serum biochemical values in Greyhounds. *JAVMA* 188(11), 1299 - 1303

Mackintosh, I.C., Dormehl, I.C., van Gelder, A.L. & du Plessis, M. (1983) Blood volume, heart rate, and left ventricular ejection fraction changes in dogs before and after exercise during endurance training. *AJVR* 44 (10), 1960 - 1962

Mägerlein, H.U., Heffner, S.A. & Fedde M.R. (1990) Effect of exercise conditioning on red blood cell volume and erythropoietin concentration in the beagle dog. *J Sports Med Phys Fit* 30(3), 231 - 234

Matsunaga, T., Harada, T., Mitsui, T., Inokuma, M., Hashimoto, M., Miyauchi, M. & Murano, H. (2001) Spectral analysis of circadian rhythms in heart rate variability of dogs. *AJVR* 62 (1), 37 - 42

Matwichuk, C.L., Taylor, S.M., Shmon, C.L., Kass, P.H. & Shelton, G.D. (1999) Changes in rectal temperature and hematologic, biochemical, blood gas, and acid-base values in healthy Labrador Retrievers before and after exercise. *AJVR* 60 (1), 88 - 92

McKenzie, J.E. & Osgood, D.W. (2004) Validation of a new telemetric core temperature monitor. *J Ther Bio* 29, 605 - 611

Miles, P.D.G., Finegood, D.T., Lickley, H.L.A. & Vranic, M. (1992) Regulation of glucose-turnover at the onset of exercise in the dog. *J Appl Physiol* 72 (6), 2487 - 2494

Murase, T., Inaba, M. & Maede, Y. (1988) Measurements 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

Neuhaus, D., Fedde, M.R. & Gaehtgens, P. (1992) Changes in haemorheology in the racing greyhound as related to oxygen delivery. *Eur J Appl Physiol* 65, 278 - 285

Otto, C.M., Downend, A.B., Serpell, J.A., Ziemer, L.S. & Saunders, H.M. (2004) Medical and behavioral surveillance of dogs deployed to the World Trade Center and the Pentagon from October 2001 to June 2002. *JAVMA* 225 (6), 861 - 867

Palazzolo, D.L. & Quadri, S.K. (1987) The effects of aging on the circadian rhythm of serum cortisol in the dog. *Exp Gerontol* 22, 379 - 387

Pauly, S.K. (2007) Belastung von angekauften Diensthunden durch Haltung und die Grundausbildung im Schutzdienst. Diss. med. vet., Universität München

Piccione, G., Caola, G. & Refinetti, R. (2005) Daily Rhythms of Blood Pressure, Heart Rate, and Body Temperature in Fed and Fasted Male Dogs. *J Vet Med A* 52, 377 - 381

Querengaesser, A., Iben, C. & Leibetseder, J. (1994) Blood Changes During Training and Racing in Sled Dogs. *J Nutr* 124, 2760S - 2764S

Refinetti, R. (1999) Relationship between the daily rhythms of locomotor activity and body temperature in eight mammalian species. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 277, 1493 - 1500

Refinetti, R. & Piccione, G. (2003) Daily Rhythmicity of Body Temperature in the Dog. *J Vet Med Sci* 65 (8), 935 - 937

Ronsen, O., Haug, E., Pedersen, B.K. & Bahr, R. (2001) Increased neuroendocrine response to a repeated bout of endurance training. *Med Sci Sports Exerc* 33 (4), 568 - 575

Rose, R.J. & Bloomberg, M.S. (1989) Responses to sprint exercise in the greyhound: effects on haematology, serum biochemistry and muscle metabolites. *Res Vet Sci* 47 (2), 212 - 218

Saltzman, W., Schultz-Darken, N.J., Scheffler, G., Wegener, F.H. & Abott, D.G. (1994) Social and reproductive influences on plasma cortisol in female marmoset monkeys. *Physiol Behav* 56, 801 - 810

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

Schweigert, F.J. (2000) In: Wiesner, E. & Ribbeck, R. (Hrsg.) Lexikon der Veterinärmedizin. Enke im Hippokrates Verlag GmbH, Stuttgart ISBN 3777314595

Shivik, J.A. (2002) Odor-adsorptive clothing, environmental factors, and search-dog ability. *Wildl Soc Bullet* 30 (3), 721 - 727

Siwak, C.T., Tapp, P.D., Milgram, N.W., Murphey, H.L., Muggenburg, B.A., Zicker, S.C., Head, E. & Cotman, C.W. (2003) Locomotor Activity Rhythms in Dogs Vary with Age and Cognitive Status. *J Behav Neurosci* 117 (4), 813 - 824

Slensky, K.A., Drobatz, K.J., Downend, A.B. & Otto, C.M. (2004) Deployment morbidity among search-and-rescue dogs used after the September 11, 2001, terrorist attacks. *JAVMA* 225 (6), 868 - 873

Smulyan, H., Cuddy, R.P., Vincent, W.A., Kashemsant, U. & Eich, R.H. (1965) Initial hemodynamic responses to mild exercise in trained dogs. *J Appl Physiol* 20, 437 - 472

Sneddon, J., Minnaar, P.P., Grosskopf, J.K.W. & Groeneveld, H.T. (1989) Physiological and blood biochemical responses to submaximal treadmill exercise in Canaan dogs before, during and after training. *Jl S Afr Vet Ass* 60 (2), 87 - 91

Snow, D.H., Harris, R.C. & Stuttard, E. (1988) Changes in haematology and plasma biochemistry during maximal exercise in greyhounds. *Vet Rec* 123 (19), 487 - 489

Stangassinger, M. (2005) in: **von Engelhardt, W.; G. Breves** (Hrsg.) *Physiologie der Haustiere*. 2. Auflage, Enke im Hippokrates Verlag, Stuttgart: 588 - 613

Steiss, J., Ahmad, H.A., 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

Strasser, A., Hochleithner, M. & Bubna-Littitz, H. (1993a) Zur Belastung von Gebrauchshunden bei der Suchtgiftsuche Wien. *Tierärztl Mschr* 80 (11), 352 - 355

Strasser, A., Niedermüller, H., Hofecker, G. & Laber, G. (1993b) The Effect of Aging on Laboratory Values in Dogs. *J Vet Med A* 40, 720 - 730

Strasser, A., Simunek, M., Seiser, M. & Hofecker, G. (1997a) Age-dependent changes in cardiovascular and metabolic responses to exercise in beagle dogs. *J Vet Med A* 44 (8), 449 - 460

Strasser, A., Seiser, M., Simunek, M., Heizmann, V. & Niedermüller, H. (1997b) Physiologische Alterveränderungen beim Hund (Longitudinalstudie in einer Beagle-Kolonie). *Wien Tierärztl Mschr* 84, 189 - 198

Taylor, C.R., Schmidt-Nielsen, K., Dmi'el, R. & Fedak, M. (1971) Effect of hyperthermia on heat balance during running in the African hunting dog. *Am J Physiol* 220 (3), 823 - 827

Thun, R., Eggenberger, E. & Zerobin, K. (1990) Profiles of plasma cortisol and testosterone in the male dog: absence of circadian rhythmicity, seasonal influence and hormonal interrelationships. *Reprod Dom Anim* 25, 68 - 77

Tuber, D.S., Hennessy, M.B., Sanders, S. & Miller, J.A. (1996) Behavioral and Glucocorticoid Responses of Adult Domestic Dogs (*Canis familiaris*) to Companionship and Social Separation. *J Comp Psychol* 110 (1), 103 - 108

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

van Eeden, S.F., Granton, J., Hards, Moore, B. & Hogg, J.C. (1999) Expression of the cell adhesion molecules on leukocytes that demarginate during acute maximal exercise. *J Appl Physiol* 86 (3), 970 - 976

Vining, R.F., McGinley, R.A., Maksvytis, J.J. & Ho, K.Y. (1983) Salivary cortisol: a better measure of adrenal cortical function than serum cortisol. *Ann Clin Biochem* 20, 329 - 335

von Engelhardt, W. (2005) in: **von Engelhardt, W.; G. Breves** (Hrsg.) *Physiologie der Haustiere*. 2. Auflage, Enke im Hippokrates Verlag, Stuttgart: 461 - 469

Wust, C. (2006) Einfluss der Höhenlage und Geländebeschaffenheit auf die leistungsphysiologischen Parameter von alpinen Rettungshunden. Diss. med. vet., Universität München

Wyatt, H.L. & Mitchell, J.H. (1974) Influences of Physical Training on the Heart of Dogs. *Circ Res* **35**, 883 - 889

Young, D.R., Mosher, R., Erve, P. & Spector, H. (1959) Body temperature and heat exchange during treadmill running in dogs. *J Appl Physiol* **14**(5), 839 - 843

Danksagung

An erster Stelle möchte ich mich recht herzlich bei Herrn Prof. Dr. M. Erhard für die Überlassung dieses interessanten Themas und die freundliche Unterstützung bedanken.

Mein besonderer Dank gilt Frau Dr. Michaela Schneider für die Hilfe bei der Erstellung des Konzepts, der Versuchsplanung und -durchführung, sowie die Korrektur der Dissertation, auch in ihrer Freizeit.

Für die finanzielle Unterstützung dieser Studie sei der „Ernst Wippenbeck - Stiftung zur Förderung der Ausbildung von Alpin - und Rettungshunden“ gedankt.

Bei Rolf Frasch und Dr. Leopold Slotta - Bachmeyer möchte ich mich für die Organisation der Rettungshundeteams und sonstige Mithilfe während der Studie bedanken.

Ebenfalls bedanken möchte ich mich bei Hermann Kuchler, Silke Pauly, Angelika Scheideler und Christine Waldhauser. Denn ohne Euch wäre die Versuchsdurchführung nicht möglich gewesen und weniger Spaß hätte es sicher auch gemacht.

Außerdem möchte ich mich ganz herzlich bei allen Hunden und ihren Hundeführern für die gute Mitarbeit bedanken: Aaron und Sigrid Höfer, Aica und Wolfgang Schwertl, Bailey und Sabine Feichtinger, Benny und Sabine Gass, Cara Mia und Peter Hentschel, Casey und Kerstin Hofer, Eyka und Rolf Frasch, Flannigan und Bessie Wilhelm, Franka und Ines Dlugosch, Gina und Manfred sowie Christel, Jacky und Frank Ritzinger, Kromit und Silvia Deutschmann, Lebowsky und Volker Kogler, Loki und Jürgen Eichinger, Newton und Frank Ritzinger, Niquette und Christopf Rosenberger, Perra und Gerhard Haselberger, Pois Chiche und Dominiquw Feugier, Pretty und Alois Russegger, Scip und Sabine Wenzel sowie Leopold Slotta - Bachmeyer

Ohne Euch wäre diese Studie nicht möglich gewesen!

Für die stets freundliche Unterstützung und die Lösung mancher Probleme auf dem Tritolgelände möchte ich mich bei Vizeleutnant Robert Coslop, sowie Offiziersstellvertreter Siegfried Scheuer bedanken.

Herrn Manuel Wiesenfarth, Mitarbeiter des statistischen Beratungslabors der LMU, möchte ich für die fachkundige Hilfe bei der statistischen Auswertung der Daten danken.

Ein ganz besonderer Dank gilt meinen Eltern, die mich während des Studiums und der Promotion in jeglicher Hinsicht unterstützten.

Des Weiteren möchte ich mich noch bei allen bedanken, die, auf welche Art und Weise auch immer, zum Gelingen dieser Dissertation beigetragen haben.

Lebenslauf

Name: Stephanie Wilhelm
Geburtsdatum: 17.10.1979
Geburtsort: Böblingen
Familienstand: ledig

Schulbildung:

August 1986 - Juli 1990 Grundschule
September 1990 - Juni 1999 Gymnasium mit Abschluss der Allgemeinen Hochschulreife

Hochschulausbildung:

02.11.1999 - 25.01.2005 Studium der Veterinärmedizin an der LMU München mit Abschluss Staatsexamen
11.02.2005 Approbation als Tierärztin
01.02.2005 Beginn der Dissertation am Institut für Tierschutz, Verhaltenskunde und Tierhygiene der LMU München