

Aus dem FB Verhaltensphysiologie des
Forschungsinstituts für die Biologie Landwirtschaftlicher Nutztiere (FBN), Dummerstorf

Eingereicht über das Zoologische Institut der Universität Rostock

Erfolgreiche Bewältigung kognitiver Herausforderungen und ihre Konsequenzen auf
ethologische und physiologische Parameter bei Schweinen (*Sus scrofa domestika*)

Dissertation

zur

Erlangung des akademischen Grades

doctor rerum naturalium (Dr. rer. nat.)

der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät

der Universität Rostock

vorgelegt von

Ernst, Katrin, geb. am 19.11.1968 in Bremen

Gutachter Prof. Dr. Gerhard Manteuffel

Prof. Dr. Dieter Weiss

Rostock, 30.04.2008

Erklärung

Ich versichere hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig angefertigt und ohne fremde Hilfe verfasst habe, keine außer den von mir angegebenen Hilfsmitteln und Quellen dazu verwendet habe und die den benutzten Werken inhaltlich und wörtlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Diese Arbeit wurde durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft gefördert (Ma 947/11-1,2).

INHALTSVERZEICHNIS

INHALTSVERZEICHNIS.....	i
ABKÜRZUNGEN UND SYMBOLE	iii
1 EINLEITUNG.....	1
1.1 Historischer Überblick über Stresstheorien und Modelle	2
1.2 Anpassungsreaktionen und Belastungsindikatoren	5
1.2.1 Belastungs- und Anpassungsreaktionen im Bereich Verhalten.....	6
1.2.2 Belastungs- und Anpassungsreaktionen im Bereich Physiologie.....	7
1.3 Stressbewältigung.....	11
1.3.1 Coping	11
1.3.2 Eustress: ursprüngliche Konzepte und Ableitungen	14
1.3.3 Environmental, behavioural und kognitives Enrichment	19
1.4 Frage- und Aufgabenstellung der Arbeit.....	21
2 MATERIAL UND METHODEN	22
2.1 Versuchstiere, Haltung und Fütterung.....	22
2.1.1 Versuchstiere und ihre Haltung	22
2.1.2 Fütterung	22
2.2 Versuchsaufbau und Durchführung.....	24
2.2.1 Der „Ton-Schalter-Futterautomat“ (TSF).....	24
2.2.2 Integrationseinheiten und Funktionsbeschreibung	25
2.2.3 Individuelle Signallaufufe	27
2.2.4 Versuchsablauf.....	27
2.3 Datenerhebung.....	29
2.3.1 Bewältigung der Aufgaben an den Ton-Schalter-Futterautomaten (TSF).....	30
2.3.2 Ethologische Untersuchungen.....	30
2.3.3 Speichelentnahme und Cortisolanalyse.....	34
2.3.4 Erkrankungen und Therapien.....	34
2.3.5 Wundheilung.....	35
2.3.6 Blutuntersuchungen.....	35
2.3.7 Lebendmasse	38
2.4 Statistik.....	38
2.4.1 Bewältigung der Aufgaben an den Ton-Schalter-Futterautomaten (TSF)	38
2.4.2 Vergleiche zwischen Versuchs- und Kontrolltieren	38
2.4.3 Vergleiche innerhalb einer Gruppe.....	39
3 ERGEBNISSE.....	40
3.1 Bewältigung der Aufgaben an den Ton-Schalter-Futterautomaten (TSF)	40

3.1.1	<i>Phase 1</i>	40
3.1.2	<i>Phase 2</i>	41
3.1.3	<i>Phase 3</i>	42
3.2	Ethologische Untersuchungen	45
3.2.1	<i>Verhaltensbeobachtung</i>	45
3.2.2	<i>Verhaltenstests</i>	49
3.3	Speichelcortisol	53
3.4	Erkrankungen und Therapien	54
3.5	Wundheilung	55
3.6	Blutuntersuchungen	56
3.6.1	<i>Differentialblutbild</i>	56
3.6.2	<i>Lymphozytenproliferation</i>	57
3.6.3	<i>Gesamteiweiß und Immunglobulin G (IgG)</i>	58
3.7	Lebendmasse	60
4	DISKUSSION	61
4.1	Bewältigung der Aufgabe an den Ton-Schalter-Futterautomaten (TSF)	61
4.2	Ethologische Untersuchungen	64
4.2.1	<i>Verhaltensbeobachtung</i>	64
4.2.2	<i>Verhaltenstests</i>	67
4.3	Speichelcortisol	69
4.4	Erkrankungen und Therapien	73
4.5	Wundheilung	74
4.6	Blutuntersuchungen	76
4.7	Lebendmasse	78
4.8	Zusammenfassende Diskussion und Schlussfolgerungen	80
5	ZUSAMMENFASSUNG	83
6	SUMMARY	84
7	PUBLIKATIONEN BASIEREND AUF DEM FORSCHUNGSPROJEKT	85
7.1	Nationale- und internationale Veröffentlichungen	85
7.2	Kongress- und Tagungsbeiträge	85
8	LITERATURVERZEICHNIS	86
9	VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN UND TABELLEN	109
	ANHANG	I

ABKÜRZUNGEN UND SYMBOLE

\bar{x}	= arithmetisches Mittel
%	= Prozent
<, ≤	= kleiner bzw. kleiner gleich
>, ≥	= größer bzw. größer gleich
°	= Grad
°C	= Grad Celsius
µg	= Mikrogramm
µl	= Mikroliter
A. A. S.	= allgemeines Anpassungssyndrom
Abb.	= Abbildung
ACTH	= Adrenocorticotropes Hormon
<i>ANOVA</i>	= analysis of variance
BSA	= Bovine Serum Albumin
bzw.	= beziehungsweise
ca.	= zirka
cm	= Zentimeter
ConA	= Concanavalin A
CRH	= Corticotropin-Releasing-Hormone
dB	= Dezibel
dest.	= destilliert
DG	= Versuchsdurchgang
Diff. 1/2, 1/3	= Differenzen zwischen Test 1 und Test 2, Test 1 und Test 3
dm	= Dezimeter
e. V.	= eingetragener Verein
EAS	= Experimentalanlage Schwein
ELISA	= enzyme-linked immunosorbent assay
et al.	= (et altera) und andere
<i>F</i>	= F-Wert
FAWC	= Farm Animal Welfare Council
FB	= Fachbereich
F-BAS	= Farb-Bild-Austast-Synchron-Signal
FKS	= fötales Kälberserum
FR	= fixed ratio
FZ	= Futterzyklus
g	= Erdbeschleunigung (9,81 m/s ²)
g	= Gramm
<i>GLM</i>	= General Linear-Modell
GmbH	= Gesellschaft mit beschränkter Haftung
GmbH & Co KG	= Gesellschaft mit beschränkter Haftung und Compagnie Kommanditgesellschaft
GnRH	= Gonadotropin-Releasing-Hormon
h	= Stunde
H ₂ O	= Wasser
H ₂ O ₂	= Wasserstoffperoxyd
H ₂ SO ₄	= Schwefelsäure

HBT	= Höhe, Breite, Tiefe
HPA	= hypothalamo-pituitary-adrenocortical(-axis)
HR	= Hauptrechner
HRV	= heart rate variability
Hz	= Herz
IgG	= Immunglobulin G
IL	= Interleukin
k	= Kontrolltiere
Kap.	= Kapitel
kg	= Kilogramm
kHz	= Kilohertz
KLH	= Keyhole Limpet Hemocyanine
l	= Liter
LPS	= Lipopolysaccharid
LSM	= least-square-mean
LW	= Lebenswoche
m	= Meter
M	= Mol
m ²	= Quadratmeter
min.	= Minuten
MJ	= Megajoule
ml	= Milliliter
mM	= Millimol
n	= Anzahl
N/L	= neutrophile Granulozyten/Lymphozyten
NaCl	= Natriumchlorid
ng	= Nanogramm
NK	= Natural Killer Cells
NL	= Niederlande
nm	= Nanometer
nmol	= Nanomol
NNR	= Nebennierenrinde
Ø	= Durchmesser
OD	= optische Dichte
<i>P</i>	= Signifikanz der Differenzen
PBS	= Phosphate buffered saline/Phosphatpuffer
pH	= Wasserstoffionenkonzentration
PI	= Proliferationsindex
PWM	= Pokeweed Mitogen
RT	= Raumtemperatur
S.	= Seite
SA	= Signalaufwurf
SAM	= Sympatho-Adrenomedulläre-System
SE	= Standard-Fehler
Sec.	= Sekunde

SEM	= Standard-Fehler des Mittelwertes
Sig.	= Signifikanz
<i>t</i>	= t-Wert
Tab.	= Tabelle
TSF	= Ton-Schalter-Futterautomat
u.	= und
UK	= United Kingdom
USA	= United States of America
v	= Versuchstiere
vgl.	= vergleiche
z. B.	= zum Beispiel
ZB	= Zeitbudget

1 EINLEITUNG

Moderne Haltungssysteme für landwirtschaftliche Nutztiere sind durch Effektivität und hohe Automatisierungsgrade gekennzeichnet, aus denen sich Tier-Technik-Interaktionen ergeben, die zu Stressreaktionen seitens der Tiere führen können. Stress ist jedoch ein integraler Bestandteil des Lebens (Puppe 2003) und kann als die wichtigste und komplexeste Reaktion des Körpers angesehen werden, um das Überleben zu sichern (Ottaviani und Franceschi 1996). Er stellt keinen Negativaspekt per se dar und dient der Erhaltung, der Funktionstüchtigkeit, dem Selbstschutz und der Aktivierung von Leistungsreserven und damit der Aufrechterhaltung der Homöostase.

Tiere haben differenzierte Verhaltensstrategien und physiologische Reaktionen entwickelt, um mit Stress umzugehen. Daher gefährdet Stress die Homöostase und damit das Wohlbefinden eines Individuums nur dann, wenn die Stressreaktion zu signifikanten biologischen Kosten führt (von Borell 2000). Übersteigen die Anpassungsreaktionen die individuellen Ressourcen und führen nicht zu einer erfolgreichen Veränderung der Stress auslösenden Situation oder zu unzureichender Anpassung an die Situation, dann kommt es zu Fehlanpassungen (physiologisch und ethologisch), die wiederum negative Folgen für den Organismus haben. Im Gegensatz hierzu kann die erfolgreiche Bewältigung von Stress positive Auswirkungen für das Individuum haben. Wiederholt konnte gezeigt werden, dass transient moderater Stress das Wohlbefinden nicht beeinflusst und eher die Gesundheit fördert, wohingegen wiederholter Distress die Immunkompetenz erheblich herabsetzen kann (von Borell 2000). Darüber hinaus belegen Studien relativ klar, dass ebenso die psychologische Wahrnehmung des Stressfaktors wie auch die Situation an sich physiologische Reaktionen auslösen können und somit Dis- bzw. Eustress als Konsequenz von externen Stimuli und intern begründeten Faktoren auftreten kann. In einigen Definitionen wird Stress nicht als ein durch einen Reiz ausgelöster Zustand betrachtet, sondern als Prozess von Bewertungs- und Bewältigungsprozessen. Deswegen betonen aktuelle Sichtweisen zum tierischen Wohlbefinden die wichtige und komplexe Rolle von kognitiven Prozessen (Mendl 1999, Held et al. 2001), Belohnung (Spruijt et al. 2001) und der emotionalen Wahrnehmung einer Situation (Manteuffel 2002, Puppe 2003). Bisher ist jedoch die Entwicklung von kognitiven Versuchsansätzen zur Untersuchung von emotionalen oder hedonistischen Zuständen und ihren Auswirkungen bei Tieren rar und überwiegend beschränkt auf Labortiere (z. B. Harding et al. 2004, van der Harst et al. 2005). Es ist daher notwendig, kognitive Einflüsse und emotionale Zustände auch bei anderen

Tierarten und insbesondere bei landwirtschaftlichen Nutztieren zu untersuchen, um wirtschaftliche Belange, nachhaltiges Wohlbefinden und ethische Grundsätze in neue Haltungssysteme einzubinden.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist deshalb, die Auswirkungen von Erregungs- und Anpassungsreaktionen bei erfolgreicher Bewältigung von Herausforderungen in Situationen positiver Lernerfahrungen an Schweinen zu überprüfen. Dabei stellt sich die Frage, ob es möglich ist, das theoretische Konzept der positiven Wirkung von erfolgreicher kognitiver Situationsbewältigung bei der Haltung von Schweinen unabhängig von ihrer Coping-Strategie umzusetzen. Es ist zu prüfen, ob ein genereller Einfluss durch belohnte Situationsbewältigung, unabhängig von individuellen Unterschieden, auf das Verhalten und die Physiologie von Schweinen nachgewiesen werden kann. Darüber hinaus soll untersucht werden, ob dieser Einfluss, vermittelt durch Verhalten und physiologische Reaktion, die Gesundheit und das Wohlbefinden der behandelten Tiere positiv beeinflusst.

1.1 Historischer Überblick über Stresstheorien und Modelle

Der Aufwand des Körpers, ein stabiles internes Milieu gegenüber großen variablen Umwelten aufrechtzuerhalten, wurde zuerst von Claude Bernard bereits 1878 beschrieben und später von Walter B. Cannon als Homöostase definiert (von Borell 2000). Er war es auch, der mit der Erforschung von Körperreaktionen auf Umweltbelastungen erste Untersuchungen zu Stress durchführte. Er konnte nachweisen, dass eine Bedrohung des Organismus zu einem erhöhten Adrenalin Spiegel im venösen Blut der Nebenniere führt, und entwickelte aufgrund dieser Beobachtungen ein Konzept über die Notwehrfunktionen des Nebennierenmarks, die er als „Fight and Flight-Syndrom“ bezeichnete (Cannon und De La Paz 1911). Das Prinzip ist die Intensivierung von Körperfunktionen, die eine erhöhte Reaktionsbereitschaft auf Kampf oder Flucht durch gesteigerte Sauerstoff- und Energieversorgung vermitteln und dadurch das Individuum in die Lage versetzen, sich gegenüber einer Gefahr optimal zu verteidigen (Ladewig 1994). Darauf aufbauend entwickelte Hans Selye ab 1937 seine Theorie des „allgemeinen Anpassungssyndroms“ (A. A. S.), welches die Summe aller nicht spezifischen, systemischen Reaktionen des Körpers ist, die einer langen, kontinuierlichen Exposition gegenüber Stress folgen (Selye 1946 u. 1973). Das A. A. S. lässt sich in drei Stadien gliedern und beginnt mit der „Alarmreaktion“, einem unspezifischen Reaktionssyndrom, auf schädliche Reize. Die Alarmreaktion ist gekennzeichnet durch Körperveränderungen mit einem immer gleichen Bild von

Nebennierenhypertrophie, einer Atrophie des Thymus und anderer lymphatischer Organe sowie Magen- und Darmgeschwüren, dem sogenannten Stress-Trias, der hauptsächlich durch eine gesteigerte Corticosteroidfreisetzung aus den Nebennieren gekennzeichnet ist und deren Funktion die wiederherzustellende Widerstandsfähigkeit ist. Bei fortgesetzter Einwirkung des Reizes geht die „Alarmreaktion“ in ein „Adaptationsstadium“ über, in dem die veränderten physiologischen Werte aus dem ersten Stadium auf Normal-Niveau zurückgehen und die allgemeine Widerstandsfähigkeit des Organismus erhöht ist. Ist der Reiz weiter wirksam, verbraucht der Organismus seine gesamte Anpassungsenergie. Die Anpassung des Organismus bricht zusammen und endet in einer dritten Phase, dem „Erschöpfungsstadium“. Die Symptome entsprechen der Alarmreaktion, mit dem Unterschied, dass sie irreversibel sind (Selye 1946). Erst später führte er den Terminus „Stress“ und noch später den Begriff „Stressor“ (Selye 1956) für den Stressreiz ein.

Diese älteren linearen „Stimulus-Belastungsantwort-Modelle“ (Dantzer 1994, Toates 1995) wurden durch transaktionale Konzepte ergänzt, die Interaktionen zwischen Individuum und Belastungssituation, unter Beteiligung des kognitiven Zentralnervensystems, einbeziehen. Allein die Stimuli, die eine emotionelle Erregung, zum Beispiel Angst, auslösen, können zu Belastungsreaktionen führen (Mason 1971), wobei Reize und Ereignisse schon aufgrund ihrer Unbekanntheit oder Neuheit (novelty) zu Stressoren werden können (Wiepkema und Koolhaas 1993). In den sechziger Jahren kam John W. Mason durch Untersuchungen an Affen zu der Überzeugung, dass viele Stressoren nur zu Stressreaktionen führen, wenn das Bewusstsein davon beeinflusst wird. Applikationen von Stressoren ohne emotionale Erregung hatten in vielen Fällen keine Stressreaktion zur Folge (Mason 1971). Die hieraus entstandene „Kognitive Mediator-Theorie“ basiert auf der Annahme, dass die durch Erregungszustände verursachte Aktivierung des psychologischen Apparates der erste Bote bei der Stressreaktion ist und diese Reaktion nicht als eine unspezifische Antwort auf Stress, sondern spezifisch auf bestimmte psychologische Zustände hin erfolgt (Ladewig 1994). Damit stellte Mason die psychologischen Einflüsse auf das endokrine System den physikalischen Reizen gegenüber in den Vordergrund (Broom und Johnson 1993, Ladewig 1994, Moberg 2000). Die Grundidee dieser Theorie wurde von Selye, der die Begriffe „Eustress“ und „Disstress“ einführte (Selye 1974), und auch von vielen anderen Wissenschaftlern aufgegriffen und erweitert, mit der zentralen Frage, wie psychische Belastungen zu Krankheiten führen können. Davon ausgehend, dass nicht der Reiz allein Stress auslösend ist, sondern das Verhältnis von Individuum und Umwelt in dieser Situation, ist Stress ein rational und kognitiv beeinflussbares Phänomen. Transaktionale

Konzepte gehen allgemein davon aus, dass die Stressreaktion eines Individuums von seinen Möglichkeiten abhängt, in Auseinandersetzungen mit einer Belastungssituation Verhaltensreaktionen und/oder Bewältigungsstrategien (Coping) zu entwickeln, wodurch Belastungsantworten nicht nur unspezifisch, sondern auch differenziert, stressorabhängig und individuell geprägt sein können (Lazarus 1966, Weiss 1972, Henry und Stephens 1977, Lazarus und Folkmann 1984, De Boer et al. 1990, Dantzer 1994). Hierbei spielen die individuelle Reaktivität, beeinflusst durch kurzfristige Einflussfaktoren (z. B. die innere Motivation für ein Verhalten), und/oder langfristige, stabile Eigenschaften (in Anlehnung an die Humanpsychologie als Persönlichkeit oder Temperament bezeichnet) eine Rolle. Das als Coping bezeichnete Verhalten wird definiert als die Gesamtheit der sowohl aktionsorientierten als auch intrapsychischen Anstrengungen, die ein Individuum unternimmt, um externe und interne Anforderungen, die seine Ressourcen beanspruchen oder übersteigen, zu bewältigen (Möller et al. 2001). Hierbei spielt es für viele Autoren keine Rolle, ob die Coping-Reaktion erfolgreich ist (von Borell und Hurnik 1991a, Hessing et al. 1994a/b, Wechsler 1995, Koolhaas et al. 1997, Korte et al. 1999, Rauw et al. 2000). Zur Ausbildung von Coping-Strategien ist die Möglichkeit, Einfluss auf eine Situation nehmen zu können, das heißt die Möglichkeit zur Kontrolle, von entscheidender Bedeutung für ein Individuum.

Entscheidend ist auch das Vermögen der Vorhersehbarkeit (predictability) eines Ereignisses bzw. seines Nichteintreffens mit allen seinen Auswirkungen (Weiss 1971, Henry und Stephens 1977, Arthur 1987, Wiepkema und Koolhaas 1992). Das hierzu entwickelte „Coping-Predictability-Konzept“ basiert darauf, dass bei zunehmenden Wiederholungen von ähnlichen Belastungen eine Änderung der Stressreaktion auftritt, wobei die Reaktion des Hypophysen-Nebennierenrinden-Systems geringer ausfällt, die Aktivierung des sympathoadrenomedullären Systems dagegen verstärkt wird (Kvetnansky et al. 1984). Dies soll die Coping-Fähigkeit des Organismus begünstigen (Wiepkema und Koolhaas 1992 u. 1993, Ladewig 1994 u. 2000, Hopster et al. 1998). Grundlage für eine kognitive Kontrolle über und erfolgreiche Anpassung an wechselnde Umweltbedingungen ist die individuelle Lernfähigkeit eines Individuums (Weinberg und Levine 1980, Nicol 1996). Assoziative Lernprozesse gehen gleichzeitig mit dem Aufbau eines persönlichen „Erfahrungsschatzes“ einher, der im Falle einer wiederholten Konfrontation mit weniger intensiven Stressoren die Stressreaktion des Individuums verringert oder ganz ausbleiben lässt (Habituation) (De Boer et al. 1990, Wiepkema und Koolhaas 1992, Ladewig 1994). Eine Habituation an einen sich wiederholenden Stressor ist daher stressorspezifisch und wird nicht auf andere Stressoren

übertragen (Kant et al. 1985). Intensive oder nicht zu bewältigende Stressoren führen dagegen nicht zur Gewöhnung, vielmehr bleibt die Belastungsantwort unverändert oder es kommt sogar zu einer verstärkenden Sensibilisierung (Arthur 1987, Konarska et al. 1990). Eine erhöhte Vorhersehbarkeit ist also nur bei erfolgreichem Coping positiv wirksam, wohingegen unklar ist, ob bei nicht zu bewältigenden Stressoren die Nicht- und/oder die Vorhersagbarkeit negativere Auswirkungen zeigt (Ladewig 1994). In dem fachübergreifenden Stresskonzept „Stundenglas-Modell“ werden die oben genannten Ansichten integriert, wobei Stress alle möglichen extraindividuellen Ereignisse umfasst, die in der Lage sind, ein breites Spektrum von intraindividuellen Reaktionen hervorzurufen, nachdem sie durch einen komplexen Filter von individuellen Unterschieden gegangen sind (Ladewig 1994). Analysen können daher auf drei Ebenen stattfinden: 1.) Die extraindividuellen Ereignisse (Stressoren) können nach qualitativen (physisch/emotional) 2.) und quantitativen Eigenschaften (Dauer/Intensität) unterschieden werden (Ladewig 1994). 3.) Für den Prozess der individuellen Filterung hingegen, spielen sowohl die früheren Erfahrungen des Individuums als auch die genetischen Disposition eine Rolle (Dantzer und Mormède 1983, Smidt et al. 1988, von Borell und Ladewig 1989).

1.2 Anpassungsreaktionen und Belastungsindikatoren

Eine Reaktion auf einen Stressor beginnt dann, wenn das Zentralnervensystem eine potenzielle Bedrohung der Homöostase wahrnimmt. Dabei sind die individuelle Wahrnehmung einer Belastungssituation und der Grad ihrer Kontrolle die verantwortlichen Variablen bei der Bestimmung der Stressantwort. Sie sind normal adaptiv, wenn das Tier in der Lage ist, die Herausforderung zu bewältigen und zufrieden stellend mit der bedrohlichen Situation umzugehen vermag. Die Anpassung an Belastungssituationen erfolgt durch Aktivierung eines komplexen spezies-spezifischen Musters von Verhaltensänderungen, physiologischen Reaktionen des zentralen und autonomen Nervensystems, des neuroendokrinen Systems sowie des Immunsystems. Diese vier möglichen Bewältigungssysteme sollten daher gemeinsam die Basis bei Untersuchungen bilden, wobei die Methoden der Datenerhebungen selber keinerlei Einfluss ausüben dürfen (Moberg 2000). In den überwiegenden Fällen wurden hierzu experimentelle Stressmodelle entwickelt, die extreme physiologische Anstrengung, Restriktion oder Isolation beinhalteten (Blecha 2000). Die Entwicklung von Stressmodellen für Untersuchungen zum Einfluss von Belastungsbewältigung (Coping) ist dagegen nur in Ansätzen vorhanden (siehe Punkt 1.3.1).

1.2.1 Belastungs- und Anpassungsreaktionen im Bereich Verhalten

Wenn sich Umweltbedingungen ändern, reagieren Tiere häufig auf die neue Situation mit Anpassungsversuchen durch Veränderung ihres Verhaltens. Grundsätzlich besteht die Möglichkeit der Flucht, der Bekämpfung bzw. Lösung oder des Abwartens gegenüber Stressoren, wenn nicht aktiv ein gewünschter Reizzustand angestrebt wird, also nach ihm gesucht wird (Wiepkema und Koolhaas 1993, Wechsler 1995). Darüber hinaus ist die Verzögerung oder Latenz bis zur Wiederaufnahme des normalen Verhaltens ein weiteres Messinstrument in und nach Belastungssituationen (Broom und Johnson 1993). Diese Verhaltensänderungen sind mitunter leicht zu beobachtende und nicht invasive Indikatoren für Stresszustände und daher besonders geeignet als Belastungsindikatoren (Wechsler 1993, Tschanz 1995, Buchholtz 1996, Mench und Mason 1997). Verhaltensweisen in Situationen der Unvorhersehbarkeit oder Bedrohung sind prinzipiell kurzlebig und Teil eines normal regulatorischen Mechanismus, um Probleme zu lösen. Wenn jedoch die Stressreaktionen über einen langen Zeitraum oder gar nicht erfolgreich sind, führt dies zu Symptomen chronischen Stresses und (pre-)pathologischen Zuständen. Diese beinhalten abnorme Verhaltensweisen wie Aggression in frustrierenden Situationen, gestörtes Verhalten wie z. B. verletzendes Verhalten oder Stereotypen sowie Apathie und Teilnahmslosigkeit (Broom und Johnson 1993, Wiepkema und Koolhaas 1993). Dagegen kann ein gewisses Maß an Umweltinstabilität und Unvorhersehbarkeit, welche als Stressoren wirken, sogar vorteilhaft sein, wenn es zur erfolgreichen Bewältigung der Herausforderungen bzw. der Belastungssituationen kommt, um Langeweile zu vermeiden und die individuelle Anpassungsfähigkeit zu optimieren (Wemelsfelder 1990, Wiepkema und Koolhaas 1993) (siehe Kap. 1.3.1).

Mit den verschiedensten Methoden können Verhaltensänderungen aufgezeichnet und bewertet werden. Besonders geeignet, gerade bei in Gruppen lebenden Tieren, sind die Videobeobachtung und spezielle Verhaltenstests. Nach dem Stressmodell von Moberg können die biologischen Ressourcen eines Individuums durch Belastungssituationen beeinträchtigt werden, ohne dass es jedoch zu Beeinträchtigungen oder Veränderungen der normalen Funktionen kommt (Moberg 2000). Dies bedeutet, dass es trotz einer Belastung zu keiner Verhaltensänderung bei den Tieren kommt, solange keine weiteren ressourcenbeanspruchenden Ereignisse auftreten. Es ist daher möglich, niedrige Stressniveaus zu bestimmen, indem die Tiere einer zusätzlichen, klar definierten Stresssituation ausgesetzt werden. Verwendet wird hierfür, wie auch in dieser Arbeit umgesetzt, der „open-field“-Test, der in der Labortierethologie häufig praktiziert wird. Die

für Nutztiere modifizierten Tests werden daher auch als „novel environment“ oder Arena-Test bezeichnet. Hierbei wird ein einzelnes Tier einer neuen unstrukturierten Umgebung ausgesetzt. Bei den Stressoren handelt es sich in diesen Situationen um die Konfrontation mit einer unbekanntem Umgebung sowie die optische und akustische Isolation von der Gruppe. Der Test dient der Messung von Reaktivität oder Emotionalität durch die Analyse von z. B. Aktivität, Vokalisation oder Exkretion (Beilharz und Cox 1967, Fraser 1974, Hendricks und Seay 1973, Herskin und Jensen 2000, Hessing et al. 1994a, Manteca und Deag 1993, Puppe et al. 1999, von Borell und Ladewig 1992). Der „novel object“-Test ist ein ähnliches Testverfahren, bei dem die Reaktivität gegenüber einem unbekanntem Objekt, meist in einem „open-field“-Test präsentiert, getestet wird (van Erp-van der Kooij et al. 2002, Wemelsfelder et al. 2000, Boissy 1995). Für eine Analyse werden hier zielgerichtete Verhaltensweisen und die Interaktionen mit dem neuen Objekt aufgezeichnet. Weitere Verhaltenstests zur Überprüfung der Reaktivität der Tiere in Belastungssituationen sind z. B. der „backtest“ bzw. der Test auf tonische Immobilität, der „handling“- oder der „emerge“-Test, die jedoch beide in dieser Arbeit aufgrund der Gruppenhaltung und der Größe der Schweine nicht angewendet wurden.

1.2.2 Belastungs- und Anpassungsreaktionen im Bereich Physiologie

Eine herausfordernde Situation wird nicht nur eine Verhaltensanpassung, sondern auch eine physiologische Reaktion auslösen, wobei beide hochgradig integrativ sind. Sowohl die Verhaltensanpassungen als auch die physiologischen Reaktionen auf eine von der Homöostase abweichende Situation werden durch das Zentralnervensystem initiiert und koordiniert, wobei es für die physiologischen Reaktionen zwei Hauptkomponenten gibt. Dabei handelt es sich um das autonome Nervensystem und das neuroendokrine System. Die generelle Funktion einer Änderung in den peripheren Organen und dem Immunsystem ist die Vorbereitung des Organismus auf und die Abwicklung eines adäquaten Verhaltens- oder physiologischen Reaktion auf die Belastungssituation, um die Homöostase wieder zu erlangen.

1.2.2.1 Physiologische Reaktionen

Das autonome Nervensystem

Es unterteilt sich in das sympathische und das parasympathische Nervensystem, wobei beide nahezu alle Organe innervieren. Die Aktivierung durch eine Belastungsreaktion des sympathischen Nervensystems (Sympatho-Adrenomedulläre-System (SAM)) sorgt für eine

sekundenschnelle Aktivierung der Erfolgsorgane und führt zu einer ebenfalls sehr schnellen Ausschüttung von Catecholaminen wie Adrenalin und Noradrenalin aus dem Nebennierenmark in den Blutkreislauf. Hierdurch kann eine sekundenschnelle Kreislaufanpassung und Energiemobilisierung stattfinden, die die Reaktionsfähigkeit des Organismus gegenüber einer plötzlichen Bedrohung erhöht („fight-flight-Syndrom“, Cannon und De La Paz 1911). Doch bislang wurde die Catecholaminreaktion von Nutztieren in Belastungssituationen in relativ wenigen Studien untersucht. Das ist zweifellos auf die Schwierigkeiten bei der genügend schnellen Stichprobenerhebung des Blutes zurückzuführen, so dass man die Tiere eigentlich katheterisieren müsste. Dies ist jedoch in Gruppenhaltungen und über einen längeren Zeitraum nicht möglich. Weitere Möglichkeiten zur Bestimmung bieten der Urin (Hay et al. 2000) und die Herzfrequenz. In der Erwartung einer Belastungssituation ist z. B. ein Rückgang der Herzfrequenz zu beobachten (van Erp-van der Kooij 2003). Diese Reaktion wird auch „orientierende Aufmerksamkeitsreaktion“ („orientation attention response“) genannt, als Hinweis auf einen zu erwartenden Stressor (Obrist 1981). Bei der Messung der Herzfrequenz besteht jedoch die Schwierigkeit, zwischen psychischer und physischer Aktivität zu unterscheiden. Die Herzschlagvariabilität (englisch: heart rate variability, HRV) bietet eine Alternative. Der für den Herzschlag verantwortliche Sinusknoten, als autonomer Schrittmacher des Herzens, unterliegt der ständigen antagonistischen Beeinflussung durch das parasympathische und sympathische Nervensystem. Die HRV spiegelt damit den Tonus der autonomen Innervation des Herzens wider. Da die Herzfrequenz gemeinsame Stellgröße in den teilweise multipel miteinander vernetzten neuronalen Feed-Back-Schleifen der kurzfristigen Kreislaufregulation ist, bilden sich Beeinflussungen dieses Steuerungsmechanismus auch in einer Veränderung der HRV ab, wie sie sich beispielsweise bei kurz- und längerfristigen suboptimalen Zuständen ergeben (Mohr et al. 2002). Die HRV stellt eine integrierende Messgröße dar, die nicht nur die Funktionalität des Herzens berücksichtigt, sondern vor allem die aktuellen vorherrschenden Einflüsse von Vagus- und Sympathikustonus auf die zentrale Steuerung widerspiegelt (Langbein 2004). Möglich werden Aussagen über die bestehende sympatho-vagale Balance des Organismus, so dass auf dieser Basis objektive Indizierungen von Belastungszuständen erfolgen können. Große Datenmengen und eine arbeitsintensive Auswertung machen jedoch den Einsatz dieser nicht invasiven Methode über durchgehende Zeitperioden von mehreren Wochen unmöglich.

Das neuroendokrine System

Eine weitere Adaptation als Reaktion auf Stressoren sind neuroendokrine Reaktionen, deren Integrationszentrum der Hypothalamus ist. Diese Reaktionen schließen hormonale Systeme mit ein, die u. a. an der Regulierung der Nebennierenrinde (Corticotropin-Releasing-Hormone (CRH) und Adrenocorticotropes Hormon (ACTH)), der Reproduktion (Gonadotropin-Releasing-Hormon (GnRH)), des Stoffwechsels (Entwicklungs- und Schilddrüsen-Hormon (TSH), des Blutdrucks und der Körperflüssigkeiten (Vasopressin und Oxytocin) beteiligt sind. Der klassische und wohl am intensivsten untersuchte neuroendokrine Signalübertragungsweg, der in physischen und psychischen Belastungssituationen reagiert, ist jedoch die HPA-Achse (Hypophysis-Pituitary-Adrenal-Cortex-Achse) (Moberg 2000). Die Ausschüttung von Glucocorticoiden (Syn.: Corticosteroiden) wie Cortisol, Cortison und Corticosteron aus der Nebennierenrinde (NNR) bildet dabei den letzten Schritt der Aktivierung dieser Achse. Glucocorticoide sind durch ihre Wirkung auf den Intermediärstoffwechsel in der Lage, in Belastungssituationen für eine vermehrte Energiebereitstellung und längerfristige Erhöhung des Blutglucosespiegels zu sorgen. Neben den metabolischen Effekten haben sie auch ausgeprägte antiinflammatorische Wirkungen (Löscher 1994) und sogar Einfluss auf kognitive Leistungen durch Beteiligung am vermehrten Zelltod im Gehirn (Pruett 2001). Eine Übersicht der kontrollierenden und regulierenden Wirkungen der HPA-Achse auf die Fertilität und die Immunität sowie den Metabolismus und das allgemeine Wohlbefinden von Tieren findet sich bei Manteuffel (2002) und Pacák und Palkovits (2001). Daher werden Glucocorticoide, häufiger noch als ACTH, als wichtige Belastungsindikatoren verwendet. Im Gegensatz zu den Effekten des autonomen Nervensystems haben die sezernierten Hormone des neuroendokrinen Systems breite und lang anhaltende Effekte auf den Körper, so dass diese gut geeignet sind, um Belastungsniveaus zu untersuchen (Moberg 2000). Es sind jedoch einige Einschränkungen zu beachten. So werden z. B. Veränderungen in der HPA-Achse nicht immer von einer Veränderung der Glucocorticoide begleitet (Ruis 2001a). Des Weiteren gibt es Belastungssituationen, in denen die Nebenniere nicht reagiert (Sapolsky et al. 2000, Moberg 1985). Das wichtigste Glucocorticoid ist bei Menschen, Schweinen, Rindern und vielen weiteren Säugetieren das Cortisol (Thun und Schwarz-Porsche 1994). Im Blutplasma liegt es sowohl in der gebundenen (über 90 % (Thun und Schwarz-Porsche 1994)) als auch in freier Form vor, so dass bei einer Beprobung des Blutes beide Fraktionen und damit die gesamte Glucocorticoid-Konzentration festgestellt werden kann. Für eine stressfreie Probennahme sollte jedoch auf eine nicht invasive Methode

zurückgegriffen werden. Ein etabliertes Vorgehen hierfür ist die Messung im Speichel oder anderen Körperflüssigkeiten, in denen die freie und damit biologisch aktive Form von Cortisol vorliegt (Vining et al. 1983). Obwohl für die Speichelentnahme nicht ganz auf den Kontakt zum Tier verzichtet werden kann, bietet sie jedoch den Vorteil zeitlich präziser Beprobung (Cook et al. 2000). Darüber hinaus zeigten sich bei einer Adaptation an die Entnahmeprozedur bei Schweinen, die überwiegend mit Tupfern oder Wattestäbchen durchgeführt wird, keine signifikanten Veränderungen in der Herzfrequenz oder dem Verhalten (Schönreiter et al. 1999, Schönreiter und Zanella 2000). Des Weiteren ergaben Untersuchungen der Plasmacortisol- und Speichelcortisolkonzentration, zum Vergleich der Sensitivität, keine Unterschiede (Cook et al. 1996, Fenske 1997, Schönreiter et al. 1999).

Das Immunsystem

Stress hat eine modulierende Wirkung auf das Immunsystem (Ader et al. 1991) und kann, abhängig von der Natur, Dauer, Vorhersagbarkeit, Kontrolle sowie den untersuchten immunologischen Parametern einen fördernden, supprimierenden oder keinen Effekt haben (Dantzer 1997, Pruett 2001). Diese belastungsbedingten Veränderungen der Immunaktivität sind komplex und werden weitgehend von neuroendokrinen Parametern und Neurotransmittern beeinflusst. Umgekehrt üben die humoralen Komponenten der Immunreaktion Einfluss auf die zentralen und peripheren Komponenten der Belastungsantwort aus (Kelley 1988). Hierzu existiert umfangreiche Literatur aus den verschiedensten Disziplinen, die belegen, dass bidirektionale Interaktionen zwischen dem Immun- und dem Nervensystem existieren (Blecha 2000). Zur Aufklärung solcher kommunikativen Prozesse ist die Untersuchung von Zytokinen von besonderem Interesse. Für Studien über mögliche Auswirkungen von Belastungsbewältigungen ist es sinnvoll, Veränderungen der zellvermittelten und der humoralen Immunität quantitativ und qualitativ zu bestimmen. Allgemein gilt die Aussage, dass akute Belastungen aspezifische Reaktionen erhöhen, wobei sich die Steigerung in der Anzahl an phagozytotischen Blutzellen (Wallgren et al. 1994) und ihrer Aktivität (Ruis und Bayne 1997) ausdrückt. Diese zellvermittelte Immunität dient in erster Line als eine primäre Verteidigung gegen das Eindringen von Pathogenen, die vorteilhaft ist, wenn ein Individuum während einer Auseinandersetzung oder auf der Flucht verletzt wird (Dhabhar 1998). Spezifische Antworten der humoralen Immunität, wie Lymphozytenproliferation und Antikörperproduktion, sind sekundäre Verteidigung und werden zu Beginn einer Belastungsreaktion unterdrückt. Diese Unterdrückung schützt den Körper vor einer Überaktivierung von Abwehrmechanismen

(Munck et al. 1984). Eine solche Supremierung kann jedoch bei länger anhaltender Abweichung von der Homöostase die Gesundheit negativ beeinflussen (Dhabhar 2000). Eine detaillierte Analyse einzelner immunologischer Parameter impliziert die Annahme, dass die Messdaten mit einer Krankheitsresistenz korrelieren oder zumindest ein Ausdruck der relativen „Stärke“ des Immunsystems sind. Dies ist jedoch mit einigen Problemen behaftet, die ausgiebig bei Adamo (2004) diskutiert werden, mit dem Ergebnis, zusätzlich spezifische In-vivo-Tests zur Überprüfung der Immunkompetenz durchzuführen. Mit einer künstlich herbeigeführten Immunisierung kann die humorale Immunität getestet werden. Hierzu wird bei Schweinen mit einer intramuskulären „Bovine serum albumin (BSA)“-Injektion gearbeitet und später durch eine quantitative Analyse der spezifischen Antikörper für BSA mit Hilfe eines ELISA-Verfahrens (enzyme linked immunosorbent assay) die Reaktivität der individuellen Immunsysteme getestet (Hessing et al. 1995). Ein möglicher weiterer Test ist das Endotoxin-Lipopolysaccharide-induzierte Krankheitsverhalten (LPS-Test), wobei den Tieren das LPS peripher injiziert wird. Es aktiviert Monozyten sowie Makrophagen und stimuliert die Synthese und Ausschüttung von proinflammatorischen Zytokinen sowie den anschließenden Anstieg von Prostaglandin (Tuchscherer et al. 2004). Dieser Test ist jedoch nur so lange einsetzbar bis den Tieren, aufgrund ihres Gewichtes, keine intraperitoneale Injektion mehr verabreicht werden kann. Eine weitere Möglichkeit, die Effektivität des Immunsystems zu testen, ist die Beobachtung der Wundheilung (Rojas et al. 2002). Definiert induzierte Hautläsionen sind ein gebräuchliches Mittel, die durch histologische Sektionen, Belastungs- bzw. Zugfestigkeit und Flächenvermessung sowie immunologische Blutanalysen bewertet werden können (Thomas und Wysocki 1990). Die in dieser Arbeit angewendete etablierte Methode der Schussbiopsie ist für eine solche Analyse besonders geeignet, da sie ohne Fixierung oder Anästhesie der Tiere auskommt, scheinbar nur ein geringer primärer Wundschmerz ausgelöst wird, keine langfristigen Verhaltensänderungen auftreten und die Wundheilung und Regeneration weitgehend komplikationslos verläuft (Ernst 2003, Geverink et al. 1999, Lahucky 1987, Wegner et al. 1988).

1.3 Stressbewältigung

1.3.1 Coping

Der englische Begriff „Coping“ bedeutet im Deutschen „etwas bewältigen, mit etwas fertig werden, einer Anforderung gewachsen sein“ (Messinger und Rüdberg 1984), wird aber in

der Ethologie unterschiedlich definiert. Einige Autoren, wie McFarland (1999), betonen das wirksame Handeln gegenüber einer belastenden Situation bzw. sehen die erfolgreiche Bewältigung einer belastenden Situation als Coping an (Overmier und Patterson 1980, Jensen 1996, Toates 1998). Andere Autoren beschreiben Coping als eine Verhaltensreaktion auf eine aversive Situation, mit dem Ziel der Gewinnung oder Wiederherstellung der Homöostase (Korte et al. 1999, Wechsler 1995, von Borell und Hurnik 1991b, Hessing et al. 1994a/b, Koolhaas et al. 1997, Rauw et al. 2000). Nach diesen Definitionen erfasst Coping die Prozesse und Formen der Stressbewältigung und beschreibt die mehr oder weniger spezifischen individuellen Reaktionen auf einen Stressor. Durch diese Reaktion werden schädliche Effekte aversiver Stimuli auf physiologische Messwerte reduziert, um die Aufrechterhaltung oder Wiederherstellung der Homöostase zu gewährleisten. Dies bedeutet jedoch nicht, dass Coping automatisch mit erfolgreicher Bewältigung gekoppelt ist (Koolhaas et al. 1997). In der Humanpsychologie wird der Begriff für Verhaltensweisen benutzt, die außerhalb des Kompetenzbereiches eines Individuums liegen und den Umgang mit einem nicht zu lösenden Problem charakterisieren (van Erp-van der Kooij 2003).

Wichtige Aspekte bei der Bewältigung von Stressoren sind zeitliche Faktoren und der Erfolg oder die Effizienz der Coping-Reaktionen. Auf physiologischer Ebene kann man von effektiven Bewältigungsmustern sprechen, wenn durch sie eine stressbedingte Reaktion reduziert oder verhindert wird und eine Regulierung auf das physiologische Ausgangsniveau erfolgt (Wechsler 1995). Die Beurteilung der Effizienz ist jedoch relativ schwierig, da die unmittelbare Wirksamkeit nicht unbedingt auch das finale, längerfristige Ergebnis repräsentiert. So kann z. B. die Ausbildung einer Stereotypie den derzeitigen Mangel an adäquaten Verhaltensweisen ausgleichen, führt jedoch langfristig zu anderen Problemen für das Individuum (Wechsler 1995). Coping-Verhalten kann dann selbst zum Stressor werden, wenn Bewältigungsversuche in ihrer Intensität und Dauer erfolglos bleiben und situationsinadäquat zu viel Energie verbrauchen oder den Organismus in anderer Weise schädigen (Freier 1998). Im Gegensatz hierzu stellt sich die Frage, welche Auswirkungen erfolgreiches Coping auf das Individuum hat. Veränderungen oder Schädigungen eines Organismus sind nicht in jedem Fall auf die direkte Stressoreinwirkung zurückzuführen, sondern hängen eng mit der Unfähigkeit zusammen, effektiv und erfolgreich mit dem Stressor umzugehen. Das individuelle Coping-Verhalten ist dabei von entscheidender Wichtigkeit und beruht auf individuellen Erfahrungen, auf der genetischen Disposition sowie auf dem Geschlecht oder der Rangposition und weiteren Einflussfaktoren (Ruis et al. 2002, van Erp-van der Kooij et al. 2002). Bereits 1977 definierten Henry und Stephens zwei

Reaktionsmuster zur Unterscheidung spezifischer individueller Reaktion auf einen Stressor. Dies führte zu der Idee verschiedener Coping-Strategien. Ihre Beschreibung fand zum ersten Mal bei Nagetieren statt (Benus et al. 1987). Auch Studien an Schweinen liefern Hinweise darauf, dass Tiere auf einen identischen Stressor unterschiedlich reagieren können (Bolhuis et al. 2003, Erhard und Mendl 1999, Ruis et al. 2000 und Thodberg et al. 1999).

Es wird zwischen aktiven und reaktiven (bzw. passiven) Coping-Strategien (situationsabhängig) bzw. Stilen (persönlichkeitsabhängig) unterschieden (Erhard und Schouten 2001, van Erp-van der Kooij 2003). Aktive Coping-Versuche, z. B. durch Beseitigung des Stressors oder die Flucht vor ihm, ähneln eher den „fight-flight“-Reaktionen von Cannon und De La Paz (1911), welche z. B. in sozialen Auseinandersetzungen durch Verhaltensweisen der territorialen Kontrolle oder der Aggression charakterisiert sind, sowie durch neuroendokrinologische Ausschüttung von peripheren Catecholaminen. Reaktive Coping-Versuche gleichen dagegen dem Konzept des „conservation withdrawal“, also der Verhaltensdepression, die gekennzeichnet ist durch Immobilität oder geringe Aggressionsniveaus sowie durch den neuroendokrinologischen Anstieg der „adrenocortical“-Aktivität. Einen Überblick über Coping-Stile bei Tieren geben Koolhaas et al. (1999). Verschiedene Coping-Strategien/-Stile können jedoch gleichermaßen zur Erhaltung oder Wiederherstellung der Homöostase beitragen. Aktive, handlungsorientierte Strategien sind zielorientiert (aktives oder proaktives Coping), bergen jedoch die Gefahr einer Überlastung, die dann wiederum als Stressor wirken kann. Defensive Strategien (reaktives oder passives Coping), als Ressourcen sparende Verhaltensweisen, können dagegen mitunter die bessere Strategie sein. Eine detaillierte Literaturübersicht und Theorieherleitung zu diesem Thema, basierend auf dem „Hawk-Dove Game“, findet sich bei Korte et al. (2005). Auch wenn verschiedene Coping-Strategien unterschiedliche physiologische Reaktionen auslösen, die bei Koolhaas et al. (1999) ausführlich beschrieben werden, dienen sie der Wiederherstellung oder Stabilisierung der Homöostase und haben darüber hinaus Auswirkungen auf die Gesundheit bzw. Krankheitsanfälligkeit der Tiere. Dass erfolgreiches Coping mehr ist als nur die Reduzierung der Negativfolgen von situationsinadäquatem Ressourcenverbrauch durch Bewältigungsversuche, kann durch Modelle zum Thema Eustress untersucht werden. Weitere Forschung in Bezug auf differenzierte Coping-Strategien, wie von Koolhaas et al. (1999) vorgeschlagen, kann nur dann die Vorhersagbarkeit von Krankheit, Gesundheit und Wohlbefinden verbessern, wenn das Wissen dazu benutzt wird, die Umwelt der Tiere so zu gestalten, dass alle Individuen, ungeachtet ihrer speziellen Coping-Mechanismen,

auftretende Stressoren bewältigen können. Hierzu ist jedoch die Kenntnis über die Auswirkungen der erfolgreichen Bewältigung von Stressoren entscheidend und erfordert Modelle, mit denen gezielt dieser Zustand ausgelöst und untersucht werden kann.

1.3.2 Eustress: ursprüngliche Konzepte und Ableitungen

Die Voraussetzungen für Stressmodelle, die sowohl positive als auch negative Auswirkungen zulassen, wurden durch Hans Selye geschaffen, wobei er den Begriff Eustress prägte. Stress war für ihn ein veränderter physiologischer Zustand, verursacht durch endogene oder exogene Auslöser, die Anforderungen an den Körper stellen. Die Anforderungen wurden von ihm als Stressoren bezeichnet (Selye 1974). Mit anderen Worten, alles, was die Bedingungen für einen Körper verändert, an die er sich anpassen muss, produziert Stress. Gemäß Selyes Konzeptionalisierung von Stress heißt das, dass sowohl positive als auch negative Stimuli undifferenzierte Stressreaktionen auslösen können. Während Selye das Wort „Stress“ als die biologische Reaktion auf Stressoren definiert, benutzte er die Begriffe Dis- und Eustress als Bezeichnungen für den Effekt einer nichtspezifischen Reaktion. Die Zusammenhänge zwischen Stressoren, Stress, Dis- und Eustress sind in Abb. 1 dargestellt.

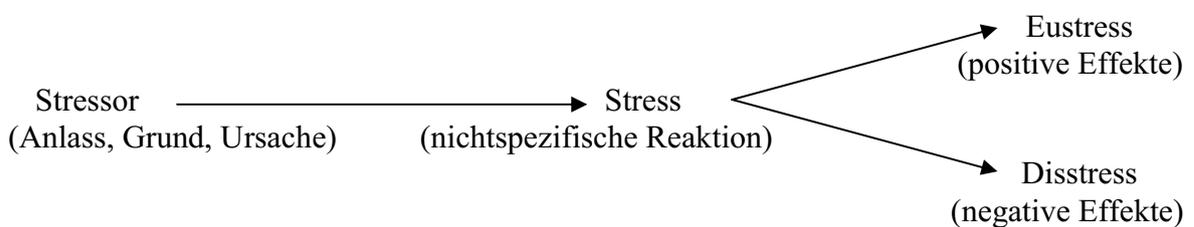


Abb. 1: Selyes Konzept des Stresses, nach Nelson und Simmons (2004).

Endogene oder exogene Veränderungen (Stressoren) verursachen Stress, eine nichtspezifische Reaktion. Diese Reaktionen können positive oder negative Auswirkungen für das Individuum haben und werden entsprechend ihrer Ausrichtung als Eu- bzw. Disstress bezeichnet.

Selye fügte 1983 noch eine weitere Richtung zu seinem Konzept zu, die es ermöglicht, sich dem Begriff bzw. dem Konzept auf verschiedenen Ebenen zu nähern. So können die Stressoren nach quantitativen (Dauer/Intensität) und/oder qualitativen (physisch/emotional) Eigenschaften unterschieden werden. Dabei kann „hyperstress“ (Überforderung) oder „hypostress“ (Unterforderung) bzw. guter (Eustress) oder schlechter Stress (Disstress) ausgelöst werden (siehe Abb. 2).

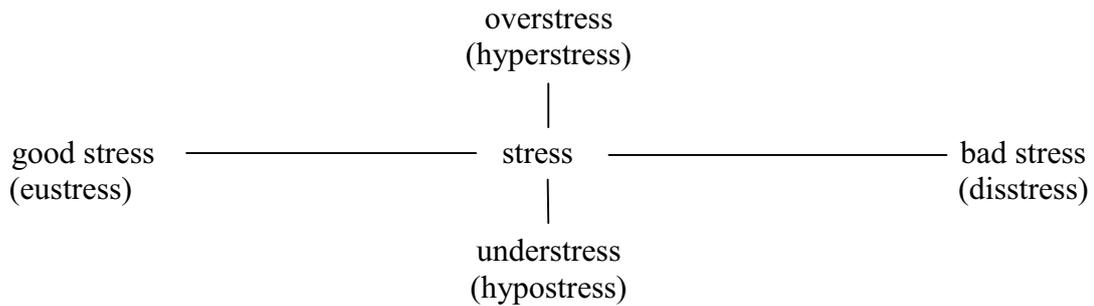


Abb. 2: Selyes vier Basisvariationen des Stresses, nach Nelson und Simmons (2004).

Selyes Konzept von Stress als physiologische Reaktion hatte und hat bis heute weitreichenden Einfluss auf die Theorieentwicklung (Nelson und Simmons 2004). So definierten auch Quick et al. (1997) Eustress als das gesunde, positive und konstruktive Ergebnis eines stressvollen Ereignisses und der Stressreaktion. Sie erweiterten dabei das Yerkes-Dodson-Gesetz, welches bereits 1908 formuliert wurde (zitiert durch Zulkifli und Siegel 1995), wobei sie Eustress als das optimale Niveau an Exposition gegenüber einem Stressor ansehen (siehe Abb. 3, S. 16)

Gemäß diesem Konzept erfolgt die maximale Funktion, wenn ein Individuum in einem optimalen Bereich Stressoren bewältigen muss. Neu in diesem Modell ist, dass Eustress nicht weiter nur ein Effekt ist, sondern die Quantität eines Stressors repräsentiert und somit eine Beziehung zwischen dem Grad an Herausforderung und dem Grad an effektiver Leistung besteht. Problematisch ist jedoch, dass in dem Modell von Quick et al. (1997) der Weg zum Eustress nur durch Anwendung präventiver Maßnahmen gegen Disstress zu erreichen ist. Darüber hinaus machen sie keine Vorschläge für eine mögliche Forcierung oder Auslösung von Eustress. Milsum (1985) schlug in seinem Modell eine sehr ähnliche Vorstellung vor. Er äußerte, dass Eustress ein korrektes oder optimales Level beinhaltet und erkannte deshalb implizit an, dass dies ein regulatorisches System ist, wie alle anderen bedeutenden homöostatischen Organsysteme unseres Organismus (Nelson und Simmons 2004). Die quantitative Annäherung ist ein Weg, Eustress von Disstress zu unterscheiden. Ein weiterer Weg ist die Differenzierung durch qualitative Charakteristika, wie sie von Allen (1983) vorgeschlagen wurden. Dieselbe Quantität eines Stressors kann hier sowohl zu Eu- oder Disstress führen, je nachdem, wie die Ereignisse interpretiert werden, die ihn auslösen.

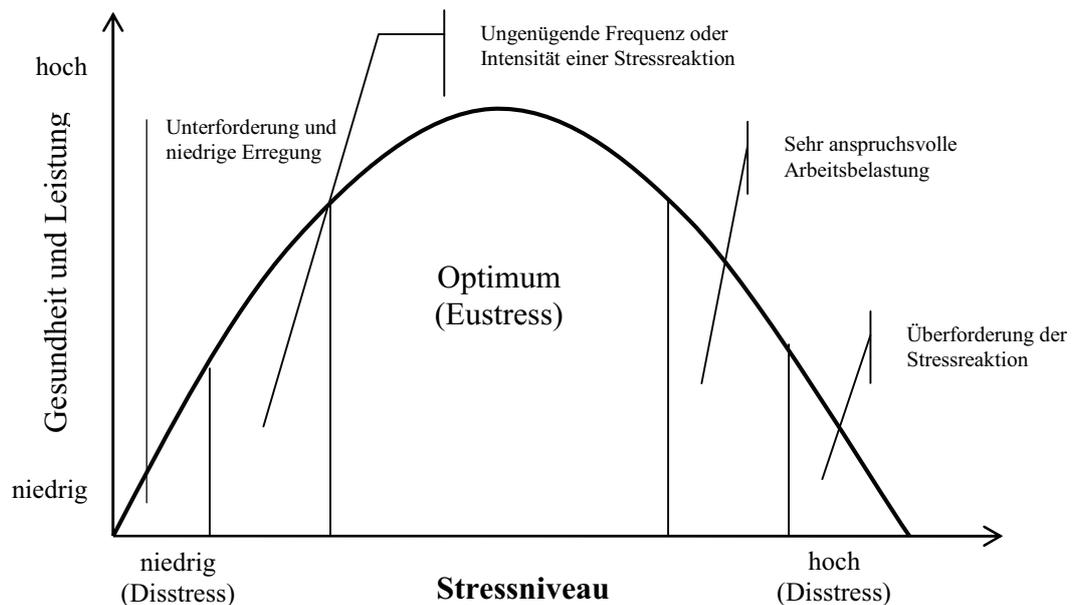


Abb. 3: Erweiterte Yerkes-Dodson-Kurve nach Nelson und Simmons (2004).

Mit steigendem Stressniveau verändert sich die individuelle Leistungsfähigkeit, deren Optimum in einem Bereich liegt, der das Individuum weder unter- noch überfordert und zu Eustress führt.

Dieser Punkt ist für Nelson und Simmons (2004) zwingend notwendig, widerspricht aber ihrer Auffassung nach der Ausgangstheorie von Selye, nach der die Wahrnehmung zwar zwischen angenehmen und unangenehmen Stressoren unterscheidet, aber die körperliche Reaktion nicht. Sie kommen daher zu dem Ergebnis, dass die Stressreaktion selbst mehr sein muss als die bloße nichtspezifische physiologische Erregung. Sie schlagen eine psychologisch holistischere Konzeptionalisierung der Stressreaktion vor, mit der es möglich ist, qualitative Einschätzungen der Reaktion vorzunehmen (z. B. gut/schlecht, positiv/negativ, gesund/verletzend), die vorher für den Effekt der Reaktion vorbehalten waren (Nelson und Simmons 2004). Eu- und Disstress wären damit die positiven und negativen Aspekte der Stressreaktion an sich, im Gegensatz zu den positiven oder negativen Effekten der Stressreaktion. Eu- und Disstress werden dabei als Variablen zweiter Ordnung geformt, die durch positive und negative psychologische Zustände gekennzeichnet sind, die ihrerseits latente Variablen sind (Nelson und Simmons 2004). Entscheidend ist die Bewertung des Stressors, nicht die positive oder negative Wirkung der Stressreaktion. Das holistische Stressmodell von Nelson und Simmons (2004) ist in Abb. 4, S. 17 dargestellt.

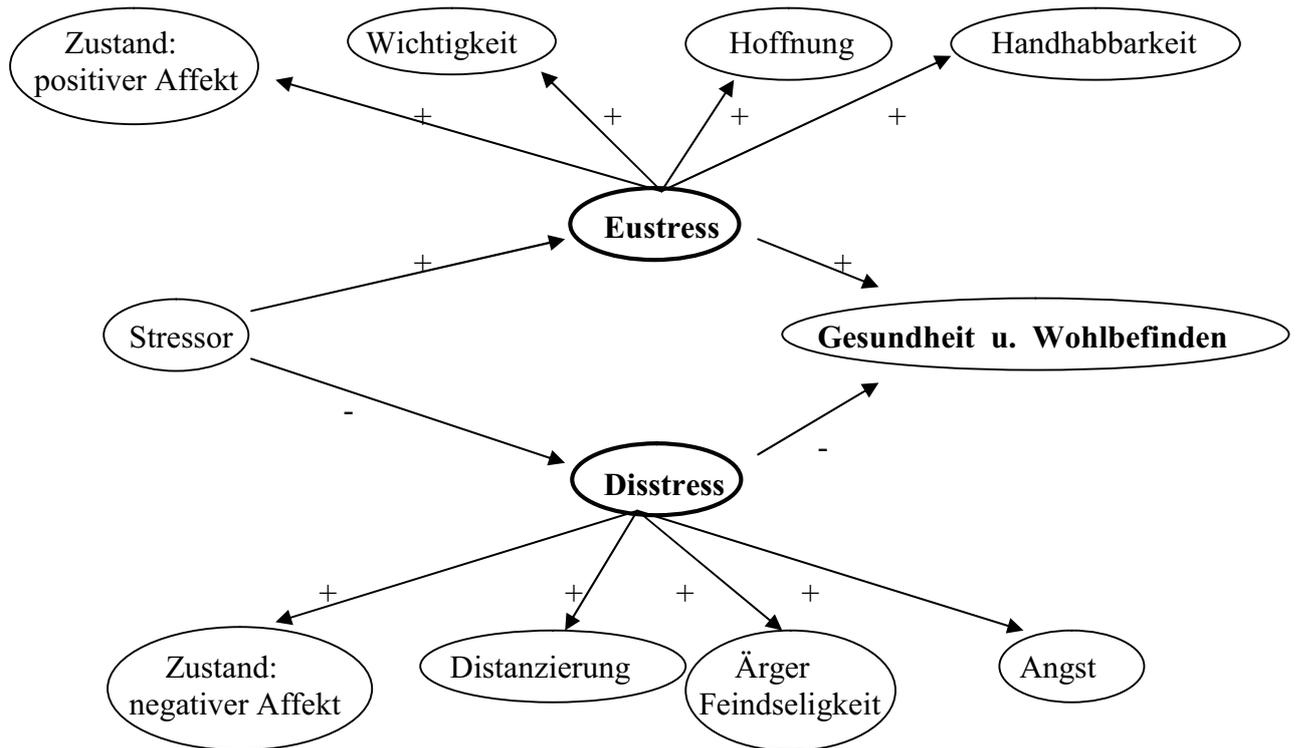


Abb. 4: Das holistische Stressmodell nach Nelson und Simmons (2004).

Eu- und Disstress werden in diesem Modell als Variablen zweiter Ordnung latent moduliert, angezeigt durch etablierte positive und negative psychologische Zustände, die ihrerseits latente Variablen sind. Eustress wird hier definiert als eine positive psychologische Reaktion auf einen Stressor, angezeigt durch die Präsenz positiver psychologischer Zustände. Disstress wird, im Gegensatz dazu, als eine negative psychologische Reaktion auf einen Stressor definiert, der durch die Präsenz negativer psychologischer Zustände angezeigt wird.

Auch im Stressmodell von Puppe (2003) spielt die qualitative Bewertung eines Stressors vor der physiologischen Stressreaktion eine entscheidende Rolle. Individuelle Coping-Strategien, aber auch Vorhersagbarkeit und Kontrollierbarkeit der jeweiligen Situation durch das Tier, sind entscheidend für den Erfolg der verhaltensphysiologischen Stressantwort (Puppe 2003). Bei gleicher Intensität eines Stressors ist die individuell bemessene Qualität eines Stressors ausschlaggebend bei der Bestimmung der Quantität der Stressreaktion. Diese hat wiederum Einfluss auf die individuelle Qualitätsbestimmung eines Stressors. Eu- und Disstress sind damit sowohl die Aspekte als auch die Effekte der Stressreaktion, die in Abhängigkeit zueinander stehen (siehe Abb. 5, S. 18).

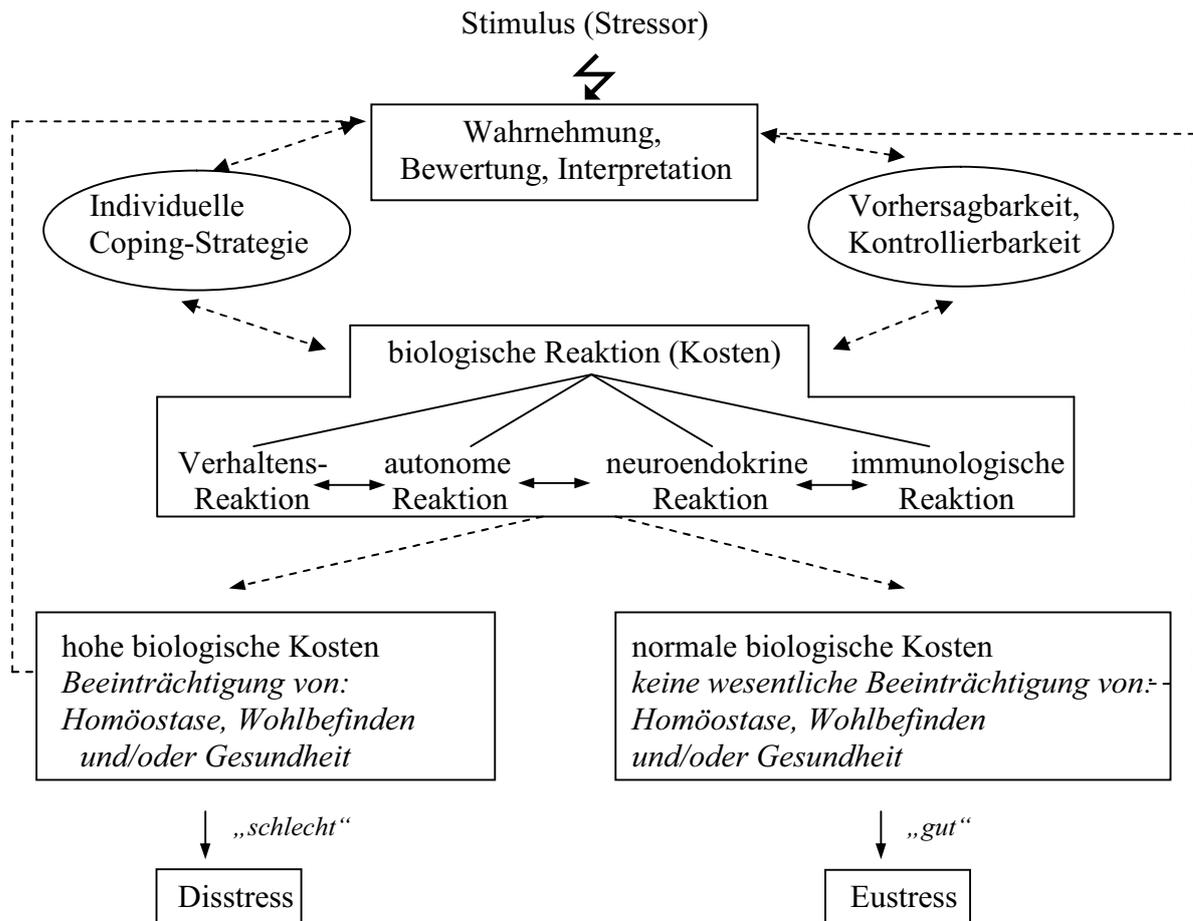


Abb. 5: Vereinfachtes schematisches Modell der biologischen Stressantwort eines Tieres in Relation zum Wohlbefinden, nach Puppe (2003).

Empirische Studien, in denen explizit versucht wurde, ein Konzept positiver Auswirkungen durch Bewältigung von Herausforderungen (Eustress) mit einzubeziehen, stammen fast ausschließlich aus der Psychologie (Atsumi et al. 2004, Berk et al. 1989 u. 2001, Bunting et al. 1986, Henning et al. 1994, Simmons und Nelson 2001, Nelson und Simmons 2004). Im Bereich der Biologie finden sich in den letzten zehn Jahren weniger als zehn Studien, die Eustress als Konzept in die Diskussion mit einbeziehen (Literatursuche über ISI[®] u. PubMed[®]). Kingston und Hoffman-Goetz (1996) untersuchten an Mäusen positive Effekte von „environmental enrichment“ auf das Immunsystem nach Bewegungsstress und stützten sich dabei auf den theoretischen Hintergrund des Einflusses von positiven psychologischen Zuständen auf die Gesundheit, den Edwards und Cooper bereits 1988 beschrieben. Lanier et al. (1995) benutzten ein Schwimmtraining bei Schweinen, um Eu- bzw. Disstress-Niveaus auszulösen, ohne jedoch genauer zu definieren, was unter ihren „wirksamen“ Modellen für akuten Eu- und Disstress zu verstehen ist. Weitere experimentelle Arbeiten sind durch

Küchenmeister et al. (2002), Ernst et al. (2005) und Fiedler et al. (2005) veröffentlicht worden. Sie basieren alle auf dem gleichen, Eustress auslösenden Versuchsaufbau. Bei Ernst et al. (2005) wurde das Wort „Eustress“ jedoch nur in der historischen Herleitung benutzt und ansonsten auf Begriffe wie positiver Stress, erfolgreiches Coping, mental positive Gefühle, Vorhersagbarkeit und Kontrolle zurückgegriffen. Diese Artikel sind unter anderem ein Beleg dafür, dass der Begriff Eustress in der biologischen Praxis und in der Modell- und Theoriebildung kaum verwendet wird. Dennoch gibt es viele Veröffentlichungen die sich mit positiven Auswirkungen von erfolgreich bewältigten Herausforderungen beschäftigen. Zu ihnen gehören unter anderem viele Veröffentlichungen mit dem Thema „*Enrichment*“.

1.3.3 Environmental, behavioural und kognitives Enrichment

Die Anreicherung bzw. Bereicherung der Umwelt (*engl.* enrichment) spielt seit Jahren eine große Rolle in der Zoo-, Labor- und Nutztierhaltung, wenn es um verbesserte Haltungsbedingungen für Tiere geht. Erste Versuche mit Labortieren wurden in diesem Zusammenhang Ende der achtziger Jahre unternommen (Schmidt 2003). In zoologischen Gärten steht dagegen die Umweltbereicherung schon länger für eine tiergerechte Haltung. Mittlerweile lassen sich drei Ausrichtungen des Enrichment unterscheiden: zum Ersten das „environmental enrichment“, welches die allgemeine Anreicherung der Haltungsumwelt beschreibt. Ziel ist die Steigerung von Aktivität, differenziertem Verhalten, Vermeidung von Stereotypen und Reduzierung von Aggressivität (Schmidt 2003). Zum Zweiten ist das „behavioural enrichment“ zu nennen. Es ist gezielt darauf ausgerichtet, bestimmte Verhaltensmuster auszulösen, so dass das Tier kontextspezifisch agiert. Die dritte und neueste Ausrichtung ist das „kognitive Enrichment“. Es ist hauptsächlich darauf ausgerichtet, mentale Aufgaben zu stellen, die nicht aus der natürlichen Umwelt der Tiere stammen (Citrynell 1998). Ziele sind die kognitive Leistungssteigerung und/oder die Flexibilität. Diese Einteilung ist jedoch in der Literatur nicht etabliert. Überwiegend wird ganz allgemein von „environmental enrichment“ gesprochen.

In einem Artikel von Benefiel et al. (2005) sowie in den Büchern von Shepherdson et al. (1998) und Young (2003b) werden Literaturübersichten geboten, die belegen, dass Umwelтанreicherungen bzw. -bereicherungen wichtige und positive Effekte auf die Gehirnstruktur, die Physiologie, das Verhalten, die Erholung nach Krankheit und Verletzung sowie auf die Genexpression von Labor- und Zootieren haben. Auch in der Nutztierethologie gibt es eine Reihe von Untersuchungen an Schweinen, die belegen, dass

die Auseinandersetzung mit und die Kontrolle über die Umwelt (Coping) positive Auswirkungen auf Tiere haben können (Beattie et al. 2000a/b, Bolhuis et al. 2003, Kelly et al. 2000, Wemelsfelder et al. 2000). Die Schaffung von physiologischen und psychologischen Stimulationen soll dabei weitgehend die Unfähigkeit ausgleichen, speziesspezifisches Verhalten zu zeigen (Reinhardt 2004). Das Auslösen von funktionalem und adaptivem Verhalten ist dabei wichtiger als der Anspruch, „natürliches“ Verhalten hervorzurufen (Newberry 1995). Dass besonders die Kontrolle gegenüber einer komplexen Umwelt entscheidend ist, wird anhand von Literatur bei Sambrook und Buchanan-Smith (1997) diskutiert. Entscheidend ist, dass durch Enrichment die Bewältigung einer Situation unabhängig von individuellen Coping-Strategien gewährleistet bleibt und neu entstehende Probleme, wie z. B. Konkurrenz um limitierte Ressourcen, ebenfalls bewältigt werden können, wie in Studien von Marashi et al. (2003 u. 2004) deutlich wird.

Wenn man also davon ausgeht, dass erfolgreiches Coping der Auslöser von positiven Effekten ist, dann kann insbesondere kognitives „enrichment“ dazu benutzt werden, diese experimentell zu untersuchen. Grundlage hierfür ist die Annahme, dass erfolgreiches Coping gelernt werden kann und auf Erfahrungen basiert, die emotionalen Bewertungsprozessen unterliegen.

Dass Erfahrungen bei der Stressbewältigung eine wichtige Rolle spielen, wurde bereits deutlich. So hat die Wahrnehmung bzw. kognitive Einschätzung eines Erlebnisses auch für zukünftige Einschätzungen von Situationen großen Stellenwert und ist auch im Stressmodell von Puppe (2003) ein zentraler Punkt. Unterschiedliche kognitive Bewertungen von Stimuli können zu verschiedenen Emotionen führen, wie in der Arbeit von Scherer (1999) dargelegt wird. Seine Arbeit zeigt, dass Stimuli, die als unbekannt, unangenehm, unvorhersagbar und plötzlich auftretend bewertet werden, mit Emotionen wie Angst beschrieben werden. Im Kontrast hierzu werden Stimuli, die als angenehm, moderat, vorhersagbar und nicht plötzlich beurteilt werden, fröhliche Emotionen auslösen. Es scheint, dass bestimmte Bewertungsmuster mit spezifischen Emotionen verbunden sind (Mendl und Paul 2004). Dantzer (2002) und Désiré et al. (2002) schlagen daher vor, die Anwendung dieses Modells auch bei Tieren vorzunehmen, um so Ansatzpunkte für mögliche Untersuchungen im Zusammenhang mit Emotionen und Wohlbefinden zu erlangen. Désiré et al. (2004) belegen in ihrem Artikel anhand von Literatur, dass z. B. Plötzlichkeit, Neuheit und Unvorhersehbarkeit bereits durchaus als Auslöser für Emotionen wie Angst und Stress eingesetzt wurden. Trotz der geringen experimentellen Befunde im Bereich explizit ausgelöster tierischer Emotionen (Désiré et al. 2004) belegen neueste Arbeiten das Interesse

und die Notwendigkeit dieser Forschungsrichtung, um z. B. bei Fragestellungen zum Thema Wohlbefinden deutlichere Aussagen machen zu können.

Bei kognitivem Enrichment handelt es sich um künstlich entworfene Aufgaben, die nicht aus der natürlichen Umwelt der Tiere stammen. Das Tier besitzt noch keine Erfahrungen mit der Aufgabe/Herausforderung, die daher zu Beginn noch wertfrei ist. Erst durch den gelernten Umgang mit der Situation entsteht eine Verknüpfung mit Erregungszuständen. Diese emotionale Bewertung kann gezielt positiv beeinflusst werden, indem für das Tier vorhersagbare und kontrollierbare Situationen mit belohntem Ausgang geschaffen werden, die nach Dantzer et al. (2002) eine mögliche Ressource für positive Gefühle darstellen und tierisches Wohlbefinden steigern können. Es ist daher möglich, gezielt Untersuchungen von mentalen Vorgängen durchzuführen und emotionale Zustände zu untersuchen. Darüber hinaus bietet kognitives Enrichment den Vorteil, mit Hilfe von künstlich entworfenen Aufgaben, die nicht aus dem ursprünglichen Lebensraum der Tiere stammen (z. B. Lernapparaturen und „puzzle boxes“), standardisierte Bedingungen zu schaffen, die für wissenschaftliche Untersuchungen notwendig sind.

1.4 Frage- und Aufgabenstellung der Arbeit

Aus der hier zitierten Literatur und den beschriebenen neuesten Modellen zu positiven Auswirkungen von Stress ergibt sich die Fragestellung, ob eine erfolgreiche kognitive und emotional positive Bewältigung von Anforderungen durch einen Versuchsaufbau, der die Prinzipien des Coping, des kognitiven Enrichment sowie weiterer theoretischer Konzepte beinhaltet, zu einer positiven Wirkung auf physiologische und ethologische Anpassungsprozesse führt und damit letztlich auch das Wohlbefinden der Tiere positiv beeinflusst. Aus dieser Arbeitshypothese leiten sich folgende Aufgabenstellungen ab:

- Entwicklung einer Lernapparatur, die durch kognitives Enrichment Herausforderungen stellt, die positive Erregungszustände und Erfahrungen für alle Tiere einer Gruppe, unabhängig von ihrem Coping-Verhalten, auslöst und damit die theoretischen Grundlagen für Eustress impliziert,
- Untersuchung des Lernverhaltens und der damit einhergehenden Erregungszustände, die Grundlage für die emotionale Bewertung der Situation sind,
- der Vergleich von möglichen Auswirkungen auf das Verhalten, die Endokrinologie, die Immunologie und die Produktivitäts- bzw. Leistungsmerkmale zwischen kognitiv bereicherten und herkömmlich gehaltenen Schweinegruppen.

2 MATERIAL UND METHODEN

Die Tierversuche wurden in dem Zeitraum von März 2002 bis Oktober 2004 in der Experimentalanlage – Schwein (EAS) des Instituts für die Biologie landwirtschaftlicher Nutztiere in Dummerstorf durchgeführt. Im Rahmen der Untersuchung wurden sieben Versuchsdurchgänge mit je einer Versuchs- und einer Kontrollgruppe durchgeführt.

2.1 Versuchstiere, Haltung und Fütterung

2.1.1 Versuchstiere und ihre Haltung

Zur Verfügung standen 140 männliche, kastrierte Schweine (Börge) der Deutschen Landrasse (*Sus scrofa domestica*), von denen 112 Tiere für die Versuche ausgewählt wurden. Zwei der 112 Schweine wurden vorzeitig, wegen Taubheit und zu geringer Lebendmassezunahme, aus den Versuchsgruppen der Durchgänge fünf und sechs entfernt. Pro Versuchsdurchgang wurde aus zehn Würfen direkt nach dem Absetzen (4. LW) je ein Geschwisterpaar jeweils einer Versuchs- und einer Kontrollgruppe zugeteilt und in Aufzuchtbuchten von 2.00 m × 3.00 m (Teilspaltenboden mit 185 cm × 60 cm beheizbarer Liegefläche) aufgestellt (Vorversuchsphase). Im Alter von sieben Wochen wurden aus den Gruppen jeweils acht Tiere ausgewählt und in der bestehenden Zusammensetzung in zwei Experimentalabteile (12.75 m², Betonfläche: 3.00 m × 2.08 m, Teilspaltenfläche: 3.00 m × 2.17 m) umgestellt (Versuchsphase). Beide Experimentalabteile, optisch durch eine Sichtschutzwand voneinander getrennt, befanden sich im selben Stallabteil und wurden täglich mit frischer Einstreu (Hanffaser, Heinrich Pemöller Handels-Partner GmbH, Bargtheide) bestückt. Beide Gruppen unterschieden sich hinsichtlich ihres Fütterungsregimes bzw. -systems. Während der gesamten Versuchsdauer blieben beide Gruppen im selben Versuchsabteil ohne Änderungen bis auf die notwendigen Abweichungen im Fütterungsregime der Versuchstiere. Beide Gruppen wurden nach 17 Wochen Versuch (21. LW) der Schlachtung zugeführt.

2.1.2 Fütterung

Während der Vorversuchsphase (4.-7. LW) wurden beide Gruppen an Ausrieseltrögen mit vier Fressplätzen (HBT: 80 × 101 × 41 cm, Jyden-Dantec, Süderlügum) mit Standard-Pressfutter-Pellets der Sorte „Rez. 107.1“ (Trede & Pein, Itzehoe) *ad libitum* gefüttert. Zu Beginn der Versuchsphase jedes Durchgangs (7. LW) wurden die Versuchsgruppe mit Hilfe

von vier selbst entwickelten „Ton-Schalter-Futterautomaten“ (TSF) (siehe Abb. 6) und die Kontrollgruppe durch einen herkömmlichen Ausrieseltrog (Jyden-Dantec, Süderlügum) gefüttert. In beiden Gruppen betrug das Tier-Fressplatzverhältnis 2:1. Die tägliche Futtermenge der Versuchstiere wurde mit Hilfe von Fütterungsempfehlungen für die kommerzielle Schweineproduktion in Deutschland, anhand der herausgegebenen Futterkurven berechnet (Lindermayer et al. 1994, Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft e. V. (DLG) 1995). Die steigenden Bedarfsansprüche der Tiere mit zunehmendem Alter wurden sowohl in der Futtersortenwahl als auch bei der Menge berücksichtigt. Das Futter in der 7. bis 11. LW bestand aus Standard-Pressfutter-Pellets der Sorte „Kern I“ (Trede & Pein, Itzehoe) mit einem metabolischen Wert von 13.0 MJ/kg (19.00 % Rohprotein, 1.30 % Lysin, 4.80 % Rohfett, 3.60 % Rohfaser) und in der 11. bis 21. LW aus der Sorte „Rez. 146.1“ (Trede & Pein, Itzehoe) mit einem metabolischen Wert von ebenfalls 13.0 MJ/kg (15.50 % Rohprotein, 0.78 % Lysin, 3.50 % Rohfett, 6.00 % Rohfaser). Die maximale Futtermenge pro Tag bei richtiger Betätigung der Futterautomaten, die Aufrufhäufigkeit pro Tier und Tag sowie die Portionsgrößen pro Abruf sind in Tab. 1 zusammengestellt.

Futtersorte	Trede & Pein, „Kern I“				Trede & Pein, „Rez. 146.1“									
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
LW														
Max. Futtermenge pro Gruppe und Tag (kg)	5,3	7,7	8,6	9,9	11,6	13,4	16,2	17,4	19,4	20,9	22,3	24,4	25,2	26,0
Aufrufe pro Tier und Tag	33	24	27	31	21	24	29	31	27	29	31	29	30	31
Portionsgröße pro Aufruf (g)	20	40	40	40	70	70	70	70	90	90	90	105	105	105

Tab. 1: Fütterungstabelle.

Angaben über die Futtersorte und Menge bei 100 % Lern- bzw. Abrufleistung der Versuchsschweine an den TSF in den Lebenswochen 7-20.

Die maximale tägliche Futtermenge pro Tag und Tier wurde so an die technischen Optionen der TSF adaptiert, bzw. an die zu erwartende Lernleistung der Schweine, dass bereits bei 80 % erfolgreicher Bedienung der Anlage eine Abdeckung des Futterbedarfs zu 100 % gewährleistet wurde. Um eine identische Futtermenge beider Gruppen zu garantieren, wurde die von den Versuchstieren abgerufene Futtermenge anhand der erfolgreichen Betätigung der TSF berechnet und am folgenden Tag an die Kontrollgruppe verfüttert. Hierzu wurde die Futtermenge ab 8.00 Uhr in den Ausrieseltrog verbracht und lief so lange

nach, bis die gesamte Menge verfüttert war. Beide Gruppen hatten zu jeder Zeit *ad libitum* Zugang zu Wasser.

2.2 Versuchsaufbau und Durchführung

2.2.1 Der „Ton-Schalter-Futterautomat“ (TSF)

Der Versuchsaufbau zur Aufgabenstellung und Fütterung der Versuchstiere beinhaltete vier Ton-Schalter-Futterautomaten (TSF) (siehe Abb. 6).

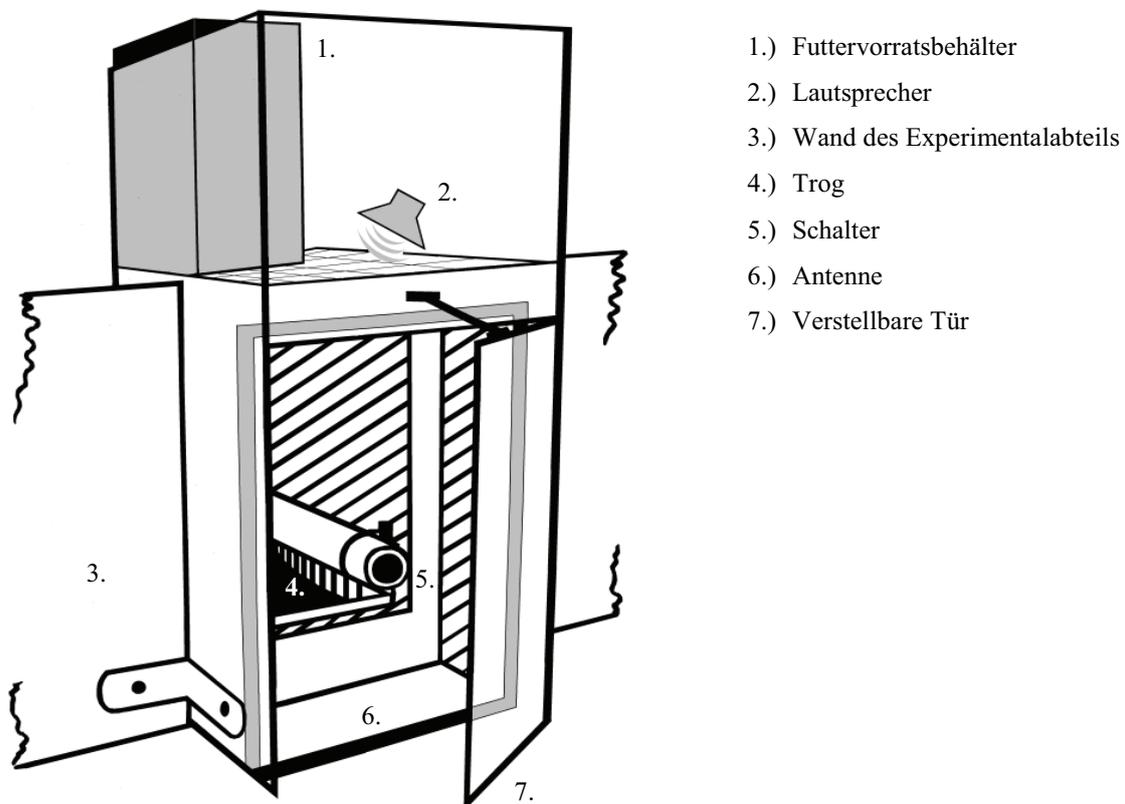


Abb. 6: Grafische Darstellung eines Ton-Schalter-Futterautomaten (TSF).

In Grau gehaltene Elemente befinden sich innerhalb der Installation und waren außerhalb des TSF nicht zu sehen.

Der Aufbau eines TSF bestand aus einer hölzernen Kabine (BHT: 40 × 103 × 63 cm) mit breitenverstellbarem Eintritt, der je nach Größe der Schweine angepasst wurde. Um den Eingangsbereich herum wurde zusätzlich ein flexibler, halbmondförmiger, nach oben schwenkbarer Plastikbügel montiert, der in seiner Höhe und im Durchmesser der Größe der Tiere angepasst werden konnte, um ein Aufspringen auf den Rücken eines fressenden Schweins zu verhindern. Innerhalb der Kabine befand sich im hinteren Teil auf dem Boden

ein Trog aus Edelstahl sowie oberhalb der rechten Seite vom Trog ein Plastikschalter (\varnothing 6 cm), der von den Tieren mit der Rüsselscheibe bedient werden konnte, wenn sie in der Kabine vor dem Trog standen. Oberhalb des Troges befand sich der Futterrortsbehälter (Fassungsvermögen 8 dm³) sowie die Lautsprecher (Comep SP-6225, Multi-Media Speaker), die durch ein Metallgitter abgetrennt waren. Die für die elektronische Tiererkennung notwendige Leseinheit pro TSF, bestehend aus einer Rahmenantenne („Texas Trading“, Windach, Sendefrequenz 134.2 kHz), befand sich hinter der Tür im Eintritt. Beim Betreten eines TSF durch ein Schwein wurde der im Ohr applizierte Transponder („Allflex“ der Firma „Texas Trading“, Windach; Lesereichweite > 60 cm) durch das Signal des Lesegerätes aktiviert, so dass der Transponder sein codiertes Signal zurück an das Lesegerät senden konnte. Die Erfassung des Schweins im Antennenbereich erfolgte viermal in der Sekunde und an allen vier Automaten gleichzeitig.

2.2.2 Integrationseinheiten und Funktionsbeschreibung

Mit Hilfe eines Hauptrechners (HR), der die gesamten Prozesse inklusive aller Subroutinen der einzelnen Phasen des Experiments kontrollierte (siehe Anhang Abb. A 1), war es möglich, Datentransmissionen von und zu jedem TSF durchzuführen. Die Kontrolle und die zeitliche Koordinierung durch den HR sowie die Datenakquisition und Datenvorbereitung wurden mit Hilfe einer selbst entwickelten Routine der grafischen Programmiersprache LabVIEW[®] (National Instruments, 2003) ausgeführt. Die Aufgabe des zentralen Hauptprogramms war die Zuweisung von acht Schweinen auf vier TSF mit zufälliger Reihenfolge, die Definition von Zeiten, in denen Futteraufrufe von den TSF ausgesendet wurden, und die Registrierung aller Tiere und deren Aktionen in und mit den TSF. Mit Hilfe des Hauptprogramms wurde eine zwölfstündige Aktivphase innerhalb eines Tages definiert, in der die Versuchsschweine Futter aus den TSF abrufen konnten. Der Zeitraum der Aktivphase (8.00-20.00 Uhr) enthielt eine Pause von ca. 1-2 Stunden während der Mittagszeit, um einen biphasischen Tagesrhythmus zu kreieren, der als typisch für Schweine beschrieben wird (Briedermann 1971). Innerhalb dieser Aktivphase wurde die genaue Anzahl an Futterzyklen (FZ) pro Stunde vom Versuchsansteller festgelegt. Die Zahl der FZ lag zwischen ein- und viermal pro Stunde und war charakterisiert durch den Aufruf jedes einzelnen Tieres der Versuchsgruppe, wobei die Reihenfolge der aufgerufenen Tiere zufällig verteilt wurde. Die Dauer der FZ pro Stunde konnte 15, 30, 45 oder 60 min. betragen und wurde in Abhängigkeit von seiner Häufigkeit in einer Stunde determiniert. Zum besseren Verständnis siehe Abb. 7, S. 26.

Innerhalb eines FZ wurde jedes Tier der Versuchsgruppe einmal aufgerufen und erhielt damit die Möglichkeit, eine Ration Futter abzurufen. Die Aufrufe bestanden aus der akustischen Wiedergabe eines tierindividuellen Signals (siehe Kap. 2.2.3), ausgesendet von

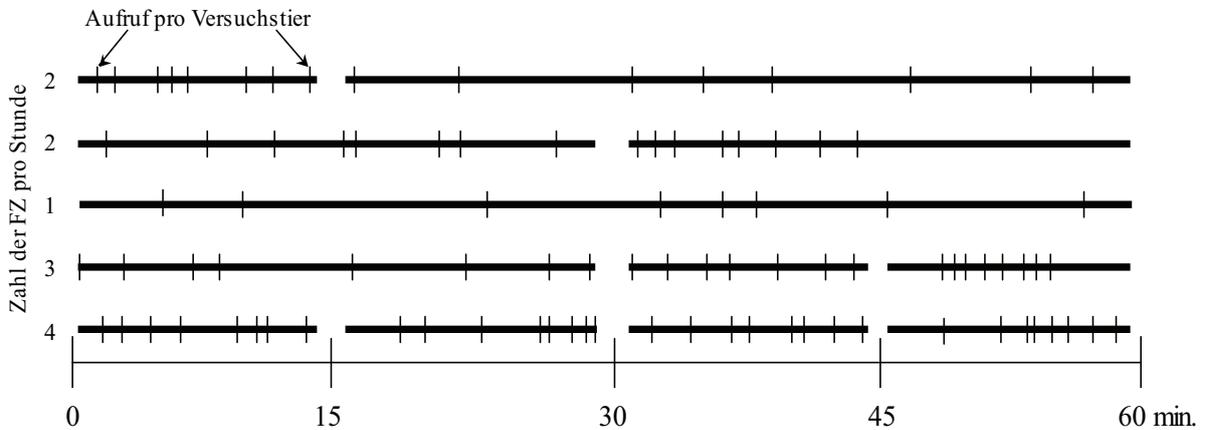


Abb. 7: Futterzyklen (FZ) und Beispiele für ihre Verteilung innerhalb einer Stunde in der Aktivphase. In einem FZ wird jedes Schwein der Versuchsgruppe einmal, zufällig über die Zeit, an einen ihm zugeteilten TSF gerufen und so werden alle Tiere auf die vier Automaten verteilt.

einem der vier TSF. Die Reihenfolge sowie die zeitliche Position der Aufrufe innerhalb eines FZ wurden zufällig vom Hauptprogramm zugeteilt und traten in einem Mindestabstand von 60 sec. auf. Eine Ausnahme dieser Prozedur bildete die Phase 1 (siehe Kap. 2.2.4.1).

Nachdem durch das Hauptprogramm, innerhalb des zeitlichen Arrangements der FZ, die Tier-/Automatenzuordnung sowie die Startzeiten jedes Aufrufes innerhalb eines FZ bearbeitet und festgelegt wurden, startete das Programm mit dem ersten Aufruf zu seiner festgelegten Zeit. Mit dem Start eines Aufrufes verstrich ein Zeitbudget (ZB), in welchem die Registrierung des aufgerufenen Tieres (Phase 2) bzw. die Registrierung und das Schalterdrücken (Phase 3) im TSF zu der Ausgabe einer Ration Futter führten. Die Länge des ZB und die Wiederholungen des Aufrufsignals konnten im Hauptprogramm eingestellt werden und lagen bei vier Wiederholungen innerhalb von 180 Sekunden für Phase 2 und drei Wiederholungen innerhalb von 60 sec. für Phase 3. Bei einem minimalen Abstand von 60 sec. zwischen zwei Aufrufen und einer Wiederholungsrate von drei bzw. vier bedeutete dies, dass sich die Aufrufe während ihrer Wiederholungen überschneiden konnten. Die minimale Zeit, in der die Schweine ihre Futtermenge fressen konnten, betrug zwischen zwei Tieren 5 min. Das Hauptprogramm registrierte neben den aufgerufenen auch nicht autorisierte Schweine, die jedoch keine Futtermenge erhielten. Wurde das aufgerufene

Schwein nach Ablauf seines ZB nicht registriert oder fehlte in Phase 3 das Drücken des Schalters, dann wurde kein Futter ausgegeben. Nachdem alle acht Versuchstiere innerhalb eines FZ aufgerufen und deren ZB abgelaufen war, startete ein neuer FZ in der gleichen oder in der darauf folgenden Stunde, entsprechend der programmierten Anzahl von FZ pro Stunde.

2.2.3 Individuelle Signalaufrufe

Die auditorischen Charakteristika von Schweinen, mit einem Niederfrequenzlimit von ca. 42 Hz, einem Hochfrequenzlimit von ca. 40.5 kHz und einem Frequenzoptimum von ca. 8 kHz bei einer Sensibilität von 9 dB, zeigen große Übereinstimmungen mit denen eines menschlichen Gehörs, ebenso wie ihre Fähigkeiten bei der Signallokalisation von ca. 4.6° (Heffner und Heffner 1990 u. 1992). Abgeleitet aus diesen Eckpunkten wurden acht Signalaufrufe (SA) auf der Basis der menschlichen Wahrnehmung und deren musikalischen Regeln entwickelt. Grundeinheit eines jeden SA war der C-Dur-Akkord und seine erste (Sextakkord) und zweite Umkehrung (Quartsextakkord), jeweils einmal angeschlagen und über zwei 4/4-Takte gehalten, so dass eine Harmonie von 12 sec. Dauer generiert wurde (siehe Abb. 8)

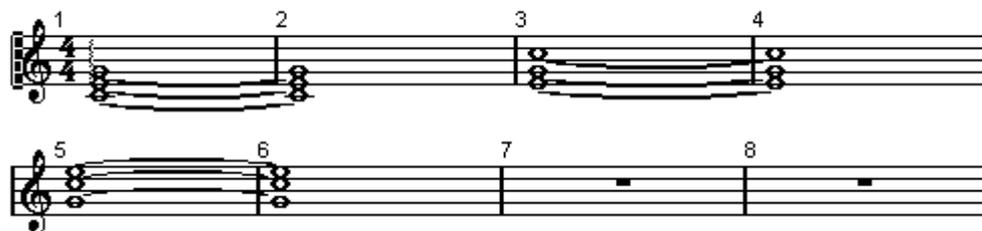


Abb. 8: Notation der Signalaufrufe (SA). Gesamtdauer der Tonabfolge: 12 sec.

Eine Individualisierung der SA erfolgte durch eine Überlagerung der beschriebenen harmonischen Grundschwingung mit Obertönen, die dazu führten, dass acht verschiedene Klangfarben entsprechend des jeweiligen Musikinstrumentes generiert wurden. Kreiert wurden sie mit Hilfe der „Music Station“ (1.12) von Steinberg (Steinberg Media Technologies, Hamburg). Alle gewählten „Instrumente“ mit den entsprechenden Zeit- und Frequenzdiagrammen sind im Anhang dargestellt (siehe Abb. A 2-9).

2.2.4 Versuchsablauf

Jeder Versuchsdurchgang gliederte sich in die Abschnitte Vorversuchsphase (4.-6. LW), Versuchsphase (7.-20. LW) sowie die sich daran anschließende Schlachtung (21. LW). Vor

Beginn des eigentlichen Versuchs (Phase 1-3) wurden die Tiere abgesetzt, in Versuchs- und Kontrollgruppe aufgeteilt und in Aufzuchtbuchten umgestallt (siehe Kap. 2.1), um sich an das Futter sowie die neue Gruppensituation zu gewöhnen.

Während der Versuchsphase wurden beide Gruppen im Experimentalabteil gehalten und auf gruppenspezifische Weise gefüttert (siehe Kap. 2.1 und 2.1.2). Sie dauerte 13 Wochen und unterteilte sich für die Versuchsgruppe in drei Versuchsphasen.

2.2.4.1 Phase 1 (Ton-Futter-Assoziation)

In der Phase 1, mit einer Dauer von neun Tagen (7.-8. LW), wurden die Schweine darauf trainiert, in alle vier TSF zu gehen und aus ihnen zu fressen, um einer Feldstetigkeit vorzubeugen. Jedes Tier hatte 24 Stunden am Tag die Möglichkeit, Futter aus einem der Automaten abzurufen. Die Tier-/Automatenzuordnung erfolgte durch das Hauptprogramm des HR (siehe Kap. 2.2.2) und wurde jede Stunde zufällig neu verteilt. Sobald ein Schwein in den ihm zugeteilten TSF trat, wurde sein individueller Signalaufruf (SA) abgespielt und mit einer Verzögerung von 2 sec. eine, seinem Alter entsprechende Futterration ausgegeben (siehe Kap. 2.1.2). Nach Angermeier (1994) entsprach damit das Futter einem primären und der SA einem sekundären Verstärker in einem klassischen Konditionierungsparadigma, das seine Effektivität durch das Überlappen mit der primären Belohnung in Zeit und Raum gewinnt. Als Ergebnis wird der vormalige neutrale Stimulus (der Signalaufruf) durch eine wiederholte Assoziation mit dem belohnenden Stimulus (Futter) in einen sekundären Verstärker umgewandelt. Die maximale Häufigkeit, mit der ein Tier in einer Stunde Futter abrufen konnte, betrug 12 Mal.

2.2.4.2 Phase 2 (Ton-TSF-Diskriminierung)

In der Phase 2, mit einer Dauer von 19 Tagen (8.-11. LW), wurden die individuellen SA dazu benutzt, um die Tiere in den für sie vorgesehenen TSF zu rufen. Jedes Schwein musste durch Diskriminierung und Lokalisation seines individuellen akustischen Signals, den konditionierten Stimulus, reagieren und wurde damit aufgefordert, den TSF aufzusuchen, der das jeweilige tierindividuelle Signal aussandte. Betrat das aufgerufene Schwein den TSF und wurde durch das Transpondersystem registriert, erhielt es eine altersabhängige und bedarfsgerechte Futterration (siehe Tab. 1). So wurden während der Aktivphase (8.00-20.00 Uhr) alle Tiere mit ihrem individuellen SA zufällig verteilt an alle TSF gerufen. Da mit keiner 100%-igen Bewältigung der Aufgabe zu rechnen war, wurde die empfohlene,

altersentsprechende Futtermenge so auf die Portionsausgabe umgerechnet, dass bereits bei einer Erfolgsrate von 80 % der Futterbedarf eines Tieres gedeckt wurde.

2.2.4.3 Phase 3 (operante Arbeitsphase)

In der Phase 3, mit einer Dauer von 70 Tagen (11.-20. LW), wurde eine zusätzliche Aufgabe in die bisherige (Phase 1 und 2) integriert. In Ergänzung zur Signalaufruf- (SA) Diskriminierung und des Aufsuchens des richtigen TSF mussten die Schweine einen Schalter drücken (siehe Abb. 6), um eine Futterration als Belohnung zu erhalten. Die Häufigkeit, mit der die Schalter gedrückt werden mussten, konnte mit Hilfe des Hauptprogramms eingestellt und erhöht werden. Das einmalige Drücken sowie dessen Steigerung durch Betätigung des Schalters im TSF werden im weiteren Verlauf der Arbeit als „fixed ratio“ (FR) bezeichnet, wobei die Zahl vor dem FR die Häufigkeit des Drückens beschreibt. Eine Erhöhung der FR erfolgte nach der Regel, dass sieben Tage nacheinander die durchschnittliche Erfolgsrate der Versuchsgruppe bei der Lösung der Aufgabe mindestens 90 % betragen musste und dabei kein Schwein öfter als dreimal unter 70 % des möglichen Erfolges lag. Die Steigerung der Arbeitsleistung, über das einmalige Drücken hinaus, konnte über drei-, sechs- bis auf zehnmaliges Drücken erhöht werden.

2.3. Datenerhebung

In jedem DG wurden zu den gleichen festgelegten Zeiten in regelmäßigen Abständen aus den Bereichen der Ethologie, Immunologie und Ontologie Probenahmen, Tests und Aufzeichnungen zur Datengewinnung durchgeführt. In Tab. 2 befindet sich eine Übersicht der Zeitpunkte zur Datenerhebung. Eine detaillierte Aufschlüsselung aller Testzeitpunkte und der durchgeführten Aufzeichnung findet sich im Anhang (Tab. A).

Tab. 2: Übersichtstabelle der Probenahmen, Tests und Aufzeichnungen zur Datengewinnung

Lebenswoche (LW)	Vorversuchsphase			Versuchsphase														Schlachtung	
	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	
Lernverhalten																			
Videobeobachtung																			
Verhaltenstests																			
Speichelproben																			
Gesundheitszustand																			
Wundheilung																			
Blutentnahmen																			
Wägung																			

2.3.1 Bewältigung der Aufgaben an den Ton-Schalter-Futterautomaten (TSF)

In Phase 1 wurde die Bewältigung der Aufgabe bzw. der Lernerfolge der Versuchstiere durch die bedarfsgerechte Versorgung der Schweine pro Tag analysiert. Hierzu wurde der prozentuale Anteil richtiger Reaktionen, gekennzeichnet durch die Ausgabe einer Ration Futter, aus der nach Fütterungsempfehlungen berechneten Futtermenge ermittelt. Eine Deckung des Futterbedarfes zu über 100 % war möglich durch häufigeres Aufsuchen des TSF als nötig.

In Phase 2 und Phase 3 wurden die Bewältigung der Aufgabe bzw. die Lernerfolge der Versuchstiere täglich durch die Berechnung der Erfolgsraten analysiert. Sie wurde berechnet durch den prozentualen Anteil richtiger Reaktionen, gekennzeichnet durch die Ausgabe einer Ration Futter, an der Aufrufhäufigkeit pro Tier. Des Weiteren wurde die Latenz berechnet. Sie ergab sich aus der Zeitspanne zwischen individuellem Signalaufruf und erfolgreicher Bewältigung durch das aufgerufene Tier, gekennzeichnet durch Futterausgabe. Analysiert wurden alle Daten des gesamten Tages (24 Stunden).

2.3.2 Ethologische Untersuchungen

3.3.2.1 Verhaltensbeobachtung

Mittels 12-stündiger Videobeobachtung, innerhalb der Aktivphase (8.00-20.00 Uhr), wurden ab der 7. LW einmal wöchentlich alle Versuchs- und alle Kontrolltiere im Experimentalabteil aufgezeichnet. Eingesetzt wurde je Gruppe eine Schwarz-Weiß-F-BAS-Industriekamera, die oberhalb der Stirnseite der Bucht montiert war und die gesamte Fläche erfasste. Die Bilder beider Gruppen wurden mittels eines Time-Lapse-Videorecorders (Panasonic AG-6730) im Wechselbildverfahren (alle 30 sec.) auf handelsüblichen Videokassetten mit einer Laufzeit von 180 min. aufgezeichnet. Die Aufnahmen erfolgten ohne Ton. Es wurden im Scan-Sampling-Verfahren (1 min.) Parameter des Ruhe-, Aktivitätsverhaltens sowie der Trogaufenthalt der Tiere ausgewertet. Als zusätzliche Parameter für eine Verhaltensauffälligkeit wurde das Auftreten von „belly-nosing“ registriert. Definitionen der Verhaltensweisen finden sich in Tab. 3, S. 31. Berechnet wurde der Mittelwert aller Tiere einer Gruppe und der prozentuale Anteil am gesamten Verhaltensbudget. Grundlage hierfür bilden:

Max. Dauer eines Verhaltens in einer Aktivphase pro Tier: 12h à 60 min. = 720 min.

Max. Dauer eines Verhaltens in einer Aktivphase pro Gruppe: 720 min. × 8 (Tiere) = 5760 min.

Tab. 3: Ethogramm der Aktivphase.

Untersuchte Verhaltensweisen und ihre Definition, als Basis für die Auswertung des Verhaltensbudgets innerhalb einer 12-stündigen Aktivphase (8.00-20.00 Uhr).

Verhaltensweisen	Definition
Lokomotion	Aktive Richtungsorientierung des Tieres durch Fortbewegung auf den Gliedmaßen in unterschiedlicher Geschwindigkeit und Richtung (Gehen, Laufen, Springen usw.)
Stehen	Stehen auf mindestens drei Gliedmaßen ohne aktive Richtungsorientierung des Tieres. Bewegung des Kopfes, der Schultern oder einzelner Gliedmaßen ist jedoch möglich.
Ruheverhalten	Sitzen auf den hinteren und Stehen auf den vorderen Gliedmaßen. Liegen in Bauch- oder Seitenlage, durch die Auflage des Rumpfes auf den Boden mit möglicher Überlagerung anderer Schweine. Dabei können die Vorderbeine nach vorne gestreckt oder untergeschlagen und die Hinterbeine untergeschlagen oder seitlich weggestreckt bzw. alle Gliedmaßen seitlich weggestreckt sein.
Trogaufenthalt	Das Schwein befindet sich mindestens bis zur Schulter im TSF bzw. mit dem Kopf im Futterausgabebereich des Ausrieseltrogs. Eine Angabe über Verhaltensweisen im TSF ist nicht möglich, da die TSF nicht eingesehen werden können.
„belly-nosing“	Massierende, stoßende und saugende Manipulation eines Schweins durch einen Sozialpartner, wobei das bearbeitete Tier die an ihm vorgenommenen Handlungen duldet. Berücksichtigt wird das aktive Tier.

2.3.2.2. Verhaltenstests

Zusätzlich zu den Verhaltensbeobachtungen in den Versuchsabteilungen wurden in jedem Versuchsdurchgang drei standardisierte Verhaltenstests mit allen Tieren durchgeführt. Die Tests dauerten jeweils 10 min.

Jeder Test bestand aus einem „open-field“-Test, in den zusätzlich ein „novel-object“-Test integriert wurde. Der jeweilige „novel-object“-Test erfolgte nach 5 min. „open-field“-Test, indem das den Tieren unbekannte Objekt von der Decke, mittig, bis auf eine Höhe von ca.

30-50 cm herabgelassen wurde. Während die Datenerhebung für den „open-field“-Test fortgesetzt wurde, wurden zusätzlich die in Tab. 4 definierten Verhaltensweisen beobachtet und aufgezeichnet. Bei den für die Tiere unbekanntem Objekten handelte es sich um einen weichen, aus Plüsch gefertigten Stern (Hundespielzeug) ca. 25 × 25 cm (Trixie Heimtierbedarf), ein Vogelspielzeug, bestehend aus beweglichen Holzelementen mit Metallglöckchen, ca. 20 × 15 cm (Käfig-Zubehör, Trixie Heimtierbedarf) und vier miteinander verknotete rote Luftballons (Ø ca. 18 cm pro Ballons) (siehe Abb. 9). Die Objekte wurden in je einem Test und pro Versuchsdurchgang in alternierender Reihenfolge benutzt.

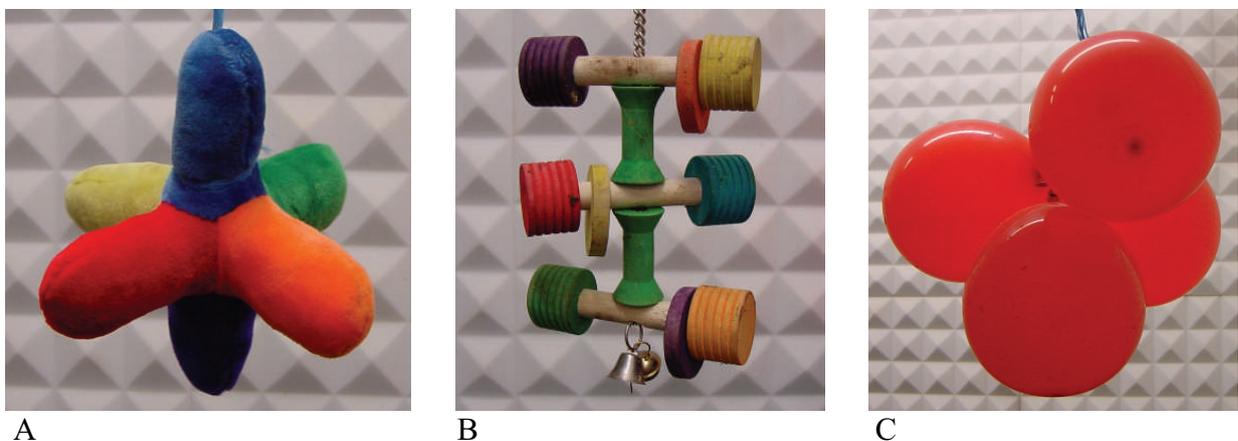


Abb. 9: Verwendete Objekte im „novel-object“-Test.

A = Hundespielzeug (weicher aus Plüsch gefertigter Stern), B = Vogelspielzeug (bewegliche Holzelemente mit Metallglöckchen), C = Luftballons (frei beweglich, zusammengeknotet, rot, luftgefüllt)

Der erste Verhaltenstest wurde am Vormittag vor dem Umstall in das Versuchsabteil durchgeführt (7. LW), Test 2 eine Woche nach Beginn der Phase 3 (12. LW) und Test 3 nach sieben Wochen der Phase 3 (18. LW). Die Arena, die für die Verhaltenstests benutzt wurde, befand sich in einem separaten, schallgedämmten Raum mit gummiertem Fußboden und besaß eine Grundfläche von 2.80 × 2.80 m und eine blickdichte Einwandung mit einer Höhe von 1.24 m. Für den ersten Test wurden die Tiere mit Hilfe eines Rollwagens zwischen Aufzuchtstall und Arena transportiert. Beim zweiten und dritten Test mussten sie eine Strecke von ca. 25 m laufen. Eingesetzt wurden die Tiere an der Tür zur Arena, wobei dieser Zeitpunkt den Start des Tests bedeutete. Nach Beendigung jedes Verhaltenstests wurde die Arena von Kotresten gereinigt. Die Tiere gingen in alternierender Reihenfolge aus den Gruppen in den Test, wurden jedoch zufällig aus der Versuchs- oder der Kontrollgruppe ausgewählt. Die Verhaltensbeobachtungen und Aufzeichnungen durch eine

im Raum anwesende Person erfolgten durch kontinuierliche direkte Beobachtung jeweils eines Tieres (focal sampling, continuous recording) und bei direkter Dateneingabe über das Computerprogramm „The Observer[®]“ (Version 3.0, Noldus Information Technology, Wageningen, NL) unter Verwendung des zuvor festgelegten Ethogramms (siehe Tab. 4). Die Datenaufnahme berücksichtigte sowohl die Zeitdauer, die Latenz und die Häufigkeit der aufgetretenen Verhaltensweisen pro Schwein. Für die Auswertung von Interesse war die Testung von Veränderungen zu den Ausgangswerten. Hierzu wurden die Differenzen zwischen Test 1 und Test 2 (Diff. 1/2) sowie zwischen Test 1 und Test 3 (Diff. 1/3) berechnet.

Tab. 4: Ethogramm der Verhaltenstests.

Definition der beobachteten Verhaltensweisen während des „open-field“- und „novel object“- Tests.

Verhaltensweisen	Definition
Lokomotion	Aktive Richtungsorientierung des Tieres durch Fortbewegung auf den Gliedmaßen in unterschiedlicher Geschwindigkeit und Richtung (Gehen, Laufen, Springen usw.).
Wand	Aktive Exploration und/oder Manipulation der Arenabegrenzung durch das Schwein, z. B. durch die Rüsselscheibe oder die vordere Klaue.
Flucht	Der Versuch eines Schweins, durch einen Sprung über die Begrenzung der Arena das Testfeld zu verlassen.
Stehen	Stehen auf mindestens drei Gliedmaßen ohne aktive Richtungsorientierung des Tieres. Bewegung des Kopfes, der Schultern oder einzelner Gliedmaßen ist dagegen möglich.
Exkretion	Absetzen von Harn und/oder Kot.
Vokalisation	Alle vokalbedingten Lautäußerungen eines Schweins, z. B. Grunzen oder Schreien.
Kontakt mit dem unbekanntem Objekts	Das Schwein berührt mit seiner Schnauze oder seinem Körper das Objekt, indem es z. B. danach schnappt oder unter ihm hindurchläuft.

2.3.3 Speichelentnahme und Cortisolanalyse

Zur Bestimmung des Cortisols aus dem Speichel, das dem aktiven freien Cortisol in seiner Konzentration entspricht (Schönreiter et al. 1999), wurden in der Vorversuchsphase am 15. Versuchstag (6. LW) und in der Versuchsphase einmal wöchentlich, mittwochs, in der Zeit von 8.00-8.30 Uhr vor der ersten Futteraufnahme, Speichelproben entnommen (Tab. A). Hierzu wurde in beiden Gruppen gleichzeitig jeweils einem zufällig ausgewählten Tier ein Wattestäbchen (Ø 10 mm; Weisweiler GmbH & Co KG, Münster) dargeboten, auf welchem es kauen durfte, bis dieses ausreichend mit Speichel durchfeuchtet war. Das Wattestäbchen wurde in den Kolben einer 5 ml-Einmal-Spritze, die in ein Zentrifugenröhrchen gesteckt wurde, verbracht, auf Eis gelagert und unmittelbar nach der Probenentnahme bei 2500 g und 4 °C für 10 min zentrifugiert. Nach dem Abpipettieren des Zentrifugates in Eppendorf-Reaktionsgefäße (Eppendorf Vertrieb Deutschland GmbH) wurden die Proben bis zur Analyse bei -20 °C eingefroren.

Die Analyse der Cortisolkonzentration im Speichel erfolgte mit Hilfe eines kommerziellen ELISA (Enzyme-Linked-Immunosorbent Assay) Kit (SLV-2930; DRG Instruments GmbH, Marburg), welcher auf dem Prinzip der kompetitiven Bindung basiert. Dabei wurden auf der mit polyklonalem Cortisol-Antiserum beschichteten Mikrotiterplatte 100 µl Probe und 100 µl Cortisol-Standard mit 200 µl Enzymkonjugat (Cortisol-Meerrettichperoxidase-Konjugat) inkubiert. Die Reaktion wurde durch dreimaliges Waschen gestoppt und die Menge an gebundenem Enzymkonjugat durch Zugabe einer Chromogen/Substratlösung (3,3'-5,5'-Tetramethylbenzidin; H₂O₂) gemessen. Die Absorption der Lösung, photometrisch bestimmt bei 450 nm (Mikroplattenreader, Dynatech, Denkendorf), ist umgekehrt proportional zur Cortisolkonzentration in der Probe. Die Kreuzreaktivitäten des Cortisol-Antiserums werden vom Hersteller mit 31 % für Corticosteron und 2 % für Progesteron, Deoxycortisol und Dexamethason angegeben. Die Empfindlichkeit des Enzymimmunoassays bei den vorliegenden Speichelcortisolanalysen betrug 0,38 ng/ml, die Intra-Assay-Variationskoeffizienten wurden mit kleiner 5 % und die Inter-Assay-Variationskoeffizienten mit kleiner 10 % bestimmt.

2.3.4 Erkrankungen und Therapien

Die Kontrolle des Gesundheitszustandes aller Schweine erfolgte während des Versuchszeitraumes täglich. Die bei Krankheit und/oder Verletzung notwendigen Medikationen sowie deren Grund wurden in einem Protokoll festgehalten. Blutproben von Tieren mit dreifachem Fehler des Mittelwertes und/oder nach einer Therapie, wobei sich die

Karenzzeit nach der vom Hersteller des Medikaments angegebenen Wartezeit richtete, wurden für die Datenanalysen ausgeschlossen.

2.3.5 Wundheilung

Erfasst wurde die Heilung einer Wunde (Tiefe: ca. 3-4 cm, Ø: ca. 0.7 cm), die am 105. Versuchstag (19. LW) zum Zwecke einer Muskelprobe durch Schussbiopsie (Wegner et al. 1988) in Höhe des 14. Wirbelkörpers 5 cm paramedian gesetzt wurde. Anschließend wurde in dem Zeitraum vom 106. bis einschließlich 117. Versuchstag bei allen Schweinen täglich die Wunde mit handwarmem Wasser gesäubert und pro Tier aus zwei Positionen mit Hilfe einer Digitalkamera (Sony DSC-S50) mit Aufsatz fotografiert. Der Aufsatz sicherte einen immer gleichen Abstand zur Wunde und enthielt gleichzeitig eine Millimeter-Maßeinheit, die eine spätere Kalibrierung der Fotos und somit eine maßstabsgenaue Vermessung erlaubte. Die Auswertung der kodierten Fotos erfolgte durch Markierung des äußeren Randes des Einschusskanals sowie des geröteten Gewebes (Korona) und anschließender Vermessung und automatischer Berechnung der Markierung in cm². Für die Bildauswertung wurde das Computerprogramm „analySIS“ der Firma Soft Imaging System verwendet.

Zur Überprüfung von eventuellen Einflüssen interaktiver Wundmanipulation innerhalb der Gruppen wurde das Video jedes Versuchsdurchgangs, welches im Rahmen der allgemeinen Verhaltensbeobachtung in der 19. LW aufgezeichnet wurde, speziell untersucht. Hierzu wurden innerhalb von 24 Stunden alle Aktionen einer Wundmanipulation durch Gruppenmitglieder aufgezeichnet und auf ihre Häufigkeit hin analysiert.

2.3.6 Blutuntersuchungen

Die Blutentnahmen aller im Versuch befindlichen Tiere fanden an neun fest definierten Versuchstagen zwischen 8.00 und 9.00 Uhr statt (Tab. A). Hierzu wurde, je nach Fixierung der Tiere, die *Vena cava cranialis* bzw. *jugularis* punktiert, und ca. 6.0 ml Blut wurden entnommen. Tiere bis zur 13. LW wurden hierzu in Rückenlage gebracht und ältere Tiere ab der 15. LW mittels einer Oberkieferschlinge fixiert. Die durchschnittliche Dauer der Fixierung und Blutentnahme betrug ca. 1 min. Der mit Heparin versetzte Teil der Blutproben (3 ml) wurde für In-vitro-Tests genutzt. Das restliche Probenmaterial wurde drei Stunden bei Raumtemperatur aufbewahrt, anschließend zur Serumgewinnung zentrifugiert (1500 g, 4 °C, 15 min.) und bis zur Analyse bei -20 °C eingefroren.

2.3.6.1. Differentialblutbild

Die Anfertigung der Blutausstriche fand unmittelbar nach der Blutentnahme statt. Hierzu wurde dem Heparin-Röhrchen mittels Pipette ein Tropfen Vollblut entnommen, auf einen Objektträger überführt, ausgestrichen und nach Lufttrocknung mit der Methode nach Pappenheim gefärbt. Die Ausstriche wurden bei 1000-facher Vergrößerung (Okular 10×, Objektiv 100×) mikroskopisch ausgezählt und zweihundert Leukozyten nach basophilen, eosinophilen und neutrophilen Granulozyten, Monozyten sowie Lymphozyten differenziert. Zusätzlich wurde anhand der Zellzahlen das Verhältnis von neutrophilen Granulozyten zu Lymphozyten (N/L-Ratio) berechnet.

2.3.6.2 Lymphozytenproliferation

Die Isolierung von peripheren mononuklearen Zellen aus dem Vollblut erfolgte mittels Dichtegradientenzentrifugation nach Böyum (1968). Hierzu wurden 3 ml heparinisertes Vollblut im Verhältnis 1:2 mit RPMI-1640 Medium[®] + Gentamycin verdünnt, vorsichtig 4 ml Histopaque 1077 geschichtet und anschließend zentrifugiert (400 g, 20 °C, 20 min.). Die auf diese Weise entstehende Interphase wurde mit einer Pipette vorsichtig abgesaugt und die darin enthaltenen peripheren mononuklearen Zellen wurden zweimal mit RPMI 1640-Medium gewaschen (100 g, 20 °C, 15 min.). Das Zellpellet wurde in 1 ml komplettem Kulturmedium (RPMI 1640 + 25 mM NaHCO₃ + 2 mM L-Glutamin + 0,05 mM Mercaptoethanol + 50 µg/ml Gentamycin + 10 % fötales Kälberserum (FKS)) resuspendiert. Die Bestimmung der Zellzahl erfolgte mit Hilfe des Coulter Multisizer II System (Beckmann-Coulter GmbH, Krefeld) und die Zellvitalität mittels Trypanblaufärbetest (>95 %). Die Einstellung der Zellkonzentration auf 5 x 10⁶/ml wurde durch entsprechende Verdünnung der Zellsuspension mit Kulturmedium erreicht.

Es ist bekannt, dass die mitogeninduzierte Lymphozytenproliferation *in vitro* als ein Maß für die Kapazität der zellvermittelten Immunität gilt. Die hier verwendete Bestimmung der Zellproliferation erfolgte mittels der bei Tuchscherer et al. (1998) ausführlich beschriebenen Methodik. Es wurden dabei drei verschiedene Mitogene der Firma Sigma[®]-Aldrich (St. Louis, USA) eingesetzt: das vorrangig T-Zellen stimulierende Concanavalin A (6.25 µl/ml, ConA), das B-Zellen stimulierende Mitogen Lipopolysaccharid (25 µl/ml, LPS) sowie das T-Zellen abhängige B-Zellen-Mitogen Pokeweed Mitogen (6.25 µl/ml, PWM). Die Blastogenese der Lymphozyten wurde mittels eines Zellassays über die durch die mitochondriale Dehydrogenase der lebensfähigen Zellen bewirkte Reduktion von Tetrazoliumsalz in das dunkelblaue Formazan (kommerzieller Kit Boehringer 1465007,

Mannheim) beurteilt (Details, siehe Tuchscherer et al. 1998). Die Messung der optischen Dichte (OD) erfolgte mittels eines Mikrotiterplattenreaders (Dynatech, Denkendorf) bei einer Testwellenlänge von 550 nm und einer Referenzwellenlänge von 690 nm. Ein dimensionsloser Proliferationsindex (PI), ausgedrückt durch das Verhältnis der jeweils mitogenstimulierten Zellen zu den Kontrollzellen ohne Mitogenzusatz, diente als Index für die Reaktionsfähigkeit der zellulären Immunabwehr.

$$PI = \frac{OD(550/690nm) \text{ stimulierte Zellen}}{OD(550/690nm) \text{ nicht stimulierte Zellen}}$$

Formel 1: Formel zur Berechnung des Proliferationsindex.

PI = Proliferationsindex, OD = optische Dichte, nm = Nanometer

2.3.6.3. Gesamteiweiß und Immunglobulin G

Die Messung der Gesamteiweißkonzentration [g/l] im Blutserum erfolgte nach der Biuret-Methode, bei der Eiweiß mit Kupfer-Ionen in alkalischer Lösung einen Farbkomplex bildet. Die Intensität der Färbung ist proportional zur Proteinkonzentration und kann daher über die Extinktion ermittelt werden. Für den Probenansatz (Dreifachbestimmung) wurden 40 µl Serum bzw. Rinderserumalbumin-Standardlösung (BSA, Serva 11930, Heidelberg) mit 200 µl destilliertem Wasser verdünnt und anschließend 50 µl dieser Verdünnung mit 200 µl Biuret-Lösung (Zusammensetzung, siehe Anhang Tab. A 13) auf Mikrotiterplatten intensiv vermischt. Nach einer Reaktionszeit von 30 min. wurde die Extinktion der Proben bei 550 nm gemessen (Mikrotiterplattenreader, Dynatech, Denkendorf). Die Intra-Assay-Variationskoeffizienten wurden mit <2 % und die Inter-Assay-Variationskoeffizienten mit <3 % ermittelt.

Das Gesamtimmunglobulin G (IgG)-Serum wurde mit Hilfe eines Sandwich-ELISA (Enzyme-Linked-Immunosorbent Assay), modifiziert nach Morrow-Tesch et al. (1994), bestimmt. Hierzu wurden Mikrotiterplatten mit 25 µl 1:20 verdünnten Kaninchen-anti-Schwein-IgG-Antikörpern (Sigma[®]-Aldrich P-8290, Taufkirchen) beschichtet und bei 4 °C über Nacht inkubiert. Nach dreimaligem Waschen mit Phosphat-gepufferter NaCl-Lösung (PBS) mit Zusatz von 0,05 % Tween20 wurden 50 µl des 1:10.000 bzw. 1:30.000 verdünnten enzymmarkierten Antikörpers (Anti-Schwein-IgG-POD, Sigma[®] A-7042) dazugegeben. Es erfolgte eine Inkubation für 40 min. bei 37 °C und ein dreimaliges Waschen. Zum Nachweis des Markerenzym Peroxidase (POD) wurden 100 µl einer Substratlösung (o-Phenylendiamin (OPD), 0,1 M Citratpuffer, H₂O₂) pro Kavität zugesetzt und die Platten 30 min. bei 20 °C lichtgeschützt inkubiert. Nach Stoppen des

Substratumsatzes mit 100 µl/Kavität 2 M H₂SO₄ wurde die Absorption mittels Mikrotiterplattenreader (Dynatech, Denkendorf) bei einer Testwellenlänge von 550 nm und einer Referenzwellenlänge von 690 nm bestimmt. Die Intra- und Inter-Assay-Variationskoeffizienten lagen bei 4,1 bzw. 7,7 %.

2.3.7 Lebendmasse

Das Gewicht aller im Versuch befindlicher Schweine wurde bis zum Versuchsbeginn in der 4. LW aus den Basisdaten der hauseigenen Schweinezucht des FBN übernommen. Mit Beginn des Versuches wurden alle Schweine in einer Box auf einer Tischwaage (4.-6. LW) bzw. mittels einer begehbaren Waage (7.-21. LW) einmal wöchentlich gewogen (Tab. A).

2.4 Statistik

Die statistische Analyse der Daten erfolgte mit dem Statistikprogramm „Statistical Analysis System“ (SAS[®] Institute Inc., Cary, NC, USA). Grundsätzlich konnten die Daten von 54 Versuchs- und 56 Kontrolltieren aus sieben Versuchsdurchgängen in die Auswertung einbezogen werden. Alle Werte wurden als Least Square Means mit ihrem Standardfehler dargestellt (LSM ± SEM). Als Signifikanzniveau wurde $P \leq 0.05$ für alle statistischen Tests festgelegt.

2.4.1 Bewältigung der Aufgaben an den Ton-Schalter-Futterautomaten (TSF)

Zur Beschreibung der Lernleistung der Versuchstiere an den TSF wurden sowohl die Daten der Erfolgsraten als auch die Latenzen mit Hilfe einer mehrfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholungen (repeated measurement ANOVA) innerhalb eines Allgemeinen Linearen Modells (GLM-Procedure) mit den Faktoren Durchgang und Versuchstag analysiert. Hierbei wurde der Versuchstag als wiederholter Faktor behandelt.

2.4.2 Vergleiche zwischen Versuchs- und Kontrolltieren

Die Untersuchung des Einflusses unterschiedlicher Haltungsbedingungen (mit und ohne herausfordernde Aufgaben) zwischen den Versuchs- und den Kontrollgruppen wurde bei den verschiedenen Parametern des Verhaltens, der Immunität und der Gesundheit durchgeführt. Dabei wurden der jeweils zugrunde liegende Einfluss der Gruppe und des Durchgangs bzw. eventuelle Interaktionen zwischen den beiden Faktoren berücksichtigt. Hierzu wurde eine mehrfaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholungen (repeated measurement ANOVA) innerhalb eines Allgemeinen Linearen Modells (GLM-Procedure)

durchgeführt, wobei die entsprechenden Probenahmen oder Messungen als wiederholter Faktor betrachtet wurden. Darüber hinaus wurden Multiple-post-hoc-Analysen mittels Tukey-Test durchgeführt, um eventuelle Unterschiede zwischen den Versuchs- und den Kontrolltieren an spezifischen Probe- bzw. Messzeitpunkten zu bestimmen.

Ausnahmen bildeten die Ergebnisse der Datenerhebung bei den registrierten Erkrankungen sowie den interaktiven Wundmanipulationen. Aufgrund von zu vergleichenden Gruppenwerten wurden sie mit Hilfe eines ungepaarten t-Tests analysiert.

2.4.3 Vergleiche innerhalb einer Gruppe

Zum Vergleich von Werten zu verschiedenen Zeitpunkten innerhalb einer Gruppe (z. B. Erfolgsrate vor und nach einer FR-Erhöhung, Differenz zwischen verschiedenen Einzeltagen oder Proben) wurde eine Analyse der Unterschiede der jeweiligen Kontrastwerte (Constrast-Statement) innerhalb des oben beschriebenen SAS[®]-Modells berechnet.

3 ERGEBNISSE

3.1 Bewältigung der Aufgaben an den Ton-Schalter-Futterautomaten (TSF)

3.1.1 Phase 1

In der Phase 1 zeigten die Versuchstiere ein erfolgreiches Adaptationsverhalten in einer klassischen Konditionierungssituation, in der ein individueller Ton mit der Ausgabe von Futter assoziiert werden sollte. Die Tiere lernten, alle vier TSF als Futterressource anzuerkennen, und deckten ihren Futterbedarf mit Hilfe der Automaten über das notwendige Maß hinaus. Da die Futterabrufmöglichkeiten an den TSF nur durch das Zeitbudget im Hauptprogramm reglementiert wurden und die Tiere öfter Futter abriefen, als sie nach den Fütterungsempfehlungen benötigten (vergleiche Kap. 2.1.2), konnten Werte von über 100 % erreicht werden. Wie in Abb. 10 und anhand der Daten im Anhang (Tab. A 1) zu erkennen ist, starteten die Tiere am ersten Tag mit $30,7 \pm 2,7$ % der nach Fütterungsempfehlungen berechneten Futtermenge (siehe Kap. 2.1.2). Es folgten Futterperioden mit signifikanten Anstiegen in der abgerufenen Futtermenge. Nach vier Tagen war mit $106,5 \pm 5,6$ % die bedarfsgerechte Versorgung der Schweine durch ihr eigenes Verhalten mit über 100 % gewährleistet. Über fünf Tage wurde ein Niveau von über 100 % gehalten. Am neunten Tag fiel der Wert auf $94,7 \pm 5,5$ % ab und verringerte sich damit signifikant gegenüber dem Vortag ($F_{1,45} = 19,23$, $P < 0,001$). Insgesamt konnte ein signifikanter Einfluss des Versuchstages auf die Futterabrufmenge nachgewiesen werden ($F_{8,320} = 93,93$, $P < 0,001$).

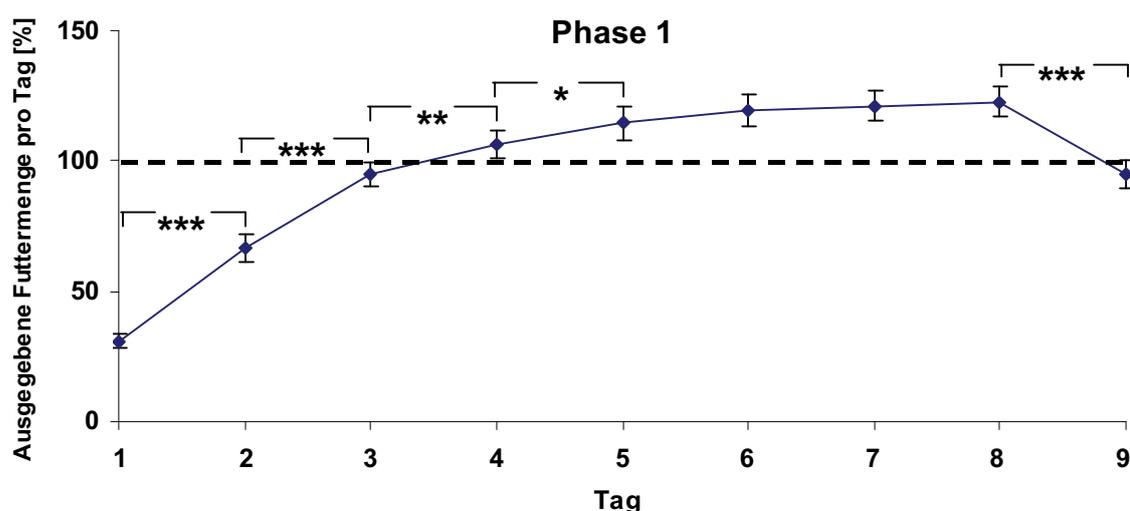


Abb. 10: Futterabrufkurve der Versuchstiere in der Phase 1.

Jeder Datenpunkt repräsentiert die durchschnittlich ausgegebene Futtermenge pro Tag (LSM ± SEM), berechnet in Prozent auf Grundlage der Fütterungsempfehlungen für die kommerzielle Schweineproduktion in Deutschland. Signifikante Unterschiede zwischen den Tagen: $P < 0,001 = ***$, $P < 0,01 = **$, $P < 0,05 = *$.

3.1.2 Phase 2

Während der Phase 2 lernten alle Tiere auf den, zuvor durch klassische Konditionierung assoziativ mit Futter belegten, individuellen Signalton zu reagieren, ihn als Aufruf zu erkennen, um somit den für sie aktivierten TSF zu lokalisieren und aufzusuchen. Wie in Abb. 11 u. 12, S. 42 und anhand der Daten im Anhang (Tab. A 2 u. A 2.1) zu erkennen ist, starteten die Tiere am ersten Tag der Phase 2 mit einer Erfolgsrate von $49,1 \pm 3,3$ % und einer Latenz von $66,6 \pm 3,0$ sec. In den darauf folgenden Tagen stieg die Erfolgsrate signifikant an, wohingegen die Latenz signifikant sank. Die Erfolgsrate erreichte am vierten Tag ein Niveau von $82,7 \pm 3,2$ % mit einer Latenz von $42,6 \pm 2,3$ sec., bei der eine bedarfsgerechte Versorgung der Schweine durch ihr eigenes Verhalten erreicht wurde (siehe Kap. 2.1.2). Gegen Ende der Phase 2 wurde eine Erfolgsrate von 90 % nicht unterschritten, während die Latenz weiter bis auf 18 sec. absank. Während der neunzehntägigen Phase 2 konnte ein signifikanter Einfluss des Versuchstages auf die Erfolgsrate ($F_{18,810} = 44,62$, $P < 0,001$) und auf die Latenz ($F_{18,900} = 76,19$, $P < 0,001$) bei der Bewältigung der Aufgabe nachgewiesen werden.

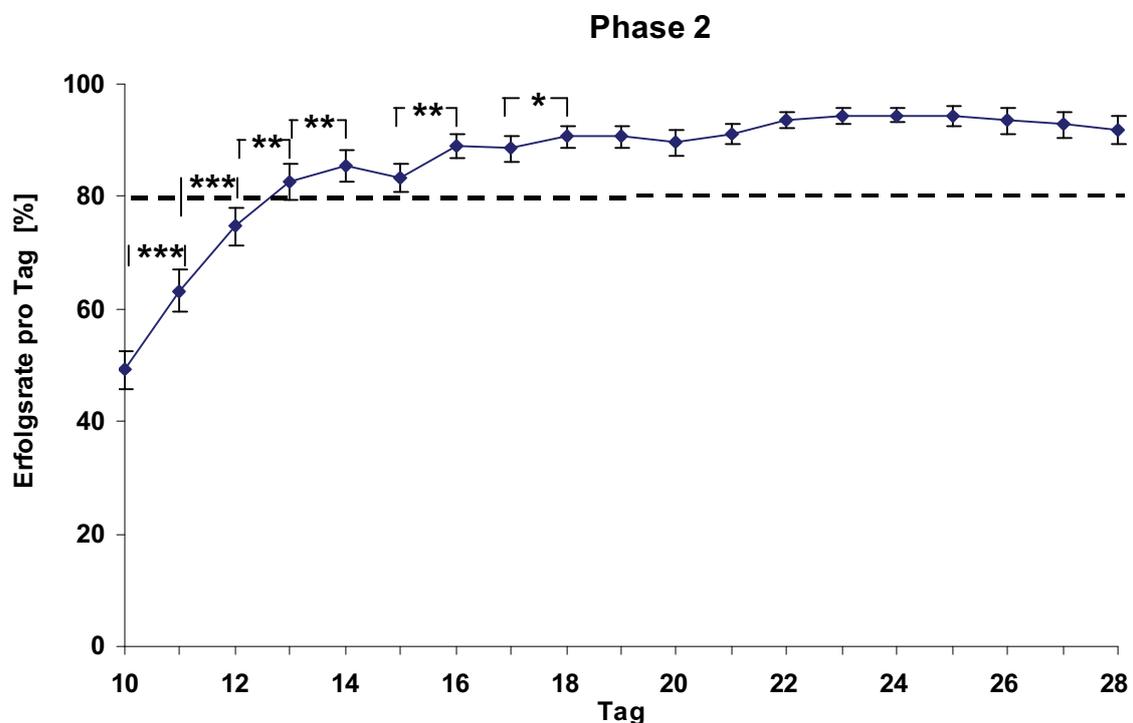


Abb. 11: Erfolgreiche Bewältigung der Aufgabe in Phase 2 durch die Versuchstiere.

Jeder Datenpunkt repräsentiert den durchschnittlichen Prozentsatz richtiger Reaktionen (LSM \pm SEM), berechnet aus Aufrufhäufigkeit und Portionsausgabe pro Tier. Signifikante Unterschiede zwischen den Tagen: $P < 0,001 = ***$, $P < 0,01 = **$, $P < 0,05 = *$.

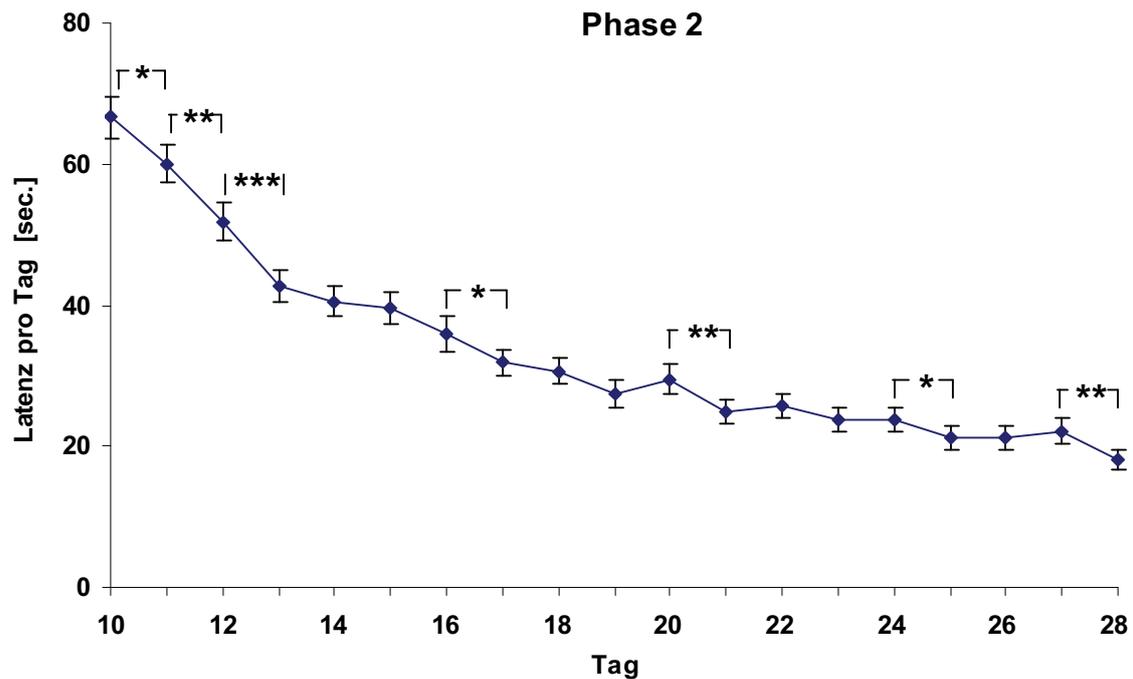


Abb. 12: Latenz bis zur erfolgreichen Bewältigung der Aufgabe in Phase 2 durch die Versuchstiere. Jeder Datenpunkt repräsentiert die Dauer in sec. (LSM \pm SEM), berechnet vom Startzeitpunkt Signalaufwurf bis zur Futterausgabe pro Tier. Signifikante Unterschiede zwischen den Tagen: $P < 0,001 = ***$, $P < 0,01 = **$, $P < 0,05 = *$.

3.1.3 Phase 3

Am ersten Tag der Phase 3 lernten alle Tiere, zu den bisherigen Anforderungen, durch operante Konditionierung einen Schalter zu drücken (fixed ratio 1 = FR1), um eine Ration Futter als Belohnung zu erhalten. Im Verlauf dieser Phase wurde die Arbeitsleistung durch Steigerung von FR erhöht (siehe Kap. 2.2.4.3). Da sich die Tiere der einzelnen DG nur bis zur ersten Erhöhung des FR in einem identischen Lernniveau befanden, musste eine statistische Auswertung des Lernerfolges auf die ersten 14 Tage der Phase 3 beschränkt bleiben.

Am ersten Tag der Phase 3 sank die Erfolgsrate im Vergleich zum letzten Tag der Phase 2 bei allen Versuchsdurchgängen signifikant ab ($F_{1,44} = 687,36$, $P < 0,001$) und erreichte einen Wert von $12,8 \pm 2,3$ %. Das Gleiche galt für die Latenz, die gegenüber dem letzten Wert der Phase 2 signifikant anstieg ($F_{1,29} = 18,04$, $P < 0,001$) und einen Wert von $34,8 \pm 3,1$ sec. erreichte. In den darauf folgenden Tagen stieg die Erfolgsrate weiter signifikant an und erreichte nach neun Tagen ein Niveau von $85,8 \pm 2,1$ %, das in den folgenden Tagen noch gesteigert werden konnte und nach 14 Tagen FR 1 bei $90,7 \pm 2,1$ % lag. Die Verringerung der Latenzzeit zeigte nur zwischen dem ersten und dem zweiten Tag signifikante Unterschiede ($F_{1,29} = 7,56$, $P < 0,01$), fiel jedoch in den darauf folgenden

Tagen noch weiter ab. Während der ersten vierzehn Tage in Phase 3 konnte ein signifikanter Einfluss des Versuchstages auf die Erfolgsrate ($F_{13,572} = 103,05$, $P < 0,001$) und auf die Latenz ($F_{13,377} = 10,97$, $P < 0,001$) nachgewiesen werden. Die Daten befinden sich im Anhang (Tab. A 2 u. A 2.1) und sind in Abb. 13 u. 14 grafisch dargestellt.

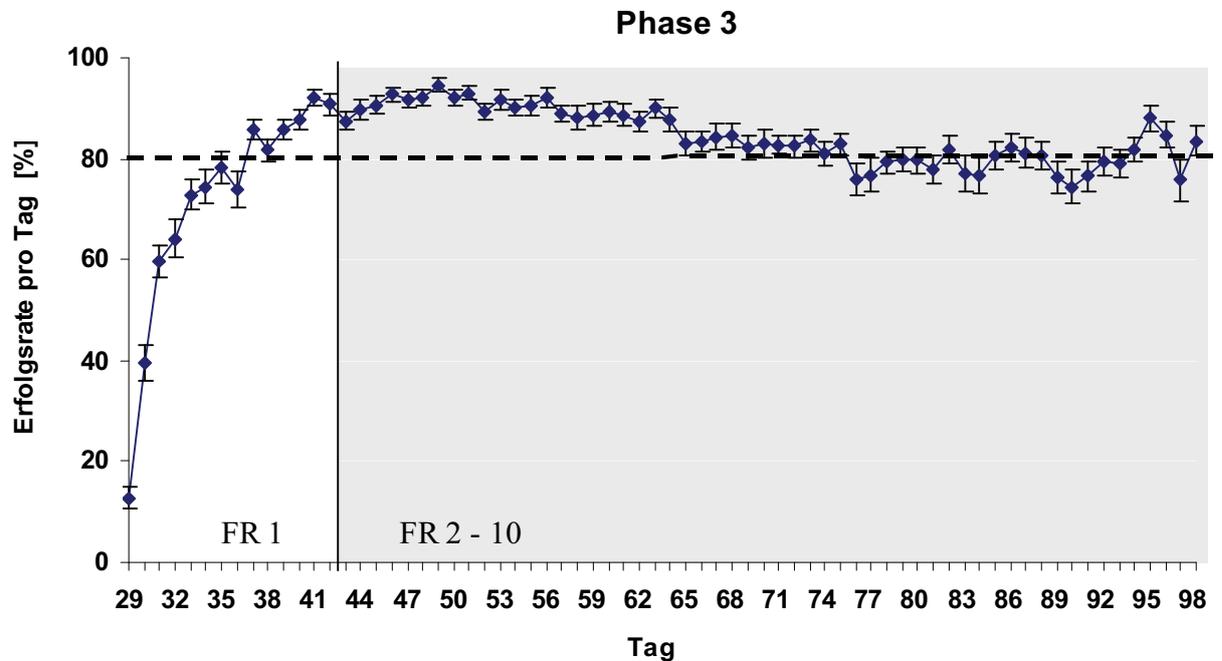


Abb. 13: Erfolgreiche Bewältigung der Aufgabe in Phase 3 durch die Versuchstiere.

Weiß unterlegt: Prozentsatz richtiger Reaktionen (LSM \pm SEM), berechnet aus Aufrufhäufigkeit und Portionsausgabe pro Tier. Alle Versuchsgruppen befanden sich im gleichen Lernniveau (FR 1). Grau unterlegt: Die Versuchsgruppen befanden sich in unterschiedlichen Lernniveaus (FR 2-10).

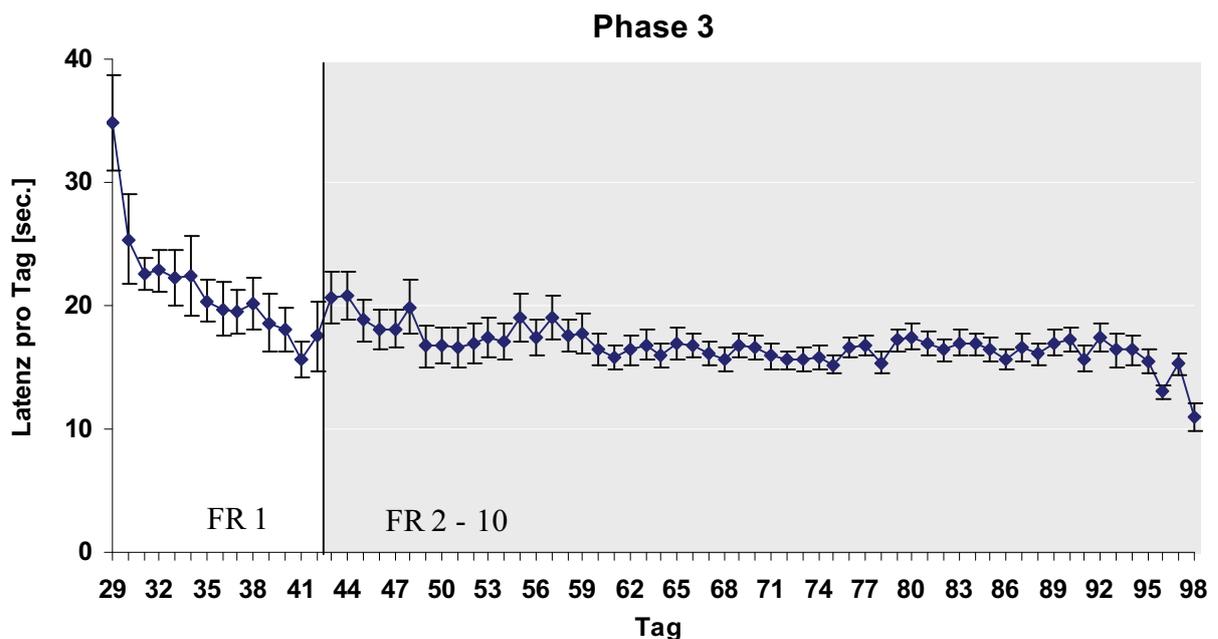


Abb. 14: Latenz bis zur erfolgreichen Bewältigung der Aufgabe in Phase 3 durch die Versuchstiere.

Weiß unterlegt: Dauer in sec. (LSM \pm SEM), berechnet vom Startzeitpunkt Signalaufwurf bis zur Futterausgabe pro Tier. Alle Versuchsgruppen befanden sich im gleichen Lernniveau (FR 1). Grau unterlegt: Die Versuchsgruppen befanden sich in unterschiedlichen Lernniveaus (FR 2-10).

Mit Einführung der ersten FR-Erhöhung eines DG ab dem 43. Tag bis zum Ende der Versuchsphase wurden nur die arithmetischen Mittelwerte berechnet. Die Tiere erreichten in dieser Zeit eine Erfolgsrate von \bar{x} $84,3 \pm 0,7$ % mit einem Maximalwert von $94,1 \pm 1,4$ % am 49. Tag und einem Minimumwert von $74,4 \pm 3,4$ % am 90. Tag. An 12 Tagen lagen die Erfolgsraten unter 80 %. Die Latenzen zwischen dem 43. und dem 98. Tag verringerten sich weiter auf \bar{x} $16 \pm 0,2$ sec., mit einem Maximalwert von $21 \pm 2,1$ sec. am 43. Tag und einem Minimumwert von $11 \pm 1,1$ sec. am 98. Tag. Eine Datenübersicht befindet sich im Anhang (Tab. A 2 u. A 2.1).

Die Steigerung der Arbeitsleistung durch vermehrtes Drücken des Schalters im TSF, je nach Leistungsstand der Versuchstiere eines Durchganges, führte zu unterschiedlichen FR-Werten zu jeweils unterschiedlichen Zeitpunkten auf der Zeitachse. Ein möglicher negativer Einfluss auf die Erfolgsraten durch weitere FR-Steigerungen (FR 2-10) am Tag der Einführung traf zwar vereinzelt zu, war jedoch nur in zwei DG bei unterschiedlichen FR-Werten signifikant (DG 1, FR 2 $F_{1,7} = 25,87$, $P < 0,01$; FR 3 $F_{1,7} = 7,11$, $P < 0,05$; DG 5, FR 10 $F_{1,6} = 11,68$, $P < 0,05$). Das Gleiche konnte für einen Einfluss auf die Latenz nachgewiesen werden. Trotz steigender Latenzen konnte nur in zwei DG ein signifikant negativer Einfluss auf die Zeit festgestellt werden (DG 3, FR 3 $F_{1,7} = 5,88$, $P < 0,05$; FR 6 $F_{1,7} = 6,25$, $P < 0,05$; DG 6, FR 6 $F_{1,6} = 8,49$, $P < 0,05$). Einen Überblick über die Ergebnisse bieten Tab. 5 und die Daten im Anhang (Tab. A 3 u. A 3.1).

Tab. 5: Einfluss der Arbeitsleistungssteigerung.

Einfluss der „fixed ratio“(FR)-Steigerung auf die Erfolgsrate (Erfolg.) und die Latenz in einzelnen Versuchsdurchgängen (DG 1-7). Signifikante Unterschiede zwischen dem Tag vor einer FR-Steigerung und dem Tag der FR-Steigerung: $P < 0,001 = ***$, $P < 0,01 = **$, $P < 0,05 = *$, n.s = nicht signifikant. Grau unterlegt: Gruppenindividuelle FR-Steigerungen aufgrund unterschiedlicher Erfolgsraten der Durchgänge.

	FR 1		FR 2		FR 3		FR 4		FR 6		FR 8		FR 10	
	Erfolg.	Latenz												
DG 1	***	n.s	**	n.s	*	n.s	n.s	n.s						
DG 2	***	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s					n.s	n.s	n.s	n.s
DG 3	***	n.s			n.s	*			n.s	*				
DG 4	***	*			n.s	n.s								
DG 5	***	*			n.s	n.s			n.s	n.s			*	n.s
DG 6	***	n.s			n.s	n.s			n.s	*				
DG 7	***	n.s												

3.2 Ethologische Untersuchungen

3.2.1 Verhaltensbeobachtung

Um Aussagen über mögliche Aktivitätsunterschiede der Versuchs- und der Kontrollgruppen machen zu können, wurden die prozentualen Verhaltensanteile am Zeitbudget (12 Stunden) für die sich gegenseitig ausschließenden Verhaltensweisen Lokomotion, Stehen, Liegen und Trogaufenthalt ermittelt. Darüber hinaus fand eine zeitliche Analyse des Verhaltens „belly nosing“ statt, welches synchron zu den anderen Verhaltensweisen ausgeführt werden konnte.

Die Versuchsgruppen verbrachten in der Aktivphase (8.00-20.00 Uhr), gemittelt über den Gesamtzeitraum aller Versuchsphasen (7.-20. LW), 35,9 % mit lokomotorischer Aktivität, im Gegensatz zu den Kontrollgruppen mit 27,0 % richtungsorientierter Fortbewegung. Hieraus ergab sich ein signifikanter Unterschied zwischen den gemittelten Gruppenwerten von $F_{1,123} = 20,32$, $P < 0,001$ über den Gesamtzeitraum aller Versuchsphasen. Wie in Abb. 15 und anhand der Daten im Anhang (Tab. A 4) zu erkennen ist, traten die Unterschiede zwischen den Gruppenmittelwerten kontinuierlich über die gesamten Versuchsphasen in jeder Lebenswoche auf, mit Ausnahme der siebten, elften und zwölften Lebenswoche.

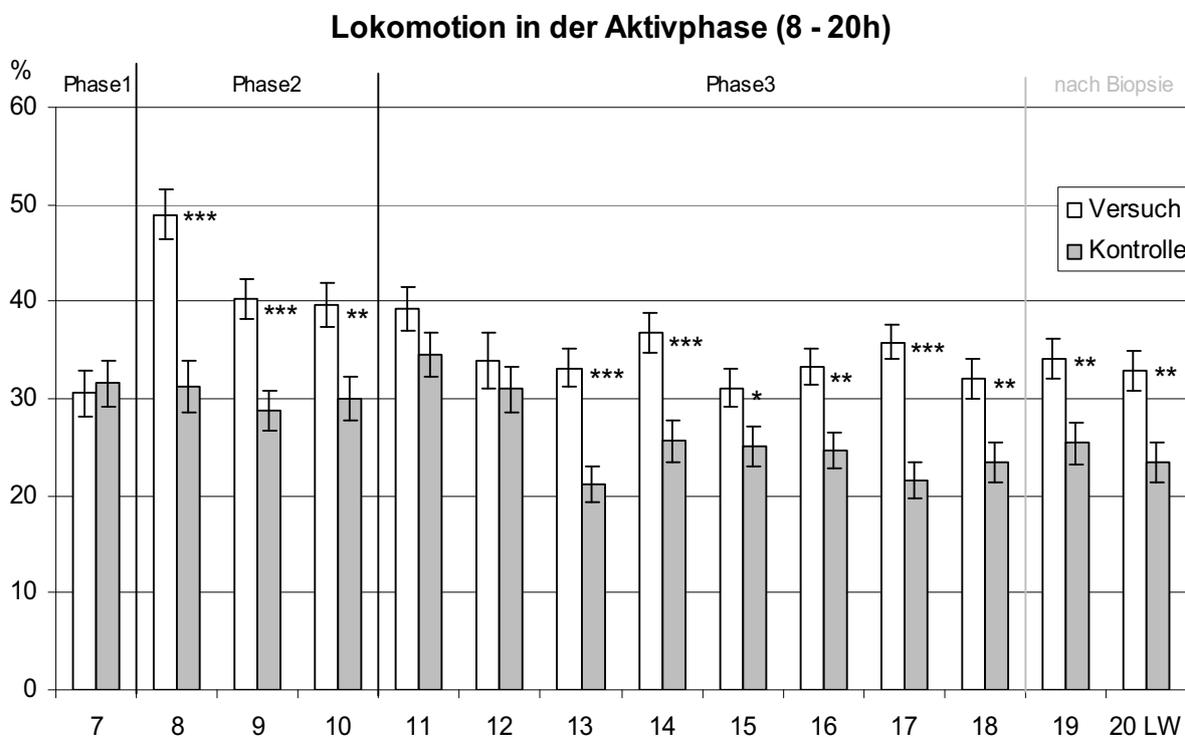


Abb. 15: Vergleich der Versuchs- und der Kontrolltiere für die Verhaltensweise Lokomotion.

Abgebildet werden die prozentualen Anteile am Verhaltensbudget pro Lebenswoche (LW) innerhalb der Aktivphase (12 Stunden), während der drei Phasen des Experiments, (LSM \pm SEM). Signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen: $P < 0,001 = ***$, $P < 0,01 = **$, $P < 0,05 = *$.

Die durchschnittliche Gruppenaktivität „Stehen“ ergab für die Versuchsgruppen über die gesamte Versuchsphase einen Anteil von 0,4 % und für die Kontrollgruppen einen Anteil von 0,8 % an der Aktivphase. Hieraus leitete sich ein signifikanter Unterschied zwischen den konventionell und mit TSF gefütterten Gruppen ab ($F_{1,123} = 5,12, P < 0,05$). Wie in Abb. 16 und anhand der Daten im Anhang (Tab. A 4.1) zu erkennen ist, wurden die zum Teil signifikanten Unterschiede durch erhöhte Werte der Kontrollgruppen nahezu in jeder Lebenswoche festgestellt, mit Ausnahme der siebten und der zehnten sowie der letzten zwei Beobachtungswochen.

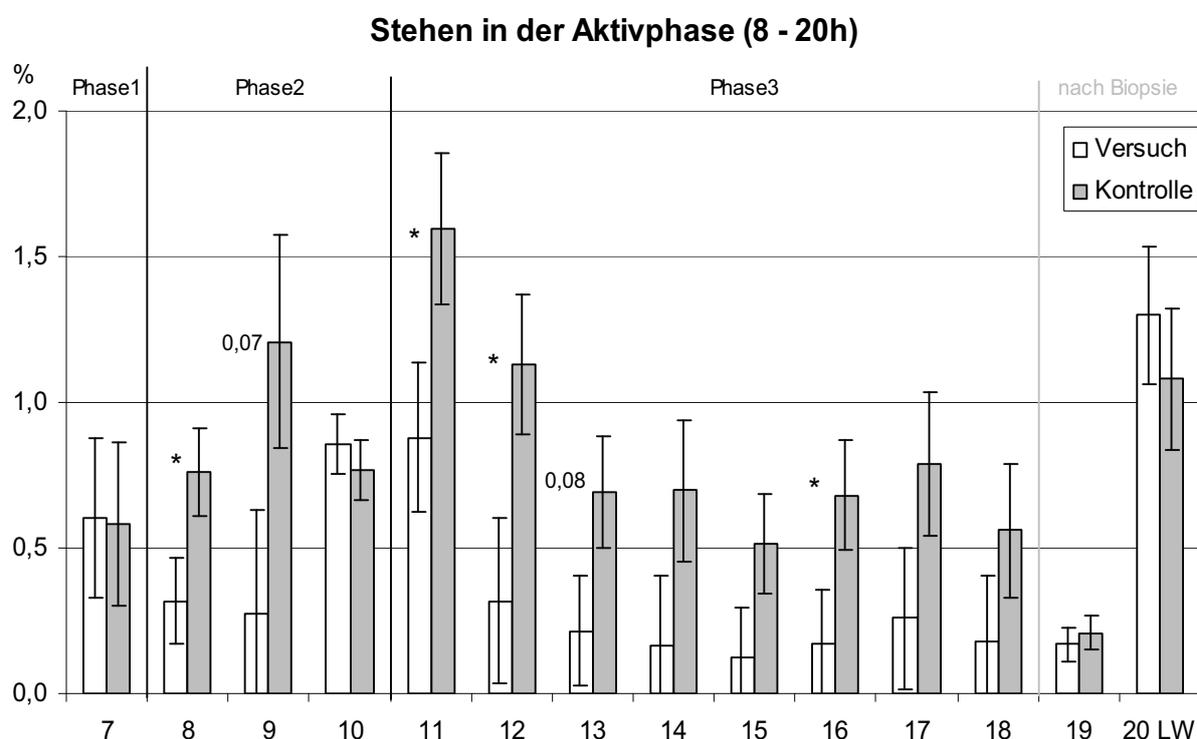


Abb. 16: Vergleich der Versuchs- und der Kontrolltiere für die Verhaltensweise „Stehen“.

Abgebildet werden die prozentualen Anteile am Verhaltensbudget pro Lebenswoche (LW) innerhalb der Aktivphase (12 Stunden), während der drei Phasen des Experiments, (LSM \pm SEM). Signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen: $P < 0,001 = ***$, $P < 0,01 = **$, $P < 0,05 = *$.

Der durchschnittliche Anteil an der Aktivphase für die Verhaltensweise Liegen entsprach 50,3 % für alle Versuchsgruppen über den gesamten Versuchsphasenzeitraum. Der durchschnittliche Anteil für die Kontrollgruppen in diesem Zeitraum entsprach einem prozentualen Anteil an der Aktivphase von 60,5 %. Hieraus ergab sich ein signifikanter Unterschied zwischen den gemittelten Gruppenwerten der Versuchs- und der Kontrollgruppen über den Gesamtzeitraum aller Versuchsphasen ($F_{1,123} = 13,39, P < 0,001$). Wie in Abb. 17, S. 47 und anhand der Daten im Anhang (Tab. A 4.2) zu

erkennen ist, traten die Unterschiede zwischen den Gruppen durch eine Reduzierung der Liegezeit bei den Versuchstiergruppen in der Phase 2 und einen Anstieg der Werte bei den Kontrolltiergruppen im Verlauf der Phase 3 auf.

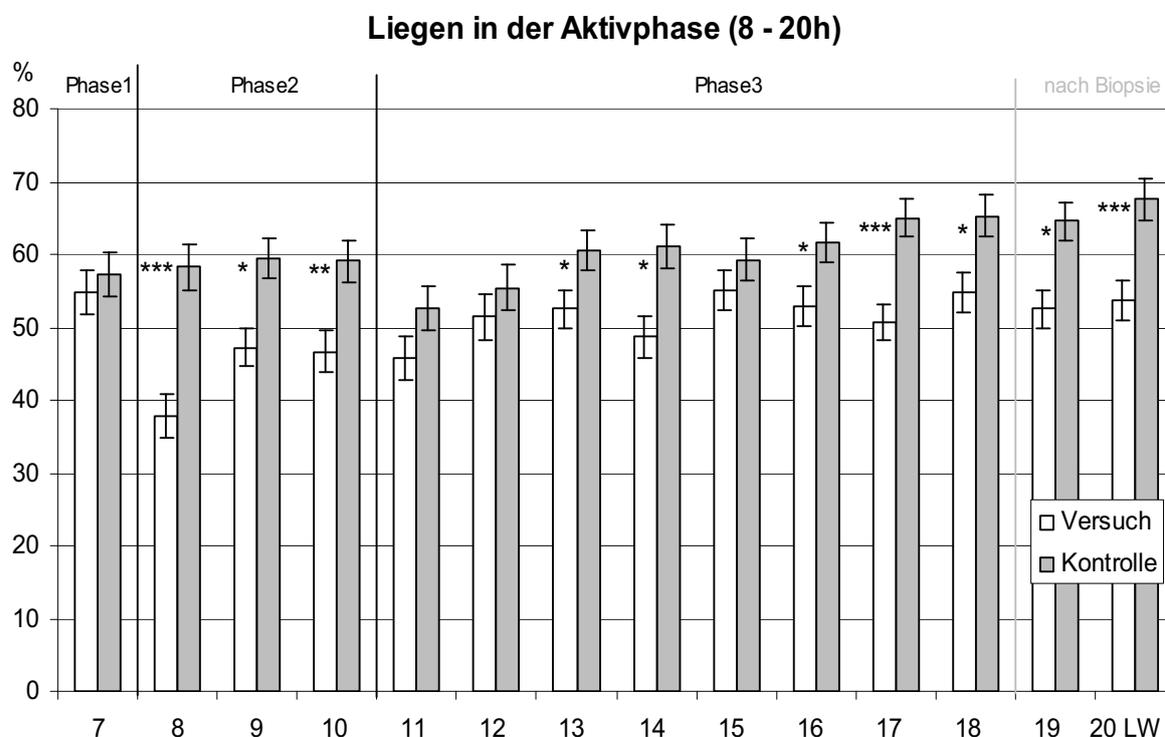


Abb. 17: Vergleich der Versuchs- und der Kontrolltiere für die Verhaltensweise Liegen.

Abgebildet werden die prozentualen Anteile am Verhaltensbudget pro Lebenswoche (LW) innerhalb der Aktivphase (12 Stunden), während der drei Phasen des Experiments, (LSM \pm SEM). Signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen: $P < 0,001 = ***$, $P < 0,01 = **$, $P < 0,05 = *$.

Im Gegensatz zu den bisher präsentierten Verhaltensweisen zeigte der Aufenthalt im/am Trog keine Unterschiede zwischen den Gruppenmittelwerten der Versuchs- und der Kontrolltiere für den prozentualen Anteil an der Aktivphase über den gesamten Zeitraum der Versuchsphasen ($F_{1,123} = 1,73$, $P > 0,1$). Die Gruppen der Versuchstiere verbrachten durchschnittlich 13,4 % der Aktivphase im TSF und die Gruppen der Kontrolltiere durchschnittlich 11,7 % am Ausrieseltrog. Wie jedoch in Abb. 18, S. 48 und anhand der Daten im Anhang (Tab. A 4.3) zu erkennen ist, traten signifikante Unterschiede in der ersten, der zweiten, der siebten sowie in den letzten zwei Beobachtungswochen zwischen den Gruppen auf.

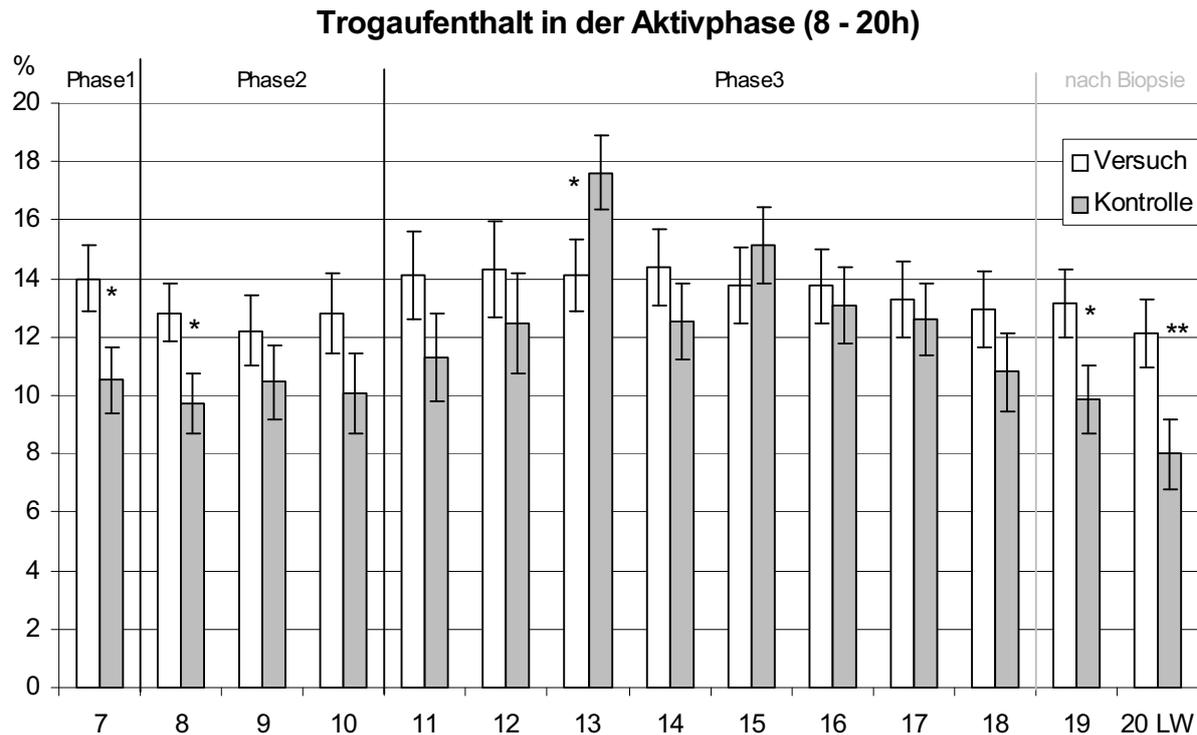


Abb. 18: Vergleich der Versuchs- und der Kontrolltiere für die Verhaltensweise Trogaufenthalt. Abgebildet werden die prozentualen Anteile am Verhaltensbudget pro Lebenswoche (LW) innerhalb der Aktivphase (12 Stunden), während der drei Phasen des Experiments, (LSM \pm SEM). Signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen: $P < 0,001 = ***$, $P < 0,01 = **$, $P < 0,05 = *$.

Die durchschnittliche Dauer (min.) der Verhaltensweise „belly nosing“ in der Aktivphase unterschied sich signifikant zwischen den Versuchs- und den Kontrollgruppen ($F_{1,123} = 21,91$, $P < 0,001$). Die Versuchstiere zeigten den durchschnittlich niedrigsten Wert pro Tag in der 7. LW ($\bar{x} = 6,92$ min) und ein Maximum in der 14. LW ($\bar{x} = 20,71$ min) pro Gruppe, basierend auf den kumulativen Werten aller acht Tiere über einen Zeitraum von 12 Stunden (5760 min.). Dies entsprach einem prozentualen Anteil von minimal 0,12 % bzw. maximal 0,36 % am möglichen Gesamtverhalten pro Aktivphase, bei einer maximalen Zeitdauer von 12 Stunden à 60 min. pro Tier bzw. einer Gesamtdauer von 5760 min. pro Gruppe. Die Gruppe der Kontrolltiere hingegen zeigte den durchschnittlich niedrigsten Wert pro Tag in der 8. LW ($\bar{x} = 14,56$ min) und ein Maximum in der 12. LW ($\bar{x} = 29,91$ min). Dies entsprach einem prozentualen Anteil von minimal 0,25 % bzw. maximal 0,52 % am Gesamtverhalten pro Aktivphase. Wie in Abb. 19, S. 49 und anhand der Daten im Anhang (Tab. A 4.4 u. A 4.5) zu erkennen ist, traten signifikante Unterschiede zwischen den Versuchs- und den Kontrolltiergruppen in der Phase 1 und zu Beginn der Phase 2 und 3

durch erhöhte Werte der Kontrolltiere auf. Die signifikanten Unterschiede ab der 17. LW waren hingegen auf verringertes „belly nosing“ der Versuchstiere zurückzuführen.

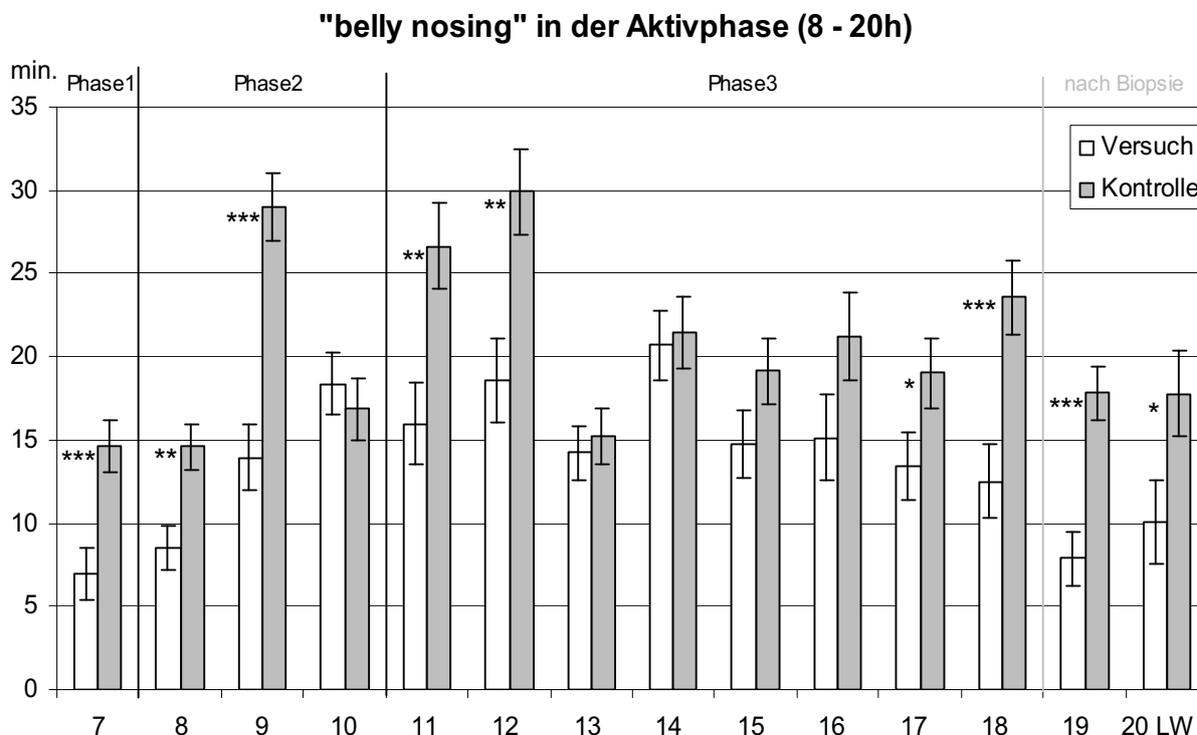


Abb. 19: Vergleich der Versuchs- und der Kontrolltiere für die Verhaltensweise „belly nosing“. Abgebildet werden die durchschnittliche Dauer in min. während der einzelnen Lebenswochen (LW) innerhalb der Aktivphase (12 Stunden), während der drei Phasen des Experiments, (LSM \pm SEM). Signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen: $P < 0,001 = ***$, $P < 0,01 = **$, $P < 0,05 = *$.

3.2.2 Verhaltenstests

Die Datenauswertung der Verhaltenstests „open field“ und „novel object“ erfolgte durch die Betrachtung der Differenzwerte aus Test 1, durchgeführt unmittelbar vor der Versuchsphase (4. LW), und Test 2 und 3, durchgeführt zu Beginn (12. LW) und gegen Ende der Phase 3 (18. LW).

Die Dauer des „open-field“-Tests betrug 10 min. und integrierte den „novel-object“-Test, 5 min. nach Beginn der Testsituation. Dies bedeutete, dass die gemäß Tab. 4 definierten Verhaltensweisen in Bezug auf das neue Objekt Auswirkungen auf die relative Zeit der Verhaltensweisen im „open-field“-Test haben konnten. Wie in Tab. 6, S. 50 und den Datensätzen im Anhang (Tab. A 5 u. A 5.1) zu erkennen ist, stiegen die prozentualen Anteile für Verhaltensweisen im „open-field“-Test im zweiten Test für beide Gruppen an und zeigten erst in der Differenz zwischen dem ersten und dem dritten Test signifikante

Unterschiede. Diese Unterschiede waren gekennzeichnet durch einen prozentualen Abfall der Verhaltensanteile der Versuchsgruppe. Im Gegenzug hierzu stieg die Dauer des Verhaltens im „novel-object“-Test bei den Versuchstieren im dritten Test an, und sie zeigten gegenüber den Ausgangswerten prozentual vermehrte Verhaltensanteile im Umgang mit neuen Objekten.

Tab. 6: Veränderungen der Verhaltensanteile in „open-field“- und „novel-object“-Tests.

Notiert sind die Ergebnisse der prozentualen Anteile aller Verhaltensweisen im „open field“ und „novel object“. Diff. 1/2, 1/3 = Differenzen zwischen Test 1 und Test 2, Test 1 und Test 3, v = Versuch, k = Kontrolle.

Test	Diff.	Gruppe	LS Mean	SE	F	P
open-field	1/2	v	1.5760	0.9065	$F_{1,109} = 2.51$	0.1167
		k	3.5857	0.8886		
	1/3	v	-3.0332	1.1228	$F_{1,109} = 7.26$	0.0083
		k	1.2018	1.1006		
novel-object	1/2	v	-1.5615	0.9061	$F_{1,109} = 2.55$	0.1133
		k	-3.5893	0.8882		
	1/3	v	3.0589	1.1264	$F_{1,109} = 7.39$	0.0078
		k	-1.2286	1.1042		

3.2.2.1 „open-field“-Test

Für die Parameter Stehen, Lokomotion, Exkretion und Flucht, Wandkontakt sowie Vokalisation wurden sowohl die Dauer in sec. als auch ihre Häufigkeit berechnet. In Tab. 7 sind die Differenzen zwischen Test 1 und 2 (Diff. 1/2) sowie zwischen Test 1 und 3 (Diff. 1/3) der Versuchs- und der Kontrollgruppen präsentiert. Diskutiert werden signifikante Unterschiede zwischen den Versuchs- und den Kontrollgruppen. Alle Ergebnisse der Tests 1-3 sowie die der Differenzen 1/2 und 1/3 finden sich im Anhang (Tab. A 5.2-5.11).

Die Häufigkeit, mit der die Verhaltensweise „Stehen“ beobachtet wurde, zeigte in Diff. 1/2 einen Anstieg der Werte sowohl für die Versuchstiere ($\bar{x} = 9,53 \pm 2,11$) als auch für die Kontrolltiere ($\bar{x} = 14,61 \pm 2,07$), wobei jedoch ein Trend zur Unterschiedlichkeit der beiden Gruppen sichtbar wurde ($F_{1,109} = 2,95$, $P = 0,09$). Dieser Trend wurde in Diff. 1/3 zu einem signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen ($F_{1,109} = 14,28$, $P < 0,01$) ausgebaut, wobei die Werte der Versuchstiere unter ihre Ausgangswerte ($\bar{x} = -1,86 \pm 2,07$) und die der Kontrolltiere auf einen Wert von $\bar{x} = 9,11 \pm 2,03$ sanken.

Bei der Betrachtung der Verhaltensweise Lokomotion (Dauer pro sec.) zeigte sich für die Versuchstiere bereits bei der Diff. 1/2 ($\bar{x} = -6,03 \pm 7,12$) eine zeitliche Verringerung dieses Verhaltensanteils, die sich in der zweiten Differenz noch verstärkte ($\bar{x} = -19,02 \pm 7,40$). Im

Gegensatz hierzu zeigten die Kontrolltiere in der Diff. 1/2 insgesamt länger aktives Verhalten ($\bar{x} = 15,86 \pm 6,98$), das jedoch mit der Diff. 1/3 ($\bar{x} = -0,75 \pm 7,25$) etwas mehr als auf den Ausgangswert abfiel. Trotz der geringen Unterschiede, sie lagen im Sekundenbereich, unterschieden sich die beiden Gruppen in der ersten Differenz signifikant voneinander $F_{1,109} = 4,82, P < 0,05$ und in der zweiten Differenz immerhin noch mit einer Tendenz von $F_{1,109} = 3,11, P = 0,08$.

Die Häufigkeiten der Verhaltensreaktionen Flucht sowie Exkretion wurden aufgrund des seltenen Auftretens dieser als stark reaktiv beschriebenen Verhaltensweisen zusammengefasst. Bereits bei der Diff. 1/2 zeigte sich ein Trend ($F_{1,109} = 3,01, P = 0,09$) zwischen den Gruppen, wobei die Kontrolltiere häufiger harnten, koteten und flüchteten ($\bar{x} = 5,89 \pm 0,94$) als die Versuchstiere ($\bar{x} = 3,61 \pm 0,94$). Dieser Trend wurde in Diff. 1/3 zu einem signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen ($F_{1,109} = 7,45, P < 0,01$), indem die Werte der Kontrolltiere ($\bar{x} = 6,70 \pm 0,70$) etwas mehr gegenüber den Ausgangsdaten anstiegen als die der Versuchstiere ($\bar{x} = 4,01 \pm 0,70$).

Die Häufigkeit, mit der ein Wandkontakt durch aktive Exploration und/oder Manipulation durch die Versuchstiere stattfand, verringerte sich mit der Diff. 1/2 nur leicht ($\bar{x} = -0,83 \pm 0,85$), stieg jedoch im dritten „open-field“-Test stark an (Diff. 1/3, $\bar{x} = 15,32 \pm 2,78$). Die Kontrolltiere zeigten bereits in der Diff. 1/2 einen leichten Anstieg in der Häufigkeit dieser Verhaltensweise ($\bar{x} = 1,43 \pm 0,84$), die sich in Diff. 1/3 noch steigerte ($\bar{x} = 14,70 \pm 2,72$). Hieraus ergab sich für die Diff. 1/2 zwischen den beiden Gruppen nur ein tendenzieller Unterschied ($F_{1,109} = 3,75, P = 0,06$), der sich in der Diff. 1/3 ganz aufhob.

Die Häufigkeit von Vokalisationen nahm sowohl für die Versuchs- (Diff. 1/2, $\bar{x} = 16,83 \pm 2,78$) als auch für die Kontrolltiere (Diff. 1/2, $\bar{x} = 25,13 \pm 2,73$) zu, jedoch mit einem signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen ($F_{1,109} = 4,54, P < 0,05$). Dieser signifikante Unterschied wurde in Diff. 1/3 noch weiter ausgebaut ($F_{1,109} = 22,45, P < 0,001$), da sich die Werte der Versuchstiere ($\bar{x} = 2,66 \pm 2,70$) im Gegensatz zu denen der Kontrolltiere ($\bar{x} = 20,63 \pm 2,65$) erheblich verringerten.

3.2.2.2 „novel object“-Test

Die Präsentation der Ergebnisse für die Parameter Kontakthäufigkeit und Latenz bis zum ersten Kontakt erfolgt in gleicher Weise wie beim „open field“-Test. In Tab. 7, S. 52 sind die Differenzen zwischen Test 1 und 2 (Diff. 1/2) sowie zwischen Test 1 und 3 (Diff. 1/3) der Versuchs- und der Kontrollgruppen präsentiert. Diskutiert werden signifikante

Unterschiede zwischen den Versuchs- und den Kontrollgruppen. Alle Ergebnisse der Tests 1-3 sowie die der Differenzen 1/2 und 1/3 finden sich im Anhang (Tab. A 5.12-5.14).

Bei der Betrachtung der Verhaltensweise Kontaktdauer mit dem unbekanntem Objekt zeigte sich für die Versuchstiere bereits bei der ersten Diff. 1/2 ein Anstieg der Werte ($\bar{x} = 4,22 \pm 5,23$), im Gegensatz zu den Kontrolltieren ($\bar{x} = -7,46 \pm 5,13$). Die Gruppen unterschieden sich jedoch nicht signifikant voneinander ($F_{1,109} = 2,55, P = 0,11$). Zu einem signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen kam es jedoch in der zweiten Differenz ($F_{1,109} = 5,82, P < 0,05$). Im dritten Test stiegen die Zeiten gegenüber den Zeiten des Ausgangstests auch für die Kontrolltiere an ($\bar{x} = 7,96 \pm 6,30$), jedoch in einem wesentlich geringeren Maße als für die Versuchstiere ($\bar{x} = 29,71 \pm 6,43$).

Tab. 7: Überblick über die Ergebnisse der Verhaltenstests „open field“ und novel object“.

Diff. 1/2, 1/3 = Differenzen zwischen Test 1 und Test 2, zwischen Test 1 und Test 3, v = Versuch, k = Kontrolle.

Verhalten	Diff.1/2			Diff.1/3			(SE)
	Versuch	Kontrolle	Sig. (P)	Versuch	Kontrolle	Sig. (P)	
Stehen							
<i>Dauer in sec.</i>	+ 7.5	- 8.4	0.24	-25.4	- 22.0	0.79	9.2
<i>Häufigkeit</i>	+ 9.5	+ 14.6	0.09	- 1.9	+ 9.1	< 0.001	2.1
Lokomotion							
<i>Dauer in sec.</i>	- 6.0	+ 15.9	< 0.05	-21.0	- 0.7	< 0.05	7.2
<i>Häufigkeit</i>	+ 5.4	+ 4.3	0.66	- 2.8	- 0.1	0.35	1.9
Exkretion und Flucht							
<i>Dauer in sec.</i>	+ 9.7	+ 8.8	0.92	+18.3	+ 21.0	0.68	5.4
<i>Häufigkeit</i>	+ 3.6	+ 5.9	0.08	+ 4.0	+ 6.7	< 0.01	0.8
Wandkontakt							
<i>Dauer in sec.</i>	- 1.6	+ 5.4	0.14	- 6.7	- 3.8	0.29	2.4
<i>Häufigkeit</i>	- 0.8	+ 1.4	0.06	+ 15.4	+ 14.7	0.87	1.8
Vokalisation							
<i>Dauer in sec.</i>	+ 35.6	+73.2	< 0.05	+ 15.4	+ 67.4	< 0.001	10.9
<i>Häufigkeit</i>	+ 16.8	+ 25.1	< 0.05	+ 2.7	+ 20.6	< 0.001	2.7
"novel object" Kontakt							
<i>Dauer in sec.</i>	+ 4.2	- 7.5	0.10	+ 29.8	+ 7.9	< 0.05	5.7
<i>Häufigkeit</i>	+ 1.6	+ 0.1	0.20	+ 3.3	+ 1.2	0.15	0.9
"novel object" Latenz							
<i>Dauer in sec.</i>	- 41.1	- 52.0	0.45	- 36.1	- 36.7	0.97	10.2

3.3 Speichelcortisol

Bis auf die erste Speichelcortisolmessung (6. LW, Vorversuchsphase) wurden jeweils die Werte pro Tier über zwei Wochen gemittelt. Insgesamt konnte kein Unterschied für den Parameter Speichelcortisol zwischen den Versuchs- und den Kontrolltieren festgestellt werden ($F_{1,88} = 0,25$, $P = 0,616$). Wie jedoch in Abb. 20, S. 54 und anhand der Daten im Anhang (Tab. A 6) zu erkennen ist, traten zum Teil signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen zu bestimmten Zeitpunkten auf.

In der 6. LW, unter gleichen Haltungsbedingungen, konnten keine Unterschiede zwischen den Versuchs- und den Kontrollgruppen festgestellt werden. In der ersten Phase, in der die Gruppen in die Versuchsbuchten umgestallt und bei den Versuchstieren die TSF eingeführt wurden, unterschieden sich beide signifikant voneinander ($t = 2,2$, $P < 0,05$). Für die Versuchstiere konnte ein signifikanter Anstieg und für die Kontrolltiere ein hoch signifikanter Anstieg ($F_{1,50} = 17,94$, $P < 0,001$) der Werte gegenüber der 6. LW verzeichnet werden ($F_{1,50} = 5,61$, $P < 0,05$). In der zweiten Phase, charakterisiert durch das Aufrufen der Versuchstiere durch die TSF, konnte ebenfalls ein signifikanter Unterschied zwischen den Versuchs- und den Kontrolltieren festgestellt werden ($t = -2,1$, $P < 0,05$). Für die Versuchstiere konnte ein signifikanter Anstieg der Werte gegenüber der ersten Phase festgestellt werden ($F_{1,50} = 5,61$, $P < 0,05$), im Gegensatz zu den Kontrollen, deren Werte nahezu konstant blieben. In der dritten Phase kam es zu keinen weiteren signifikanten Unterschieden zwischen den Gruppen. Erwähnenswert sind jedoch die erhöhten Werte beider Gruppen in der 15./16. LW, bei zeitgleicher Einführung der Blutentnahmen mit Oberkieferschlinge. Für die Kontrolltiere konnte ein signifikanter Anstieg ($F_{1,50} = 4,46$, $P < 0,05$) gegenüber der 13./14. LW sowie ein signifikanter Abfall ($F_{1,50} = 6,16$, $P < 0,05$) in der 17./18. LW festgestellt werden. Bei den Versuchstieren dagegen wurde zwar ein Anstieg der Werte beobachtet, eine Signifikanz zeigte sich jedoch erst mit Abnahme des Cortisolgehalts in der 17./18. LW ($F_{1,50} = 8,97$, $P < 0,01$).

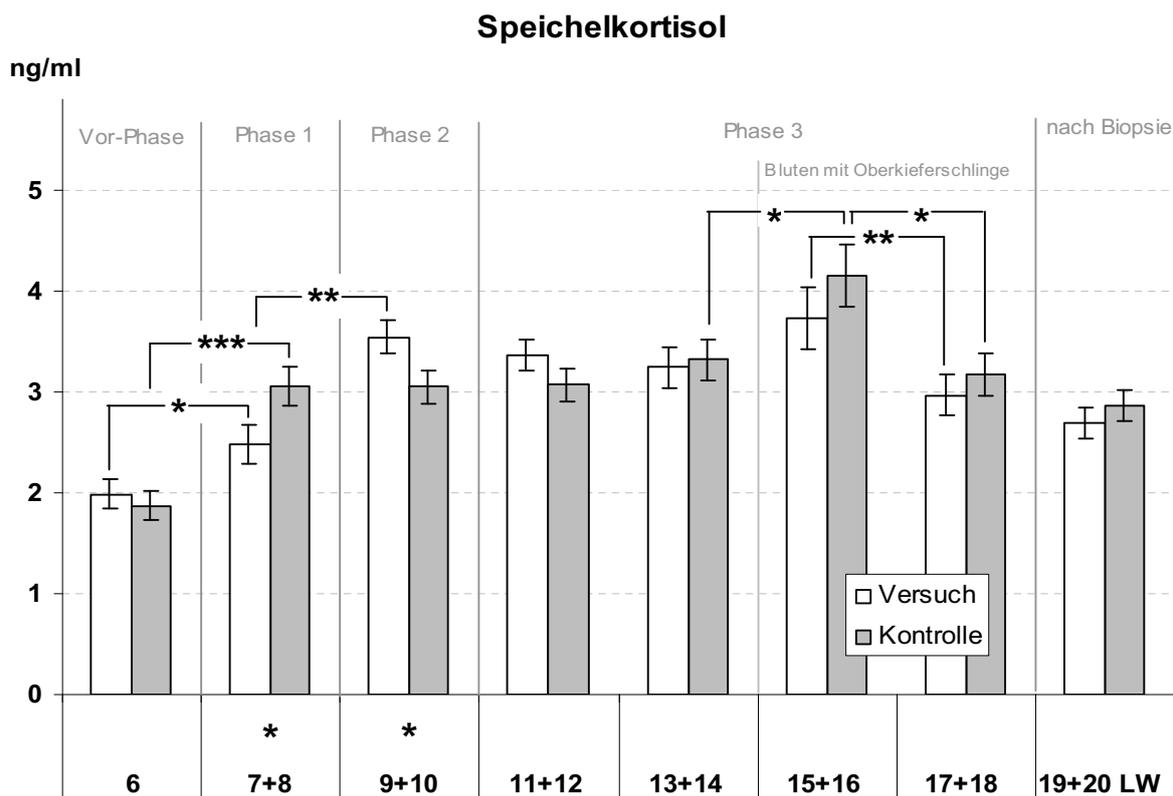


Abb. 20: Speichelcortisol der Versuchs- und der Kontrolltiere.

Methode zur Überprüfung des Stressniveaus vor und während der drei Phasen des Experimentes. Jede Datensäule repräsentiert die Mittelwerte zweier Lebenswochen (LW) aller Tiere einer Gruppe (LSM ± SEM). Signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen: $P < 0,001 = ***$, $P < 0,01 = **$, $P < 0,05 = *$.

3.4 Erkrankungen und Therapien

Insgesamt wurden 19 Erkrankungen bei 18 von 110 Tieren behandelt. Betroffen waren 17 Versuchs- und 2 Kontrolltiere, was einem tendenziellen Unterschied zwischen den beiden Gruppen von $t = 1,78$, $P = 0,101$ entspricht. Bei den Behandlungen der Versuchstiere handelte es sich nahezu zu 50 % um Hautläsionen im Flankenbereich, die nur mit Zinkoxid-Salbenspray abgedeckt wurden. Bis auf einen Fall (Versuchstier, DG 7), der aufgrund von erkrankungsbedingter Therapie den Ausschluss von Daten nötig machte, konnte kein Einfluss auf andere Versuchsparameter festgestellt werden. Zwei Versuchstiere, eines höchstwahrscheinlich taub und eines mit mangelnder Lebendmassezunahme, wurden während des Versuches ausgeschlossen und deshalb nicht mit berücksichtigt, da sie nicht mit einem Medikament behandelt wurden. Ein Überblick über Art und Dauer der Erkrankungen sowie über die eingesetzten Medikamente zur Therapie befindet sich im Anhang (Tab. A 7 u. A 7.1).

3.5 Wundheilung

Um den Heilungsprozess der durch die Schussbiopsie verursachten Wunden in beiden Gruppen zu verfolgen und miteinander vergleichen zu können, wurden die täglichen fotografischen Aufzeichnungen ausgewertet und die Wundfläche aus Einschusskanal und Korona berechnet (siehe Kap. 2.3.4).

Für die Wundflächen konnte insgesamt ein signifikanter Unterschied zwischen den Versuchs- und den Kontrolltieren festgestellt werden ($F_{1,53} = 6,53$, $P < 0,05$), der sich vor allem aufgrund signifikanter Unterschiede bei der Koronafläche manifestierte ($F_{1,53} = 7,21$, $P < 0,01$). Die Flächen der Einschusskanäle beider Gruppen unterscheiden sich dagegen nicht voneinander ($F_{1,54} = 0,11$, $P = 0,74$). Eine Übersicht der Ergebnisse zeigt Abb. 21, S. 56 sowie die Daten im Anhang (Tab. A 8-8.2). Der Verlauf der Wundheilung zeigte in den ersten drei Tagen für die Versuchs- und die Kontrolltiere einen Anstieg der Werte. Bei den Kontrolltieren vergrößerte sich die Wundfläche sogar signifikant ($F_{1,28} = 4,14$, $P < 0,05$; $F_{1,28} = 4,65$, $P < 0,05$). Am fünften Tag der Heilung zeigten wiederum beide Gruppen einen Rückgang der Wundfläche mit hochsignifikanten Verringerungen bei den Versuchstieren ($F_{1,25} = 23,23$, $P < 0,001$), die in der Tendenz sogar unter den Werten der ersten Tage lagen ($F_{1,25} = 3,69$, $P = 0,066$), sowie signifikanten Rückgängen bei den Kontrolltieren ($F_{1,28} = 9,93$, $P < 0,01$). Im weiteren Heilungsverlauf der Versuchstiere verringerten sich die Wundflächen weiter auf nahezu 50 % des Ausgangsniveaus. Der Heilungsprozess der Kontrolltiere zeigte dagegen noch einmal einen Anstieg der Werte bis zum siebten Tag nach der Biopsie mit einem durchschnittlichen Maximum von 3,7 cm², bevor auch hier ein Rückgang der Wundflächen zu verzeichnen war. Signifikante Unterschiede zwischen den Tieren der Versuchs- und der Kontrollgruppe gab es am sechsten ($t = 2,7$, $P = 0,01$), siebten ($t = 3,2$, $P = 0,01$) und achten Tag ($t = 2,4$, $P = 0,05$) nach der Biopsie.

Die Auswertung der oralen Wundmanipulation innerhalb einer Beobachtungszeit von 24 Stunden zeigte keinen Unterschied in der Häufigkeit des Verhaltens zwischen den Versuchs- und den Kontrolltieren ($t = 0,4$, $P = 0,67$), die einen möglichen Einfluss auf die Wundheilung gehabt hätte (Anhang Tab. A 8.3).

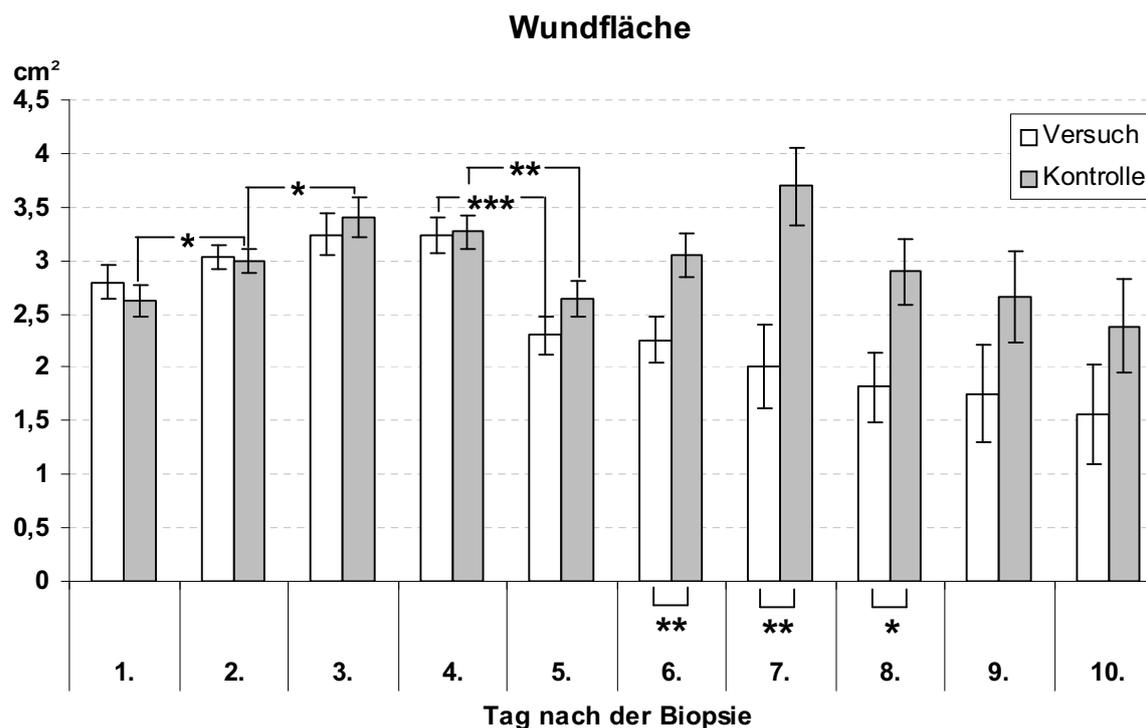


Abb. 21: Gesamtfläche der Biopsiewunden der Versuchs- und der Kontrolltiere.

Berechnet aus dem Einschusskanal als direkte Wundfläche und der Rötung um die Wundfläche (Korona), (LSM \pm SEM). Messzeitraum 1 bis 10 Tage nach der Schussbiopsie. Signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen: $P < 0,001 = ***$, $P < 0,01 = **$, $P < 0,05 = *$.

3.6 Blutuntersuchungen

3.6.1 Differentialblutbild

Wie aus Tab. 8, S. 57 und anhand der Datensätze im Anhang (Tab. A 9-9.5) gezeigt wird, konnten, trotz vereinzelter signifikanter Unterschiede in verschiedenen Lebenswochen, für keine Leukozytenfraktion durchgängige signifikante Unterschiede zwischen den Tieren der Versuchs- und der Kontrollgruppen ermittelt werden (Lymphozyten $F_{1,89} = 0,31$, $P = 0,58$; Monozyten $F_{1,89} = 0,00$, $P = 0,95$; basophile Granulozyten $F_{1,89} = 0,65$, $P = 0,42$; neutrophile Granulozyten $F_{1,89} = 0,23$, $P = 0,63$; eosinophile Granulozyten $F_{1,89} = 0,97$, $P = 0,33$). Alle erfassten Werte lagen zudem im Schwankungsbereich für hämatologische Normalwerte (Neuendorf und Seidel 1987).

Auch für das neutrophile Granulozyten-/Lymphozytenverhältnis (N/L), berechnet aus zweihundert ausgezählten Zellen und ihrem anteiligen Verhältnis, konnte kein signifikanter

Unterschied festgestellt werden, der als Stressindikator dienlich gewesen wäre ($F_{1,89} = 0,44$, $P = 0,51$).

Tab. 8: Ergebnisse des Differenzialblutbildes.

Überblick über divergente Ergebnisse der Leukozytenfraktionen zwischen Versuchs- und Kontrolltieren der DG 1-7. ↑ = Werte der Versuchstiere höher als die der Kontrolltiere. ↓ = Werte der Versuchstiere niedriger als die der Kontrolltiere. Signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen: $P < 0,001 = ***$, $P < 0,01 = **$, $P < 0,05 = *$. LW = Lebenswoche, G. = Granulozyten, N/L = neutrophile Granulozyten/Lymphozyten-Verhältnis.

	Vor-Phase	Phase 1	Phase 2		Phase 3				nach Biopsie
LW	6.	7.	9.	11.	13.	15.	17.	19.	20.
Lymphozyten					↓0.08				
Monozyten				↑ **	↓*		↑*		
basophile G.		↑0.08					↓0.09		
neutrophile G.					↑*				
eosinophile G.			↑ **				↑0.08		
N/L-Ratio					↑*				

3.6.2. Lymphozytenproliferation

Die spontanen Lymphozytenproliferationen der Tiere in beiden Gruppen, gemessen mit Hilfe der optischen Dichte (OD), sanken in der 9. LW gegenüber der 6. LW sowohl für die Versuchs- als ($t = 6,4$, $P < 0,05$) auch für die Kontrolltiere ($t = 38,5$, $P < 0,001$) signifikant ab. Darüber hinaus konnte in der 11. LW ($t = -2,2$, $P < 0,05$) und der 13. LW ($t = -2,9$, $P < 0,001$) ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen festgestellt werden. In den gesamten Datensätzen zur mitogeninduzierten Lymphozytenproliferation kam es, aufgrund einer in dieser Arbeit nicht weiter analysierten Immunisierung aller Tiere in der 14. LW, zu signifikanten Verringerungen der Proliferationsindices gegenüber der 13. LW ($P < 0,001$). Im Gegenzug stieg die spontane Lymphozytenproliferation ab der 15. LW für beide Gruppen signifikant gegenüber der 13. LW an ($P < 0,001$). Insgesamt gab es jedoch keinen signifikanten Unterschied zwischen den Tieren beider Gruppen ($F_{1,84} = 1,80$, $P = 0,1837$).

Als Messgröße für die *in vitro* mitogeninduzierte Lymphozytenproliferation mit Hilfe von Concanavalin A (ConA), Lipopolysaccharid (LPS) und Pokeweed Mitogen (PWM), zur Bestimmung der Kapazität der zellvermittelten Immunität, diente der Proliferationsindex (siehe Kap. 2.3.5.2).

Für das vorrangig T-Zellen stimulierende ConA konnten über den gesamten Versuchszeitraum, bis auf die 13. LW, erhöhte Werte für die Versuchstiere festgestellt werden, die jedoch nur einmal, in der 9. LW, zu Beginn der Phase 2, signifikant ($t = -2,0$, $P < 0,05$) bzw. in der 19. LW am Ende der Phase 3, in der Tendenz signifikant waren ($t = -1,9$, $P = 0,07$). Insgesamt konnte ein signifikanter Unterschied zwischen den Tieren beider Gruppen nachgewiesen werden ($F_{1,85} = 5,47$, $P < 0,05$).

Für das vorrangig B-Zellen stimulierende LPS konnten, bis auf die Werte der Vorversuchsphase, über den gesamten Versuchszeitraum niedrigere Werte für die Versuchstiere als für die Kontrolltiere festgestellt werden. Signifikant niedrigere Werte für die Versuchstiere ergaben sich in der 9., der 11. und der 13. LW sowie in der 19. und der 20. LW. Insgesamt konnte ein signifikanter Unterschied zwischen den Tieren beider Gruppen festgestellt werden ($F_{1,46} = 12,04$, $P < 0,001$).

Bei der Stimulierung von Lymphozyten durch das T-Zellen abhängige B-Zellen-Mitogen PWM konnte zu keinem Zeitpunkt und damit auch insgesamt kein signifikanter Unterschied zwischen den Tieren beider Gruppen festgestellt werden ($F_{1,58} = 0,03$, $P = 0,87$).

Übersichten über die Ergebnisse der Lymphozytenproliferation zeigen Tabelle 9 und die Datensätze im Anhang (Tab. A 10-10.3).

Tab. 9: Ergebnisse der Lymphozytenproliferation.

Überblick über divergente Ergebnisse zwischen Versuchs- und Kontrolltieren der DG 1-7. ↑ = Werte der Versuchstiere höher als die der Kontrolltiere. ↓ = Werte der Versuchstiere niedriger als die der Kontrolltiere. Signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen: $P < 0,001 = ***$, $P < 0,01 = **$, $P < 0,05 = *$. LW = Lebenswoche, spontan = spontane Proliferation, LPS = Lipopolysaccharid, PWM = Pokeweed Mitogen, ConA = Concanavalin A.

	Vor-Phase	Phase 1	Phase 2		Phase 3				nach Biopsie
LW	6.	7.	9.	11.	13.	15.	17.	19.	20.
spontan			↑0.08	↑*	↑***				
LPS			↓*	↓**	↓***			↓*	↓**
PWM									
ConA	↑*		↑*					↑0.06	

3.6.3 Gesamteiweiß und Immunglobulin G (IgG)

Über den gesamten Versuchszeitraum zeigten alle Gruppen einen Anstieg der durchschnittlichen Gesamteiweißkonzentration im Blutserum (Daten im Anhang: Tab. A 11). Versuchs- und Kontrollgruppen unterschieden sich dabei signifikant ($F_{1,93} = 5,72$, $P < 0,05$).

Immunglobulin G (IgG) stellt mit 80 % die größte Immunglobulinfraktion im Serum von Schweinen dar (Bourne, 1976) und ist durch Konzentrationsveränderungen ein Einflussfaktor auf die Gesamteiweißkonzentration. Wie aus Abb. 22 und anhand der Daten im Anhang (Tab. A 11.1) zu entnehmen ist, zeigten sowohl die Tiere der Versuchs- als auch die der Kontrollgruppen über den gesamten Versuchszeitraum einen Anstieg der durchschnittlichen IgG-Werte im Blutserum. Beide Gruppen unterschieden sich dabei signifikant voneinander ($F_{1,93} = 15,14, P < 0,001$). In der Vorversuchsphase des Versuches unterschieden sich die Tiere beider Gruppen noch nicht voneinander, zeigten jedoch zu Beginn der Versuchsphase (Phase 1) eine Tendenz zur Unterschiedlichkeit ($t = -2,0, P = 0,06$) durch höhere Werte der Versuchstiere ($\bar{x} = 9,83 \pm 0,33$). Im weiteren Verlauf des Versuches (Phase 2) kristallisierte sich dieser Trend zu signifikanten Unterschieden zwischen den Versuchs- und den Kontrolltieren heraus, wobei die Mittelwerte der Versuchstiere stets über denen der Kontrolltiere lagen und in der 20. LW einen Wert von $\bar{x} = 9,83 \pm 0,33$ erreichten, der sich hoch signifikant von denen der Kontrolltiere unterschied ($t = -4,57, P < 0,001$).

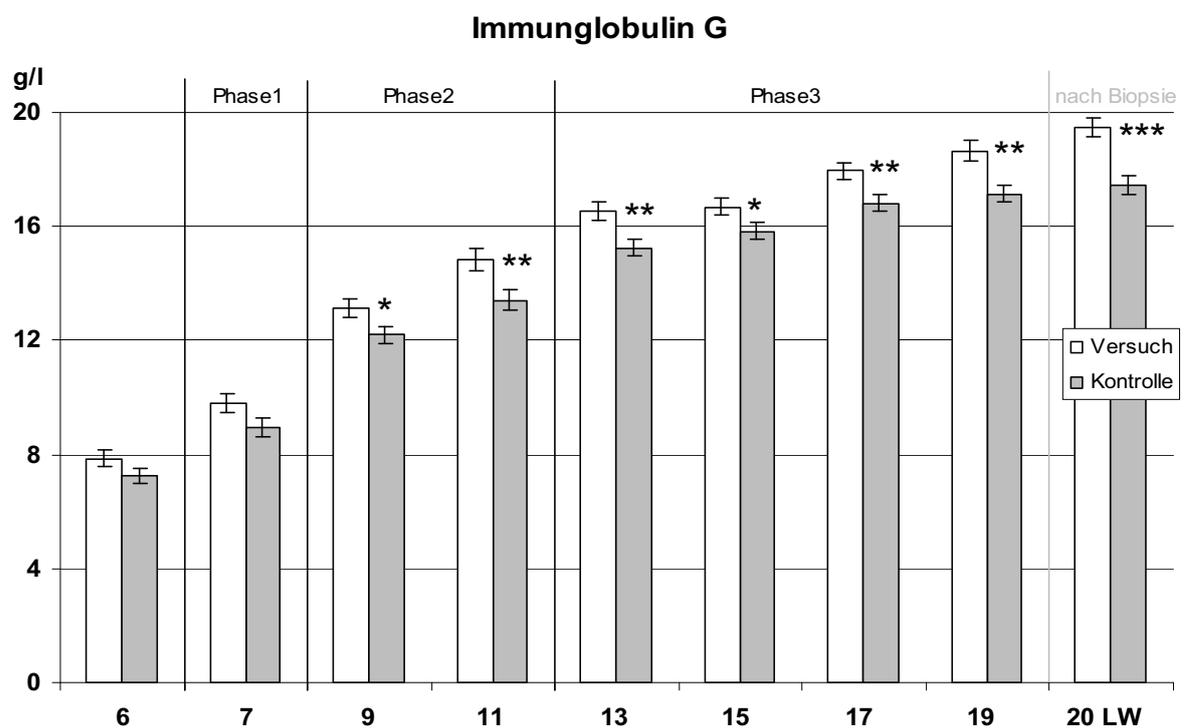


Abb. 22: Immunglobulin G (IgG)-Gehalt des Blutserums der Versuchs- und der Kontrolltiere.

Abgebildet werden die durchschnittlichen Werte in verschiedenen Lebenswochen, während der drei Phasen des Experiments (LSM \pm SEM). Signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen: $P < 0,001 = ***$, $P < 0,01 = **$, $P < 0,05 = *$.

3.7 Lebendmasse

Wie aus Abb. 23 und anhand der Daten im Anhang (Tab. A 12) zu entnehmen ist, konnte zu keiner Zeit ein signifikanter Unterschied zwischen den Tieren der Versuchs- und der Kontrollgruppen bei der mittleren Lebendmasse (bei gleicher Futteraufnahme) festgestellt werden ($F_{1,91} = 0,17$, $P = 0,68$).

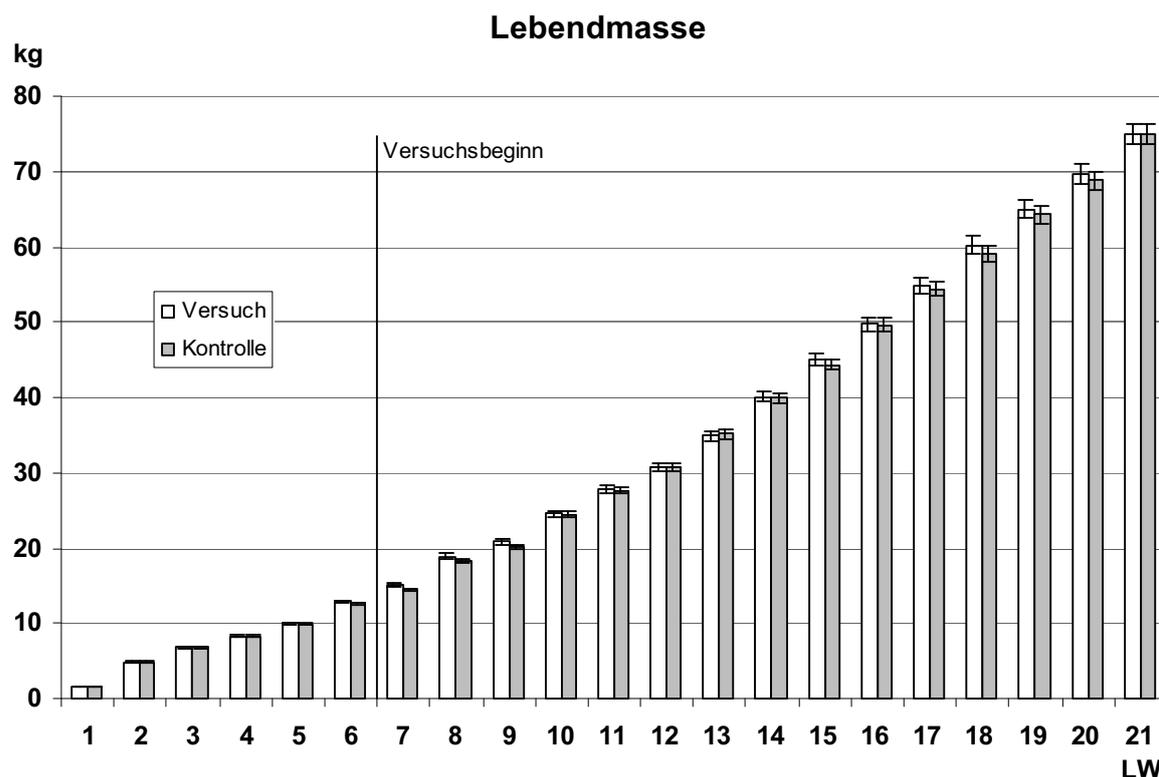


Abb. 23: Lebendmassen der Versuchs- und der Kontrolltiere.

Abgebildet werden die durchschnittlichen Werte aller Lebenswochen, während der drei Phasen des Experiments (LSM \pm SEM). Signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen: $P < 0,001 = ***$, $P < 0,01 = **$, $P < 0,05 = *$.

4 DISKUSSION

Die vorliegende Arbeit untersucht einen experimentellen Ansatz, wobei Haltungsgruppen von Schweinen die Möglichkeit geboten wurde, erfolgreiche kognitive Situationsbewältigung mittels kognitiver Herausforderungen an computergestützten Futterautomaten in operanten Lernsituationen zu erfahren. Als Kontrolle dienten Gruppen, die herkömmlich gefüttert wurden. Die Untersuchung von Erregungs- und Anpassungsreaktionen bei erfolgreicher Bewältigung von kognitiven Herausforderungen in Situationen positiver Lernerfahrung bietet einen Ansatz zur Einschätzung von möglichen positiven Auswirkungen auf Tiere in sozialen Verbänden. Zu diskutieren sind die experimentelle Umsetzung des theoretischen Konzepts, die beobachteten Veränderungen im Verhalten der Tiere und ihrer physiologischen Parameter.

4.1 Bewältigung der Aufgabe an den Ton-Schalter-Futterautomaten (TSF)

Die erstmalig eingesetzten TSF sind ein neu entwickeltes Haltungs- und Fütterungssystem für die Gruppenhaltung von Schweinen, experimentell konzipiert am Forschungsinstitut für die Biologie landwirtschaftlicher Nutztiere in Dummerstorf (Ernst et al. 2005). Die in mehreren Schritten aufgebaute Lernaufgabe bestand in der erfolgreichen Bedienung der TSF. Mittels Diskriminierung und Lokalisierung individueller akustischer Signale, die von den TSF innerhalb von 12-stündigen Futterzyklen zu unvorhersehbaren Zeiten ausgesendet wurden, wurde den Tieren signalisiert, an welchen der Automaten sie durch Betätigung eines Schalters eine Ration Futter erhalten konnten (ausführliche Beschreibung Kap. 2.2).

Die Resultate der vorliegenden Arbeit zeigen, dass in der Phase 1 die Anerkennung der TSF als Futterressource mit einer stabilen Futtermotivation einherging und alle Tiere innerhalb weniger Tage die positive Erfahrung des aktiven Erwerbs einer Futterbelohnung machten. Für die Versuchstiere stellten die belohnten eigeninitiierten Handlungen an den TSF eine Ressource dar, die nach Spruijt et al. (2001) eine Wiederholung des Verhaltens triggert und somit mehr auf die Wiederholung einer positiven Erfahrung denn auf den Futtererwerb zur Aufrechterhaltung der Homöostase abzielt. Die Nutzung der Automaten über ein zur Bedarfsdeckung notwendiges Maß hinaus ist ein Beleg dafür und lässt sich mit der „information primacy hypothesis“ erklären. Sie geht davon aus, dass eine Motivation zu Verhalten, welches die Unsicherheit/Ungewissheit der Umwelt reduziert, dauerhaft vorhanden ist und daher bisher unbekannte Stimuli attraktiv macht und diese Attraktivität

mit zunehmendem Hunger abnimmt (Talling et al. 2002). Dieses Verhalten scheint sich nach fünf Tagen abzuschwächen, wobei sich die Nutzung der Automaten auf das notwendige Maß reduziert. Es spiegelt so den nicht weiter ausbaubaren Informationszugewinn wider. Daher kann davon ausgegangen werden, dass der richtige Zeitpunkt gewählt wurde, um eine neue Aufgabe bzw. eine neue Herausforderung zu stellen, die Grundlage für erfolgreiches Coping ist.

Die Abnahme der durchschnittlichen Erfolgsraten zu Beginn der Phase 2 kann als normale Auswirkung eines Wissenstransfers interpretiert werden, bei der eine klassische Futter-/Signal-Assoziation in eine operante konditionierte Stimulus-/Reaktion-Assoziation übertragen wird. Die anfänglichen Erfolgsraten von fast 50 %, die weit über der Grenze der Zufälligkeit liegen (Zufallswahrscheinlichkeit 25 % bei vier Automaten bzw. 12,5 % bei acht verschiedenen Signalaufrufen), verdeutlicht, dass die Tiere, bei der notwendigen Auseinandersetzung mit den veränderten Umweltbedingungen für den Futtererwerb, auf die positiv besetzten Erfahrungen aus der Phase 1 zurückgreifen, wie auch in anderen Studien von Fiske und Potter (1979), Sappington und Goldman (1994) und Hanggi (1999) belegt wurde. Die weitere Entwicklung der durchschnittlichen Lernkurve entspricht den herkömmlichen Charakteristika von klassischen Lernkurven, wie sie auch in anderen futterbelohnten Situationen bei Schweinen zu finden ist (Puppe und Tuchscherer 1999) und verdeutlicht darüber hinaus die Fähigkeiten von Schweinen zu erfolgreichem akustischen Diskriminierungslernen und der Adaptation an neue Fütterungsbedingungen in Self-management-Systemen.

Die Einführung des Schalterdrückens in Phase 3 war eine Veränderung der Umweltbedingungen, die für die Schweine durch keine vorherige Lernerfahrung transferiert werden konnte, was sich in einer anfänglichen Erfolgsrate von nur annähernd 13 % widerspiegelt. Es ist zu bemerken, dass der Schalter bereits zu Beginn eines jeden Versuchsdurchgangs in den TSF vorhanden war, ohne jedoch, bis zu diesem Zeitpunkt, eine Bedeutung für deren Funktion gehabt zu haben. Obwohl von einer potenziell latenten Erfahrung in Bezug auf Anwesenheit und Betätigungsmöglichkeit des Schalters ausgegangen werden kann, ist jedoch das Erlernen der eigenen Handlungsrelevanz für die anfängliche Erfolgsrate verantwortlich zu machen. Die durchschnittliche Lernkurve zeigt im Gegensatz zu Phase 2 einen weniger steilen Anstieg, was damit zu erklären ist, dass nicht alleine die Handlung des Drückens erlernt werden musste, sondern die Abfolge einer ganzen Reaktionskette, in der sowohl die korrekte Ausführung als auch die zeitlichen Abhängigkeiten der Reihenfolge zu beachten waren (individuelle Signalerkennung –

Freigabe der TSF durch Transponderregistrierung bei Eintritt – Drücken des Schalters innerhalb eines Zeitfensters). Die hohen und stabilen Erfolgsraten auch nach Steigerung der „fixed ratios“ sowie nur durch die Einführung neuer Aufgaben maßgeblich beeinflusste Latenzen zeigen, dass Schweine keine Probleme mit der Identifizierung und Handhabung von neu auftretenden Umweltbedingungen und/oder Variablen haben. Durch den erfolgreichen Einsatz eines „fixed ratio“-Paradigmas wurde dem Anspruch Rechnung getragen, die „information primacy hypothesis“ (Talling et al. 2002) und das Phänomen „contra-freeloading“ (Inglis et al. 1997) in den Versuchsaufbau einzubetten. Die Tatsache, dass viele Tiere in unterschiedlichsten Situationen bereit sind, für ihr Futter Arbeit zu verrichten anstelle frei zugängliches zu konsumieren, wird damit begründet, dass der Informationszugewinn über ihre Futtersituation die Vorhersagbarkeit ihrer Umwelt steigert und somit dem Verhalten einen adaptiven Wert gibt (Forkman 1993). Es kann davon ausgegangen werden, dass in diesem Sinne die Erhöhung der Arbeitsleistung (Schalterdrücken) dazu beitrug, die Aufmerksamkeit sowie die Motivation gegenüber der Aufgabe aufrechtzuerhalten und die Lernkurve bei ca. 80 % Lernerfolg zu stabilisieren. Das verwendete Fütterungssystem lässt sich insofern auch als eine vor allem kognitive Bereicherung der Umwelt (cognitive enrichment) gegen Langeweile und Unterforderung interpretieren. Es erfüllt die Voraussetzung einer relevanten Ressource (Futter) und aktiviert von Natur aus veranlagtes Verhalten (Nahrungsaufnahme an unterschiedlichen, aber bekannten Orten, Nutzung der Rüsselscheibe vor der Nahrungsaufnahme, akustische Orientierung). Es erlaubt darüber hinaus allen Tieren die Nutzung des Objekts (individuelle, selektive Zugangsberechtigung) und überforderte kein Individuum in seinen kognitiven Fähigkeiten, wie von Young (2003b) und Shepherdson et al. (1998) gefordert. Dass umweltbedingte kognitive Herausforderungen bis zu einem gewissen Grad von jedem warmblütigen Tier mit Hilfe von Neugier, Aufmerksamkeit und Lernerfahrungen zu bewältigen sind, ist Voraussetzung für eine nicht angeborene Anpassungsleistung (Boissy et al. 2007) und kann nach Puppe (2003) als biologisches Potenzial für eine natürliche Verbesserung von Wohlbefinden und Gesundheit genutzt werden. Es ist mittlerweile bekannt, dass kognitive Prozesse, durch die Bewertung von Stimuli, Handlungen und Situationen, entscheidend an der Entstehung emotionaler Zustände bei Tieren beteiligt sind, die ihrerseits wiederum kognitive Handlungen beeinflussen (Paul et al. 2005). Insbesondere das Antizipieren eines positiven Ereignisses (in diesem Fall des Tones und der Futterbelohnung) kann als eine positive Emotion betrachtet werden (vgl. Spruijt et al. 2001,

Harding et al. 2004). Beweise für diese Annahme erfordern jedoch weitere Untersuchungen der beteiligten neurophysiologischen Mechanismen.

Die hier vorgestellten Ergebnisse der Lernaktivität entsprechen maßgeblich der Pilotstudie von Ernst et al. (2005) und zeigen die Wiederholbarkeit der Anpassungsleistungen in allen Gruppen. Die graduell erhöhten Anforderungen im Umgang mit den TSF führten dabei zu keiner dauerhaften Überforderung der Anpassungsleistung und es kann daher geschlussfolgert werden, dass psychobiologisch die Voraussetzungen für einen sich positiv auswirkenden Stress gegeben sind.

4.2 Ethologische Untersuchungen

Wie durch die Einschätzung der Lernergebnisse in Abschnitt 5.1 festgestellt wurde, erfüllt der experimentelle Ansatz allgemein anerkannte Postulate, wie z. B. belohnte Aktivität, Steuerbarkeit, Vorhersagbarkeit, positive Erfahrungen bzw. erfolgreiche Bewältigung von Herausforderungen, die zu positiven emotionalen Bewertungen beitragen und nach Paul et al. (2005) Einfluss auf das Verhalten haben. Als Konsequenz hieraus sollten messbare Effekte zwischen den Versuchs- und den Kontrolltieren nachweisbar sein, die darüber hinaus mit Literatur aus den Bereichen des „environmental enrichment“, „open-field-/novel-object“-Tests und der „information primacy hypothesis“ zu diskutieren sind.

4.2.1 Verhaltensbeobachtung

Die Ergebnisse der wöchentlichen Videoaufzeichnungen zur Klärung möglicher unterschiedlicher Zeitbudgets der Gruppen erlauben die Schlussfolgerung, dass die Versuchstiere aufgrund signifikant höherer Werte bei der Lokomotion bzw. aufgrund niedrigerer Werte beim Stehen und Liegen eindeutig aktiver sind als die Kontrolltiere. Als Grund für diese erhöhte lokomotorische Aktivität ist die Verteilung der Futterrationen auf mehrere kleine Portionen pro Tag anzusehen. Da jedoch kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen beim Trogaufenthalt nachgewiesen werden konnte, ist nicht das Fütterungssystem *per se* für die höhere Aktivität verantwortlich zu machen. Es zeigen sich zwar, gerade in den Anfangswochen, Unterschiede beim Aufenthalt im Trog zwischen den Gruppen, die jedoch nicht, wie bei Lewis (1999), auf Frustration der Versuchstiere zurückzuführen sind, belegt durch die Lern- und Latenzdaten (vgl. Kap. 3.1), sondern mit einer konkurrenzreduzierten und damit entspannteren Fütterungssituation erklärt werden können. Wahrscheinlich ist, dass das allgemein höhere Aktivitätsniveau durch eine

appetitive Informationssuche im Sinne der „information primacy“-Hypothese (Inglis et al. 1997, Talling et al. 2002), in Kombination mit einer anschließenden Belohnung dieses Verhaltens, verstärkend auf das Explorationsverhalten wirkte. Die Bedingungen hierfür, dass nur gesättigte Tiere Verhaltenselemente maximieren, die die Unvorhersehbarkeit der Umwelt reduzieren und damit Freiräume für die Exploration unbekannter Stimuli schaffen (Talling et al. 2002), sind aufgrund der Deckung des Futterbedarfes voll gegeben.

Betrachtet man die TSF als Objekte zur Umweltbereicherung (environmental enrichment), mit denen man neben einer Vielzahl von Zielen auch eine Erhöhung der Aktivität anstrebt, so lässt sich umfangreiche Vergleichsliteratur finden, die die hier gezeigten Ergebnisse stützen. So belegen die Daten von de Jong et al. (1998) ebenfalls höhere Werte beim Laufen und keine Unterschiede beim Stehen und Liegen bei Sauen in angereichten Wurfboxen im Gegensatz zu normal gehaltenen Tieren. Allgemein konnte eine vermehrte Aktivität bei Schweinen in angereicherten im Vergleich mit herkömmlich Haltungsumwelten auch von Bolhuis et al. 2005 u. 2006, Beattie et al. 1995 u. 2000a/b, Fraser et al. 1991 nachgewiesen werden. Die Motivation von Schweinen zu explorativem Verhalten ist auch bei Tieren in Intensivhaltung groß (Fraser und Broom 1997, van Putten und Dammers 1976, Wood-Gush und Vestergaard 1991), sodass eine Haltung, die dem Wohlbefinden Rechnung tragen will, dieses berücksichtigen sollte. Mit der Aufteilung der Futtermenge auf viele kleine über den Tag verteilte Portionen kommt das Fütterungsregime der hier vorgestellten Versuchsgruppen einer natürlichen Futteraufnahme von Wildschweinen nahe. Es zollt damit der Tatsache Tribut, dass Schweine unter seminaturalen Bedingungen einen Großteil ihrer aktiven Zeit mit Such- und Explorationsverhalten verbringen (Newberry und Wood-Gush 1988, Petersen 1994, Stolba und Wood-Gush 1989). Jedoch ist z. B. eine Freilandhaltung kein Garant für eine allgemein höhere Tagesaktivität von Schweinen (Guy et al. 2002). Darüber hinaus ist das Ziel von „environmental enrichment“ bei Labor- und Nutztieren nicht das Auslösen von Verhaltensweisen ihrer wildlebenden Artgenossen, sondern eine größere Auslebbarkeit ihrer Bedürfnisse in der von Menschen vorgegebenen Haltungsumwelt (Špinko 2006). Die Ergebnisse belegen, dass die Installation von TSF dieses ermöglicht und dass das Ausleben solcher Bedürfnisse als positiver Faktor auf die Gesundheit und das Verhalten der Tiere untersucht werden kann.

Das Auftreten von „belly nosing“ sowohl bei den Versuchs- als auch bei den Kontrolltieren, welches in der Literatur häufig als Verhaltensstörung oder unerwünschtes Verhalten im Zusammenhang mit vermindertem Wohlbefinden beschrieben wird (Straw und Bartlett

2001) und welches in extremen Fällen zu Hautnekrosen und Abszessen führen kann (Blackshaw 2003), soll hier näher betrachtet werden.

Die Zeit, die Schweine mit „belly nosing“-Aktivitäten verbringen, übersteigt nach Literaturangaben nur selten mehr als 2 % ihres gesamten Zeitbudget (Straw und Bartlett 2001). Die hier vorgestellten Ergebnisse, mit einem Maximalwert von 0,52 %, zeigen einen geringen Zeitanteil des „belly nosing“ an der Gesamtaktivität der Schweine. Trotzdem ließen sich signifikante Unterschiede zwischen den Versuchs- und den Kontrolltieren feststellen. Studien von van Putten und Dammers (1976), Lay et al. (2000) und Bolhuis et al. (2005) stützen darüber hinaus die Annahme, dass diese Verhaltensweise eher in reizarmen denn in komplexen Haltungsumwelten auftritt. Obwohl die kausale Motivation zur Ausführung von „belly nosing“ bisher noch nicht ursächlich geklärt ist (Gardner et al. 2001, Li und Gonyou 2002) und wahrscheinlich multidimensional ausgelöst werden kann, scheint die Annahme berechtigt, dass das vermehrte Auftreten dieses Verhaltens bei den Kontrolltieren eine Art umgeleitete Aktivität sein könnte, die fehlgelenkten motivationalen Prozessen zuzuschreiben ist. Fraser et al. (1991) vermuteten, dass sogar das positiv assoziierte „grooming“ zu einem Problem werden kann, wenn beim Fehlen von Beschäftigungsmaterial Schweine ihr Erkundungsverhalten auf die Körper von Artgenossen umorientieren. Darüber hinaus konnte „belly nosing“ eher mit einer sozialen denn mit einer Futter- und Wasseraufnahme assoziierten Interaktion in Verbindung gebracht werden (Li und Gonyou 2002). Geht man jedoch davon aus, dass „belly nosing“, in Situation von Frustration und/oder Stress, einen graduell erlernten Coping-Mechanismus darstellt (Gonyou et al. 1998), der auf positiv assoziierte Verhaltensweisen, wie z. B. „grooming“, Gesäugenachmassage oder „rooting“, zurückgeht, dann kann dieses Verhalten bis zu einem gewissen Grad zur Abschwächung und Entspannung von negativen Haltungsbedingungen beitragen. Ein Hinweis auf den positiven Einfluss von regelmäßigem „grooming“ auf die Homöostase von Schweinen findet sich in der Studie von Hansen (1999). Er konnte belegen, dass es zu einer starken Erhöhung der basalen parasympathischen Ruheaktivität bei Schweinen kommt, wenn sie einer regelmäßigen „grooming“-Situation ausgesetzt sind. Hieraus kann man folgern, dass das Auftreten von „belly nosing“ nicht grundsätzlich negativ, sondern anhand seiner Häufigkeit, Intensität und der damit verbundenen Auswirkungen zu bewerten ist. Für eine Beurteilung der hier vorgestellten Ergebnisse hieße das, dass das „belly nosing“ der Versuchstiere mit einem Zeitbudgetanteil von maximal nur 0,36 % eher als „grooming“ zu bewerten ist, welches auch bei Wildschweinen beobachtet werden kann (Meynhardt 1988) und per se kein unnatürliches Verhalten darstellt.

Möglicherweise sind die oralen Bedürfnisse der Schweine bereits zu einem großen Teil durch das Schalterdrücken erfüllt worden, so dass „belly nosing“ reduziert wurde. Die signifikant höheren Werte der Kontrolltiere hingegen weisen darauf hin, dass die Schweine sich in einer semioptimalen Haltungssituation befanden, in der es zu vermehrtem „grooming“/„belly nosing“ kam, um so kompensatorisch, durch eine Erhöhung der basalen parasympathischen Ruheaktivität, positiven Einfluss auf die Homöostase zu nehmen. Für die Überprüfung dieser Hypothese wären jedoch gezielte Versuche mit einer Aufzeichnung und Analyse der Herzfrequenzvariabilität notwendig, die jedoch im Rahmen dieser Arbeit nicht zur Fragestellung gehörten.

4.2.2 Verhaltenstests

Open-field-Tests werden seit langer Zeit dazu benutzt, die Verhaltensreaktionen von Schweinen unter standardisierten Bedingungen zu untersuchen (vgl. Beilharz und Cox 1967, Fraser 1974). Seit dieser Zeit hat eine Vielzahl von Studien bestätigt, dass allgemein gültige „open-field“- und „novel-object“-Beobachtungsparameter für Schweine indikativ sind. So ist z. B. Lokomotion eher mit Aktivität denn mit einer Angstreaktion verbunden (Andersen et al. 2000, Puppe et al. 1999) und eine verhaltensauslösende Erregbarkeit zeigt sich in vermehrter Vokalisation und häufigeren Fluchtversuchen (von Borell und Ladewig 1992). Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass es sich in den meisten Studien um Haltungssystemvergleiche bzw. Wirkungsstudien zum „environmental enrichment“ handelte, die kaum Bezug zu kognitiven Herausforderungen haben. Eine Interpretation der hier vorgestellten Ergebnisse kann daher zu Widersprüchen mit der einschlägigen Literatur für Nutztierethologie führen, und dennoch, wie auch Meehan und Mench (2007) diskutieren, einen Weg zur Verbesserung von Wohlbefinden bei Tieren aufzeigen.

So sind z. B. die sinkenden Werte der Lokomotion bei den Versuchstieren, die sich zudem deutlich von denen der Kontrolltiere unterscheiden, im Vergleich zu Studien von Wemelsfelder et al. (2000), Morrison et al. (2007), ein Hinweis auf Angst und Emotionalität, bzw. nach Andersen et al. (2000) auf verminderte Aktivität. Wie jedoch bereits diskutiert wurde, waren die Versuchstiere in ihrer herkömmlichen Haltungsumwelt in einem hohen Maß motiviert, ihre lokomotorische Aktivität zu erhöhen. Diese Gegensätzlichkeit lässt sich dadurch erklären, dass die Schweine in ihrer kognitiv bereicherten Haltungsumwelt gelernt hatten, ihr Appetenzverhalten mit deutlichen Umweltstimuli (in diesem Fall ein individueller Ton) zu assoziieren, also zielorientiertes Verhalten zu zeigen. Die Reduktion der lokomotorischen Aktivität in den artifiziellen

Testsituationen nach sechs und insbesondere nach zwölf Wochen kognitiver Aufgabenstellung hingegen kann dem Fehlen einer situationsbedingten, verhaltensauslösenden Assoziation zugeschrieben werden. In diesem Fall ist die Verringerung von scheinbar zielloser Aktivität eher als ein Beleg für die zunehmende Akzeptanz der Versuchstiere gegenüber artifiziellen Testsituationen zu deuten. Unterstützt wird diese Annahme durch die signifikant geringeren Werte der Versuchstiere bei Parametern, die mit Emotionalität in Verbindung gebracht werden, wie z. B. Exkretion und Fluchtversuchen (vgl. von Borell und Ladewig 1992). Ebenfalls können die signifikant geringeren Werte der Versuchstiere in Häufigkeit und Dauer von Vokalisation als Hinweis auf geringere Erregung gedeutet werden, wie es bereits Taylor und Friend (1987) taten. Da es sich bei der Vokalisation fast ausschließlich um Kontaktlauter handelte, kann darüber hinaus bei den Versuchstieren auf einen geringeren Bedarf an sozialer Unterstützung geschlossen werden, wie es auch de Jong et al. (2000) für Schweine in angereicherten Haltungsumwelten tat. Als einen weiteren Hinweis auf die vermehrte Handlungsbereitschaft der Versuchstiere kann die verminderte Häufigkeit des Stehens angesehen werden, wenn man das „Stehenbleiben“ als eine Unterbrechung der ansonsten durchgeführten Handlung betrachtet. Vergleichbare Ergebnisse in ähnlichen Situationen, die auf eine geringere Inaktivität aufgrund von bereicherten Haltungsumwelten schließen lassen, finden sich bei Beattie et al. (1995 u. 2000a/b) und Kelly et al. (2000).

Auch wenn die hier vorgestellten Ergebnisse nicht in allen Punkten mit denen in der Literatur übereinstimmen, so bieten diese doch einen Beleg dafür, dass erfolgreiche positive Erfahrungen bei Tieren in anhaltenden kognitiven Aufgabenstellungen dafür verantwortlich gemacht werden können, dass sich die Verhaltensreaktionen grundlegend gegenüber neuen emotionalen Herausforderungen ändern.

Die Auswertung des „novel-object“-Tests zeigt deutlich, dass sich die Versuchstiere länger mit einem unbekanntem Objekt beschäftigen und sich dieses Ergebnis mit zunehmender Versuchsdauer manifestiert, bis hin zu einem signifikanten Unterschied zwischen den Haltungsgruppen. Die Literatur bestätigt, dass Tiere aus ausgestalteten und angereicherten Haltungsumwelten eine deutlich höhere Akzeptanz gegenüber Unbekanntem haben als Tiere aus vergleichsweise reizarmen Lebensräumen (Beattie et al. 2000a, de Jong et al. 2000, Wemelsfelder et al. 2000).

Die Ergebnisse aus den artifiziellen Testsituationen zeigen, dass sowohl Erregungs- als auch Angstreaktionen bei den Versuchstieren zunehmend gemildert wurden. Dies ist offensichtlich auf die positive kognitive Bewertung ihrer Handlungsfähigkeit

zurückzuführen, die zuvor während der belohnten Aktivität von den Tieren erfahren wurde. Es lässt sich also annehmen, dass die Ergebnisse eine erfahrungsbedingte bessere Fähigkeit zur emotionalen Anpassung bei den Versuchstieren reflektieren. Diese Interpretation ist kompatibel mit der Meinung von Janczak et al. (2003), die davon ausgehen, dass bei jungen Schweinen das Verhalten durch simple Stimulus-Reaktions-Assoziationen kontrolliert wird und später unter die Kontrolle von mehr diskriminatorischen kognitiven Prozessen gestellt wird (vgl. Toates 2000).

Schlussfolgernd kann man feststellen, dass eine anhaltende Exposition gegenüber kognitiven Herausforderungen das Verhalten sowohl in der angereicherten/ausgestalteten Haltungsumwelt als auch außerhalb dieses Kontextes verändert und zwar in einer Art und Weise, die indikativ für ein verbessertes Wohlbefinden steht. Insofern liegt eine Übereinstimmung zwischen den vorgestellten Ergebnissen und den theoretischen Ansätzen von Spruijt et al. (2001) und Paul et al. (2005) vor, die die wichtige Rolle eines belohnenden Systems für das Wohlbefinden von Tieren betonen und die Nützlichkeit von kognitiv-emotionalen Verbindungen als eine Quelle der Information für tierische Emotionen und einen Grad an Wohlbefinden postulieren.

4.3 Speichelcortisol

Für eine Beurteilung, ob und in welchem Umfang die Fütterungs- bzw. Haltungsbedingungen für die Tiere eine Belastung darstellten, spielt neben Verhaltensbeobachtungen der Nachweis endokriner Stressparameter eine wichtige Rolle (Schönreiter et al. 1999). Dass hierbei die Analyse von Speichelcortisol viele Vorteile bietet, da es sich um eine nicht invasive und relativ störungsfreie Probenahme handelt, wurde in zahlreichen Studien belegt (Cook et al. 2000, Schönreiter et al. 1999). Ein Vergleich von Literaturdaten mit den hier gewonnenen Ergebnissen ist daher grundsätzlich möglich, auch wenn unterschiedliche Maßeinheiten Umrechnungen, z. B. nach Neuendorf und Seidel (1987), nötig machen.

In der Literatur werden erhöhte Cortisolkonzentrationen häufig mit chronischen Stressbedingungen assoziiert (Wiepkema und Koolhaas 1993, Moberg 2000). Bei Schweinen wurden z. B. vierundzwanzig Stunden nach der Kastration Werte von annähernd 27 nmol/l im Speichel gemessen (Schönreiter et al. 1999) und, abhängig von der Behandlung, bei der Schlachtung Werte von 7,62 bis 17,02 µg/100ml (Brown et al. 1998). In den hier vorgelegten Ergebnissen wurden zu keinem Zeitpunkt auch nur annähernd Werte

in dieser Höhe erreicht. Es handelt sich durchgehend um Werte im Basalbereich, so dass davon ausgegangen werden kann, dass die Gruppen keine sich langfristig negativ auswirkenden Stressreaktionen erfahren haben.

Die Cortisolwerte in der Vorphase liegen im Vergleich mit Basiswerten aus der Literatur, angegeben mit ca. 0,6 bis 4,5 ng/ml (Tuchscherer et al. 1998, de Jong et al. 1998, Lewis 1999, Schönreiter et al. 1999, Otten et al. 1999 u. 2004) im Toleranzbereich. Aufgrund der Altersabhängigkeit (de Jong et al. 2000), rasseabhängiger Unterschiede (Desautes et al. 1997 u. 1999, Sutherland et al. 2005) und der zirkadianen Rhythmik (Ekkel et al. 1996, Ruis et al. 1997) sind spezifischere Vergleiche mit den in der Literatur angegebenen Werten jedoch nicht exakt durchzuführen. Entscheidend ist daher, dass sich die Werte der Versuchs- und der Kontrolltiere in der Vorphase nicht signifikant voneinander unterscheiden.

Der signifikante Anstieg der Speichelcortisolwerte der Versuchs- und der Kontrollgruppen aus der Vorphase in Phase 1 scheint darauf hinzudeuten, dass es sich hier um eine Aktivierung der HPA-Achse handelt, die aufgrund der psychologischen Anspannung, durch das Erleben einer veränderten Umwelt, zu einer vermehrten Reaktionsbereitschaft führt. Es kann hierbei ausgeschlossen werden, dass in den Haltungsumwelten das vermehrte Raumangebot und eine hieraus resultierende vermehrte motorische Aktivität zu einem Anstieg des Cortisolspiegels führte, da zwischen den Zeitbudgets kein Unterschied nachgewiesen wurde. Ein Anstieg der Cortisolwerte aufgrund der alleinigen Ortsfremdheit, ähnlich einer „open-field“-Situation, ist ebenfalls unwahrscheinlich, da in solchen Testsituationen die Isolation den maßgeblichen Stressor darstellt (Schrader und Ladewig 1999, Ruis et al. 2001a), der jedoch bei der Umstallung ganzer Gruppen ausgeschlossen werden kann. Darüber hinaus ist belegt, dass Tiere bei Umstallung in Gruppen nur kurzfristig mit einem Anstieg der Speichelcortisolwerte reagieren, der nach ca. einer Stunde nahezu auf die Ausgangswerte zurückgeht (de Jong et al. 1998). Eine Erhöhung der Werte aufgrund des zunehmenden Alters ist ebenfalls unwahrscheinlich, da in Studien keine bzw. ein Abfall der durchschnittlichen Cortisolkonzentration bei Schweinen nachgewiesen wurde (Janssens et al. 1994, Ruis et al. 1997, Mormède et al. 2007). Durch dieses Ausschlussverfahren lässt sich folgern, dass vermutlich die Form der Fütterung einen entscheidenden Einfluss auf die Speichelcortisolwerte hatte. Der Anstieg in beiden Fütterungssystemen lässt sich jedoch auf unterschiedliche Weise erklären und begründet gleichzeitig deren signifikante Unterschiede. Während die Fütterung der Versuchstiere annähernd der bisherigen „at libitum“-Fütterung entsprach, war die Futterdarreichung der Kontrolltiere auf zwei Zeitpunkte beschränkt. Das heißt, dass die Kontrollgruppen trotz des

identischen Fressplatzverhältnisses und der gleichen Futtermenge zum Zeitpunkt der Darreichung vermutlich vermehrten Konflikten ausgesetzt waren und am Morgen vermutlich hungriger waren als die Versuchsgruppen. Konflikte und Hunger sind, der Literatur nach, als Stressoren einzustufen, die Cortisolniveaus deutlich erhöhen (Prunier et al. 1993, Booth et al. 1994, Otten et al. 1999 u. 2002). Im Gegensatz hierzu kann der erheblich geringere, aber dennoch signifikante Anstieg der Werte der Versuchsgruppen als ein weiterer Beleg dafür gewertet werden, dass auch bei angenehmen Erregungen und Erwartungen mit einer Erhöhung der Cortisolwerte zu rechnen ist, wie z. B. während der Paarung (Bishop et al. 1999) oder bei der Futteraufnahme (Mormède et al. 2007). Studien zum „environmental enrichment“ zeigen ebenfalls, dass die Auseinandersetzung mit einer veränderten/bereicherten Umwelt zu einer Erhöhung der durchschnittlichen Basiscortisolwerte führen kann (de Jong et al. 1998 u. 2000). Dies steht in keinem Widerspruch zu der Erkenntnis, dass „environmental enrichment“ dazu benutzt werden kann, haltungsbedingte negative Stressoren zu kompensieren und basiswertüberschreitende negative und/oder schädigende Cortisolniveaus wieder in den Bereich der Basiswerte abzusenken (vgl. Francis et al. 2002, Young 2003a). Entscheidend für die Niveaubildung sind dabei die Kontrolle und die Vorhersagbarkeit der Situation, wie Studien von Tuchscherer et al. (1998) und Otten et al. (1999) zeigen. Es kann daher in Erwägung gezogen werden, dass sich beide Gruppen zum Zeitpunkt der Probenahme, vor der Fütterung, in unterschiedlichen Bewertungs- und Erwartungshaltungen befanden, die nach Aussage von mehreren Autoren (Kirschbaum und Hellhammer 1989, Toates 2004, Nelson und Simmons 2004, Désiré et al. 2004, Mendel und Paul 2004, Harding et al. 2004, Paul et al. 2005) für die Ausbildung von Emotionen und einer damit möglichen Aktivierung der HPA-Achse ausschlaggebend sind.

Der signifikante Unterschied der Speichelcortisolwerte zwischen beiden Gruppen in Phase 2, der sich aus dem signifikanten Anstieg der Werte der Versuchstiere ergab, korreliert zeitlich mit der veränderten Aufgabenstellung für die Versuchstiere. Entscheidend ist, dass die Tiere der Versuchsgruppen keine Probleme bei der Bewältigung dieser Aufgabe zeigten, wie sich aus den Lerndaten ablesen lässt. Es kann daher in Erwägung gezogen werden, dass die erfolgreiche Bewältigung mit anschließender Belohnung einer bisher unbekanntem Aufgabe zu einer Aktivierung der HPA-Achse führt und so die Speichelcortisolwerte im Basalbereich erhöht. Diese Interpretation entspricht dem theoretischen Konzept, dass Tiere ihre Interaktionen mit der Umwelt, auf der Grundlage früherer und aktueller Erfahrungen, emotional interpretieren (Wiepkema und Koolhaas 1992). Hieraus lässt sich schlussfolgern,

dass die mögliche Kontrolle der Umwelt und eine erfolgreiche Bewältigung von Herausforderungen sich als Ressourcen für positive Emotionen darstellen (Dantzer 2002). Dies ist im Besonderen der Fall, wenn das Tier ein belohnendes Ergebnis erwarten kann (Spruijt et al. 2001).

Ein ähnlich zu erwartender Effekt zu Beginn der Phase 3 könnte durch die erheblich größeren kognitiven Anforderungen geschmälert worden sein, so dass sich hier kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen etabliert hat. Es ist jedoch wahrscheinlicher, dass bereits eine gewisse Adaptation gegenüber den sich ändernden Bedingungen des Futtererwerbs eintrat, ähnlich der Studie von Schrader und Ladewig (1999), in der wiederholte Exposition gegenüber gleichen oder homotypischen Stressoren in einer verminderten endokrinen Stressantwort resultierten. Exposition gegenüber einem neuen Stressor hingegen führt zu einem Anstieg der Stressreaktion, wie durch Armario et al. (1988) gezeigt wurde. Das nahezu gleich bleibende Speichelcortisolniveau der Kontrolltiere, im Zusammenhang mit den unveränderten Haltungs- und Fütterungssituationen, bekräftigt die Aussage, dass die Bewertung von Ereignissen eng mit emotionalen Zuständen verknüpft ist und physiologische Parameter beeinflusst. Eine Ausnahme bilden hier jedoch die in der 15. und der 16. LW durchgeführten Blutentnahmen mittels Oberkieferschlinge, die mit einem signifikanten Anstieg der Cortisolwerte in beiden Gruppen korreliert. Eine Kausalität zwischen beiden Ereignissen, basierend auf einer negativ emotional besetzten Assoziation, ist durchaus denkbar, führte jedoch zu keiner stabilen Konditionierung, da kein anhaltender Effekt in den nachfolgenden Probeentnahmen erkennbar ist. Auffällig ist jedoch, dass nur die Kontrolltiere mit einem signifikanten Anstieg des Cortisolwertes reagierten, ähnlich den Ergebnissen von de Jong et al. (1998). Hieraus kann geschlossen werden, dass die Versuchstiere von dem Ereignis, Blutentnahme mittels Oberkieferschlinge, weit weniger betroffen waren. Eine mögliche Erklärung hierfür ist die Theorie, dass die erlernte Handlungsfähigkeit gegenüber unbekanntem Umweltereignissen bzw. die Relativierung solcher Ereignisse mittels Bewältigung anderer Problemstellungen einen kompensatorischen Einfluss hat.

Trotz der hypothetischen Interpretation von Detailergebnissen lässt sich feststellen, dass die Veränderungen im Basisspeichelcortisolniveau ereigniskorreliert und erfahrungsbedingt beeinflusst waren (vgl. Henning 1998, de Jong et al. 2000). Für eine stringenter Interpretation wären jedoch ausgedehnte, zeitnahe, ereigniskorrelierte Probenahmen sinnvoll, um den Zusammenhang von Cortisolniveaus und erfolgreicher Bewältigung detaillierter darzulegen, wie z. B. bei de Jong et al. (1998). Darüber hinaus zeigt sich, wie in

dem Artikel von Schrader und Ladewig (1999), dass es sinnvoll wäre, weitere Stressparameter, wie z. B. Adrenalin oder Herzfrequenzvariabilität, zu messen, da verschiedene Stressreaktionen unterschiedliche temporale Muster und Größen ausbilden können.

4.4 Erkrankungen und Therapien

Für die Beurteilung von Wohlbefinden bei Tieren ist, nach der Definition des UK's Farm Animal Welfare Council (FAWC 2006), unter anderem einer von fünf Freiheitsgraden, die Abwesenheit von Schmerzen, Verletzungen und Krankheiten ausschlaggebend (Young 2003a). Aber gerade in Gruppenhaltung von Schweinen mit elektronischen Fütterungsstationen zeigen sich vermehrt Aggressionen und höhere Raten von Verletzungen (Broom et al. 1995, Botermans et al. 2000, Anil et al. 2004) aufgrund vermehrter Konkurrenz um scheinbar limitierte Ressourcen (Olsson et al. 1992, Anil et al. 2006). Ein solcher Effekt konnte für das hier vorgestellte TSF-Fütterungssystem nicht nachgewiesen werden. Dennoch kam es zu Unterschieden in der Morbidität zwischen den Versuchs- und den Kontrollgruppen. Anekdotisch beobachtete Verhaltensweisen des Flankenbeißen, die zu kutanen Hautläsionen führten, sind in Versuchsdurchgang 4 auffällig. Es ist jedoch unwahrscheinlich, dass es sich bei dem Versuchsaufbau um eine hoch konkurrenzbetonte Haltungsumwelt handelte, da nicht alle Versuchsdurchgänge betroffen waren und das Fressplatzverhältnis, welches Ressourcen bestimmend ist, sowohl in den Versuchs- als auch in den Kontrollgruppen gleich war. Zudem entspricht die Futterraufnahme einer Rotte in einem bestimmten Zeitfenster an verschiedenen Orten eher dem Fressverhalten von frei lebenden und/oder wilden Schweinen (Meynhardt 1988). Was die Tiere veranlasste, ihr Verhalten zu verändern, bleibt Spekulation. Es kann nur darauf hingewiesen werden, dass Tiere im Wettbewerb versuchen, Defizite zu kompensieren, indem sie ihr Verhalten ändern (Georgsson und Svendsen 2002) und dass beim Einsatz von „environmental enrichment“ viele Punkte (z. B. der Rang, die physische Stärke, die Geschicklichkeit, das Erinnerungsvermögen) die Nutzung beeinflussen und zu Veränderungen innerhalb einer Gruppe führen können (vgl. Shepherdson et al. 1998, Young 2003a/b). Eine weitere Abschirmung der Schweine im TSF hätte das Verdrängen vom Futter durch andere Tiere weiter vermindern können und damit auch das Verletzungsrisiko.

4.5 Wundheilung

Das hier vorgestellte Experiment wurde durchgeführt, um unter anderem die Hypothese zu überprüfen, ob erfolgreiches Handeln in einer herausfordernden Umwelt sich auf die Gesundheit von Schweinen auswirkt, wenn das Ergebnis der Handlung belohnend ist.

Hierzu wurde der Umstand ausgenutzt, dass Wunden, die aufgrund von Gewebeprobenentnahmen zur Fleischqualitätsbestimmung durch Schussbiopsien, welche in einer anderen Studie untersucht wurde (Fiedler et al. 2005), auf Anzeichen einer Wundinfektion hin untersucht werden konnten. Problematisch ist hierbei, dass klassische Entzündungserscheinungen, wie z. B. lokal begrenzte Schwellung, Rötung und Überwärmung des Wundbereiches, initial bei jeder Wunde auftreten und ein Unterschied zwischen normaler postoperativer Reizung und echter bakterieller Entzündung oft klinisch kaum wahrnehmbar ist (Förster 1985). Aus diesem Grund ist nach Hansis (1998) und Hansis und Arens (1999) weniger der aktuelle Zustand einer Wunde, sondern vielmehr der Verlauf der Wundheilung wesentlich. Die Autoren gehen davon aus, dass bei täglichem Rückgang der Entzündungserscheinungen mutmaßlich keine Infektion vorliegt. Ein unveränderter oder sich verschlechternder Lokalbefund stellt jedoch ein Alarmzeichen einer sich anbahnenden Infektion dar (Knapp 2003). Die hier präsentierten Ergebnisse der täglichen fotografisch dokumentierten Wundgebietsvermessungen können somit zur Beurteilung der Heilung in den verschiedenen Phasen herangezogen werden.

Zunächst lässt sich feststellen, dass bei Biopsiewunden von Sekundärwundheilungen ausgegangen werden muss, deren Heilungsprozesse langwieriger sind, da der Umfang der Gewebeentnahme ein Zusammenführen der Wundränder unmöglich macht und von einer Infizierung mit Keimen ausgegangen werden kann. Im Zuge einer Wundinfektion kommt es zu einer Verlängerung der inflammatorischen Phase, die sich klinisch in einer Verzögerung der Wundheilung niederschlägt (Hatz et al. 1993). Eine typische Reaktion dieser Phase ist die Rötung des umliegenden Gewebes, die im Allgemeinen mit einer Dauer von 0-4 Tagen angegeben wird. Die hier präsentierten Ergebnisse zeigen sowohl bei den Versuchs- als auch bei den Kontrolltieren alle Anzeichen einer drohenden Infizierung, die von Hansis und Arens (1999) als die Kontamination einer Wunde beschrieben wurde, bei der noch keine übermäßige Keimvermehrung eingetreten ist. Erst am fünften Tag nach der Biopsie scheint ein Gleichgewicht zwischen Immunabwehrmechanismen und Mikroorganismen eingetreten zu sein, welches nach Eavens (1991) für eine komplikationslose Abheilung von Wunden charakterisierend ist. Der weitere Verlauf der Wundheilung bei den Versuchsgruppen,

gekennzeichnet durch eine Verringerung der Wundfläche, entspricht damit dem normalen Verlauf einer Entzündungs- oder katabolen Phase sowie der beginnenden Proliferationsphase, die unter anderem durch Bildung von Granulationsgewebe mit Kollagen und Fibroblasten gekennzeichnet ist. Wobei die Kollagenbildung und die Kontraktionsfähigkeit der von Fibroblasten stammenden Myofibroblasten maßgeblich an der Wundkontraktion beteiligt sind. Im Gegensatz hierzu zeigte die Wundheilung der Kontrollgruppen eine erneute Vergrößerung der Wundfläche mit einem Maximum am siebten Tag nach der Biopsie. Dies ist als Hinweis auf eine sekundäre Infektion der Wunde zu deuten, wodurch ein Einsetzen der proliferativen Phase verzögert wird und somit auch die Verringerung der Wundfläche. Ähnliche Ergebnisse finden sich in Studien an Mäusen und Menschen. Sie belegen signifikant kürzere Wundheilungsflächen und -zeiten in den ersten fünf bzw. neun bis vierzehn Tagen nach einem Eingriff in psychisch unbelasteten Situationen mit deutlich mehr inflammatorischen Zellen (Kiecolt-Glaser et al. 1995, Marucha et al. 1998, Rojas et al. 2002). Darüber hinaus finden sich vergleichbare Ergebnisse in einer Studie von Ernst et al. (2003), die anhand von Blutparametern eine sekundäre Infektion bei Schweinen zwischen fünf und neun Tagen nach einer Biopsie beschreibt. Ein solches Zeitfenster ist abhängig von verschiedenen endogenen und exogenen Faktoren, wie z. B. Wundbeschaffenheit, Ernährungsstatus, vegetativ-nervösen Einflüssen, Keimspektrum und mechanischer Belastung (Sedlarik 1993). Letztgenanntes wurde auch in der Studie von Ernst et al. (2003) als orale Wundmanipulation beschrieben und als mögliche Ursache für einen gestörten Heilungsverlauf angenommen. Da auch in der vorliegenden Studie interaktive orale Manipulation der Wunden beobachtet werden konnte, wurde eine Verhaltensanalyse durchgeführt, die jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen den Versuchs- und den Kontrollgruppen ergab. Darüber hinaus belegt eine Studie an Ratten (Jahovic et al. 2004), dass das Wundlecken die Heilung von Brandwunden beschleunigt, aufgrund des im Speichel enthaltenen EGF (epidermal growth factor). Diese Tatsachen schließen jedoch nicht aus, dass die oralen Wundmanipulationen nicht doch keiminduzierend waren, wenn auch andere Faktoren für die Entzündungserscheinungen verantwortlich gemacht werden müssen, da die Infektionsentstehung ein polyfaktorielles Geschehen ist (Knapp 2003).

Ohne eine weitere Analyse von Immunparametern lässt sich also feststellen, dass die Kontrolltiere sensitiver für eine Sekundärinfektion waren bzw. die Wundheilungsprozesse bei den Schweinen verbessert waren, die einem belohnten aktiven Bewältigungsparadigma ausgesetzt waren. Diese Schlussfolgerung unterstützt die Aussagen, dass es einen Einfluss

von positiven psychologischen Zuständen auf die Gesundheit gibt (vgl. Edwards und Cooper 1988, Berk et al. 2001). Transient moderater Stress beeinflusst das Wohlbefinden nicht negativ, sondern fördert eher die Gesundheit, wohingegen sich wiederholender Distress die Immunkompetenz erheblich herabsetzen kann (von Borell 2000). In Anbetracht der Nachteile einer klinischen Beurteilung der Wundheilungssituation, die in der relativen Subjektivität begründet liegen, sollten in zukünftigen Studien, die mit dem hier vorgestellten Versuchsaufbau arbeiten, weitere Parameter, wie z. B. die IL-6-Aktivität im Blut, Lysozym-Aktivität und der Fibronektin Gehalt im Wundsekret sowie die Hydroxyprolin-Konzentration im Serum und im Urin, mit in Betracht gezogen werden. Klassische Parameter, wie die innere Körpertemperatur, die allgemeine Leukozytenzahl im Blut und die Blutsenkungsgeschwindigkeit erwiesen sich dagegen, nach Knapp (2003), als ungeeignet zur Objektivierung der Wundheilungssituation.

4.6 Blutuntersuchungen

Durch die Einführung von Ton-Schalter-Futterautomaten (TSF) in das Haltungssystem von heranwachsenden Schweinen als kognitive Umweltbereicherung wurde versucht, Bedingungen zu erfüllen, die regelmäßige Erfahrungen des Erfolges bei allen Tieren einer Gruppe hervorrufen. Damit sollte überprüft werden, ob erfolgreich bewältigte Herausforderungen unter anderem einen positiven Effekt auf die Immunität von Schweinen ausüben, ähnlich wie positive Emotionen beim Menschen (Cohen et al. 2003, Richman et al. 2005).

Anhand der Ergebnisse konnte jedoch keine nachhaltige Veränderung des Differentialblutbildes festgestellt werden und ein Vergleich der Werte mit Literaturdaten (Mattová und Buleca 1999, Oldigs et al. 1984) zeigt darüber hinaus keine außergewöhnlichen Abweichungen von den Normalwerten. Es konnte jedoch bei den Schweinen, die mit den TSF gefüttert wurden, ein signifikanter Anstieg der In-vitro-mitogeninduzierten-Lymphozytenproliferation durch das T-Zellen spezifische ConA nachgewiesen werden. Allerdings zeigte sich ein konträres Bild hinsichtlich der LPS stimulierten B-Zell-Proliferation, durch erheblich niedrigere Werte der Versuchstiere. Trotz der verringerten In-vitro-B-Zell-Proliferation zeigte sich ein signifikanter Anstieg bei den Versuchstieren in Bezug auf die Reaktivität des Immunsystems bezüglich der IgG-Antikörper mit Beginn der Phase 2 bis zum Ende des Experiments. In dieser Zeit hatten die Tiere die volle Kompetenz gewonnen, um mit der Herausforderung fertig zu werden, zu

unbestimmten Zeiten zu einem TSF gerufen zu werden, der ihr individuelles akustisches Signal aussendete. Da die Tiere erwarten konnten, innerhalb einer festgelegten Fütterungsperiode aufgerufen zu werden, war die Unvoraussagbarkeit des Aufrufs moderat und erfüllte folglich die Kriterien einer positiven Herausforderung, wie von Désiré et al. (2002) vorgeschlagen wurde.

Punktuell auftretende signifikante Unterschiede in allen erhobenen immunologischen Parametern sollen hier nicht weiter diskutiert werden, auch wenn sie zu Spekulationen einer zeit-/situationsbedingten Abhängigkeit verleiten, da der Versuchsaufbau nicht darauf ausgerichtet war, Interventionsansätze im Sinne von kurz und mittelfristigen Stressabhängigkeiten zu untersuchen, wie es z. B. McGlone et al. (1993), Hessing et al. (1995), Magnuson et al. (1998) und Ruis et al. (2001b) taten. Prinzipiell ist die Anlage jedoch für solche Untersuchungen geeignet und könnte erste wertvolle Daten zu Auswirkungen positiver kurzfristiger Stressabhängigkeiten beim Schwein liefern. Des Weiteren sind veränderliche Immunparameter im Zusammenhang mit Gesundheit und Wohlbefinden nicht leicht zu interpretieren und die Bedeutung von gestiegenen oder verringerten Werten ist ambivalent (Vedhara et al. 1999, Adamo 2004). Darüber hinaus sind weder die durch Kombination aus Stress, Coping und Kognition ausgelösten Modulationen im Immunsystem theoretisch gut verstanden noch konstant, wenn sie denn überhaupt auftreten. Immunreaktionen sind von einer Vielzahl von verschiedenen Parametern, wie Coping-Stil, Aufstallung, Grad der Umweltbereicherung und getesteten Parametern, abhängig. Bei Schweinen stellte man fest, dass Bewältigungsstile und Aufstallung (Einzel- gegen Gruppenhaltung) nach der Immunisierung mit KLH keine Veränderungen von zellulären oder humoralen Immunantworten auslösten (Geverink et al. 2004), während in der Studie von Bolhuis et al. (2003) Aufstallung (Tiefeinstreu gegen Betonboden) und Bewältigungsstil in ihrem Einfluss auf die spezifische KLH-Reaktion interagierten und bedeutende Einflüsse ausübten. In einer anderen Studie von de Groot et al. (2000) zeigte sich durch Stroh-Bereicherung kein Effekt auf die von ConA stimulierte Proliferation gereinigter Lymphozyten, tat dieses aber in Vollblutproben. Darüber hinaus war der Effekt zeitabhängig. Während in den ersten zwei Tagen der Kultur die Proliferation der Leukozyten von herkömmlich gehaltenen Tieren höher war, zeigte sich am vierten Tag ein konträres Ergebnis. Zeitabhängigkeiten zeigen sich auch in anderen Parametern. Die Analyse des Differenzialblutbildes von bereicherten und herkömmlich gehaltenen Schweinen über einen längeren Zeitraum zeigte keine Unterschiede (de Groot et al. 2000), im Gegensatz zu einer sozialen Umweltbereicherung nach einem kurzzeitigen Stressor (Ruis

et al. 2001b). In Studien von Marashi et al. (2003 u. 2004) zeigten aggressive männliche Mäuse in bereicherten Umwelten im Vergleich zu standardisiert gehaltenen Tieren reduzierte zelluläre und humorale Immunniveaus (bis auf IgG2/IgG1), wahrscheinlich aufgrund einer höheren Rate an agonistischen Auseinandersetzungen und trotz gesteigertem Spielverhalten. Im Kontrast hierzu zeigten nicht aggressive Männchen keine Unterschiede in den meisten Immunparametern. In einer anderen Studie mit Mäusen allerdings resultierten Umweltbereicherungen in einer Abnahme der Angst und steigerten die NK-Zellen-Aktivität (Benaroya-Milshtein et al. 2004). In dem Versuchsansatz von Kingston und Hoffman-Goetz (1996) zeigte sich bei Mäusen kein Einfluss des Enrichments oder Stress auf die totale T-Zellzahl. Aber die Daten zeigten, dass Tiere ohne Bereicherung oder nach Stresssituationen eine höhere Proliferationsrate gegenüber ConA hatten, als Tiere mit Bereicherung oder ohne Stress. Interessant ist in Bezug auf die Interaktion zwischen Enrichment und Stress, dass in einem ungestressten Zustand Umweltbereicherungen wenig Auswirkung auf die durch ConA ausgelöste Lymphozytenmitogenese hatten, im Gegensatz zu Tieren aus gleicher Haltung nach einem Stressor, die Proliferationsraten ähnlich nicht gestresster Tiere zeigten. Die Autoren schließen daraus, dass Umweltbereicherung im Sinne von positivem oder Eu-Stress eher distal und indirekt als Puffer auf Regelkreisläufe fungiert bzw. die Reaktivität des Immunsystems auf einen Disstress dämpft. Wenn Enrichment als Modulator auf die Reaktivität des Immunsystems wirkt, dann könnte man erwarten, dass Tiere in bereicherten Umwelten weniger variable oder besser regulierte oder eine schnellere Erholung der Immunreaktionen und damit der Wiederherstellung von Ausgangsniveaus bzw. der Homöostase zeigen. Ansatzweise wurde diese Hypothese in dem hier vorgestellten Versuch mit der Analyse von Wundheilungsparametern überprüft und diskutiert (siehe Kap. 4.5).

4.7 Lebendmasse

Stressoren wie das Neugruppieren von sich unbekanntem Tieren oder das Limitieren einer Ressource können zu substantiellen Wachstumsdepressionen führen (von Borell 1995), wobei das Versagen oder Schwierigkeiten bei der Bewältigung der Stressoren zu reduziertem Wohlbefinden führen kann, was mit Hilfe von Indikatoren, wie z. B. schwächeres Wachstum, gemessen werden kann (Broom 1991, Broom und Johnson 1993). Ein Vergleich der Lebendmasse kann daher zur Beurteilung verschiedener Fütterungs- und Haltungsbedingungen beitragen, wie Beispiele von Beattie et al. (1995), Nielsen et al.

(1995), Lewis (1999), Morrison et al. (2003) und Rodarte et al. (2004) belegen. Bei der Berechnung der hier vorgestellten Lebendmassedaten wurde darauf verzichtet, einen Futtermittelnutzungskoeffizienten zu kalkulieren, da nur für die Versuchstiere eine individuelle Futtermittelaufnahme registriert werden konnte. Da die Kontrolltiere jedoch die gleichen Futtermittelmengen wie die Versuchstiere erhielten, ist die Konvertierung von Futter in Lebendmasse in den dargestellten Ergebnissen enthalten. Es wird damit belegt, dass bei gleicher Futtermittelauf- und Gewichtszunahme der Versuchs- und der Kontrolltiere keine negativen Folgen bei der Futtermittelnutzung in den Versuchsgruppen auftraten, die durch eine Bewältigung von Stress induzierenden Situationen hätten verursacht werden können.

Es bleibt zu diskutieren, ob bei den Versuchstieren mit einer Beeinflussung der Leistung, aufgrund von erhöhter Aktivität, „environmental enrichment“ oder forciertem Futtermittelaufnahmeverhalten, hätte gerechnet werden müssen. Ein negativer Einfluss auf die Zunahme der Versuchstiere durch höhere Aktivität kann aufgrund von Literaturdaten aus Studien von Hale et al. (1984), Lewis et al. (1989), Enfält et al. (1993), Beattie et al. (1995) und Gentry et al. (2002) ausgeschlossen werden. Inwieweit „environmental enrichment“ die Gewichtsentwicklung beeinflussen kann, wird in der Literatur widersprüchlich dokumentiert. Broom und Johnson (1993) zitieren in ihrem Buch drei Arbeiten, bei denen eine komplexere Umwelt die Gewichtszunahme steigerte. Und auch Rodarte et al. (2004) belegt ein besseres Wachstum bei Schweinen aus bereicherten Haltungsumwelten. Im Gegensatz hierzu konnten Gonyou et al. (1986), Beattie et al. (1995) und de Jong et al. (1998) keine Unterschiede zwischen herkömmlichen und bereicherten Haltungsumwelten finden, in Übereinstimmung mit den hier vorgestellten Daten. Modifikationen im Futtermittelaufnahmeverhalten sind assoziiert mit Veränderungen in der Futtermittelkonvertierungsrate und der Fetteinlagerung (Morrison et al. 2003). In der Fachliteratur gibt es Hinweise darauf, dass kürzere, aber höherfrequente Futterereignisse effizienter sind in der Ausbeutung von Nahrung, im Gegensatz zu längeren, aber selteneren Futterereignissen, und somit eine Lebendmassezunahme fördern. Die Muster bei der Futtermittelaufnahme und die Gewichtsentwicklung können in Beziehung zu einer Reihe von metabolischen Vorgängen gesehen werden, z. B. der Zusammenhang zwischen Verdaulichkeit und Nutzung von Energie und Nährstoffen (de Haer 1992). Schweine, die kürzere und häufigere Futtermittelaufnahmen zeigen, haben einen kontinuierlicheren Durchfluss bei der Verdauung durch den Darm (Ruckebusch und Bueno 1976), resultierend aus einem höheren Ausstoß an Enzymen aus dem Pankreas (Botermans et al. 2000). Mittels einer gesteigerten Produktion von Amylase zur Aufspaltung von Kohlenhydraten und einem Rückgang der Lipase zur

Spaltung von Fetten (Hee et al. 1988) wird die Verfügbarkeit von Aminosäuren für Wachstum und Fetteinlagerung beeinflusst (Batterham und Bayley 1989). Diese Veränderungen im metabolischen Ablauf, aufgrund des vorgegebenen Fütterungsregimes, hätten auch die Versuchstiergruppen beeinflussen können. Es wurde jedoch kein signifikanter Unterschied zu den Kontrolltieren in der Schlachtleistung festgestellt. Unterschiede zeigten sich jedoch in geringen, aber messbaren Veränderungen einiger muskelphysiologischer Parameter des Kotelettmuskels trotz gleichen Muskelfleischanteils. Im *M. Longissimus* der Versuchsgruppen war im Vergleich zu dem der Kontrollgruppe der intramuskuläre Fettgehalt um 0,2 % niedriger und der Proteingehalt um 0,5 % erhöht. Positive Auswirkungen zeigten sich auch im Dripverlust, der bei den Versuchstieren um 1,1 % geringer war als bei den Kontrolltieren. Zusätzlich ergab die Analyse der Muskelfasermerkmale im Biopat bei den Versuchstieren einen um 7 % erhöhten Anteil an oxidativen Muskelfasern mit tendenziell vergrößerter Faserquerschnittsfläche. Die Befunde sprechen für eine Erhöhung der oxidativen Kapazität des Muskels, eine leichte Verbesserung der Fleischqualität und lassen sich bei Fiedler et al. (2005) nachlesen.

4.8 Zusammenfassende Diskussion und Schlussfolgerungen

Die Resultate der vorliegenden Arbeit zeigen, dass alle Tiere die gestellten Anforderungen bewältigten, um ihre individuelle Futtermittellieferung, die gleichzeitig als Belohnung fungierte, zu gewährleisten. Darüber hinaus lernten die Schweine die Aufrufe anderer Tiere weitestgehend zu ignorieren, indem durch zeitlich und örtlich getrennte individuelle Aufrufe im experimentellen Ansatz kompetitive Auseinandersetzungen verhindert wurden. Die Anforderungen wurden bewusst so gesetzt, dass sie graduell erhöht werden konnten, ohne die Tiere dauerhaft in ihrer Anpassungsleistung zu überfordern. Das zeigt sich in den nur kurzfristig erhöhten Speichelcortisolwerten der Versuchstiere während der lernintensiven 2. Phase, die sich jedoch in der gesamten 3. Phase (in der alle Versuchstiere die Apparatur bedienen konnten) nicht mehr von denen der Kontrolltiere unterschieden, trotz steigender Arbeitsleistung. Es scheint somit die Voraussetzung für einen Zustand positiven Stresses (Eustress) gegeben zu sein. Die Ergebnisse der Verhaltensbeobachtungen und -tests unterstützen dies und weisen für die Versuchstiere in Richtung einer aktiveren, explorativeren und weniger ängstlichen Situations-/Stressbewältigung. Von daher ist der Versuchsaufbau mit dem neu entwickelten Fütterungsregime auch als eine kognitive Bereicherung der Umwelt gegen Langeweile und Unterforderung zu interpretieren. Es ist

mittlerweile bekannt, dass kognitive Prozesse über die Bewertung von Stimuli, Situationen und Handlungen entscheidend an der Entstehung emotionaler Zustände auch bei Tieren beteiligt sind, die ihrerseits wiederum kognitive Handlungen beeinflussen (Paul et al. 2005, Meehan und Mench 2007, Puppe et al. 2007). Insbesondere das Vorwegnehmen eines positiven Ereignisses, hier z. B. die Gewissheit des Aufrufes mit anschließender Belohnung der eigenen Handlung, könnte als eine positive Emotion betrachtet werden (vgl. Spruijt et al. 2001, Harding et al. 2004). Noch ausstehende Untersuchungen der beteiligten neurophysiologischen Mechanismen müssten dies jedoch bestätigen.

Die vorgelegten physiologischen Ergebnisse weisen darauf hin, dass insgesamt eine potenzielle Gesundheitsverbesserung bei den Versuchstieren auftrat. Deutlich zeigt sich dies vor allem bei der Wundheilung, die bei den Versuchstieren signifikant besser verlief. Auch die durchweg höheren IgG-Werte könnte man in diese Richtung interpretieren. Es ist insbesondere aus Humanstudien bekannt, dass Stress und negative emotionale Zustände unter anderem direkt und indirekt immunphysiologische Prozesse beeinflussen und damit ein Risiko für die Gesundheit darstellen können (Kiecolt-Glaser et al. 2002). Im Umkehrschluss dazu gibt es Belege, dass positive Emotionen eine schützende Rolle in der Entstehung von Krankheiten beim Menschen spielen können (Richman et al. 2005).

Es ist daher nahe liegend, dass auch bei Tieren bewertungsabhängige Emotionen als konzeptionell wichtig für die Ausbildung von Wohlbefinden und Gesundheit angesehen werden (Désiré et al. 2002, Meehan und Mench 2007). So konnte z. B. bei Schweinen gezeigt werden, dass ranghohe Tiere verbesserte Immunreaktionen (Tuchscherer et al. 1998) und eine geringere Krankheitsanfälligkeit (Hessing et al. 1994a) im Vergleich zu ihren rangniederen Gruppenmitgliedern hatten. Allerdings scheinen Art und Dauer der Stresssituation und die mögliche Anpassung an die Situation ebenfalls eine wichtige Rolle zu spielen, so dass interpretative Verallgemeinerungen wenig zweckmäßig scheinen.

Die Futterkonvertierungsrate der Versuchstiere, aufgezeichnet durch die Lebendmasseentwicklung, war trotz höherer körperlicher Aktivität, aber gleicher Futtermenge nicht verschlechtert. Darüber hinaus zeigte sich in einer dieser Studie angeschlossenen Untersuchung eine leicht verbesserte Fleischqualität der Versuchstiere nach der Schlachtung, die sich in einem geringeren Dripverlust und einem höheren Anteil oxydativer Muskelfasern zeigte (Fiedler et al. 2005).

Insgesamt lässt sich feststellen, dass die vorliegende Arbeit einen experimentellen Ansatz vorstellt, der allen Schweinen einer Haltungsgruppe die Möglichkeit auf eine erfolgreiche kognitive Situationsbewältigung mit Hilfe von Futterbelohnung ermöglicht. Hieraus lässt

sich ableiten, dass der selbstbestimmte Umgang mit Haltungs- und Fütterungstechnik von intensiv gehaltenen Nutztieren (self-management systems) exzellente Möglichkeiten bietet, kognitives Enrichment in die Haltungsumwelt einzubinden, mit dem Ziel des verbesserten Wohlbefindens und einer tiergerechteren Haltung.

Dies muss jedoch für die jeweilige Tierart über adäquate sensorische Kanäle erfolgen, so dass das Lernverhalten, die Aufmerksamkeit und die Aktivität der Tiere stimuliert werden.

Vor dem Hintergrund der aus Tierschutzgründen gestellten Forderungen, z. B. nach entsprechenden Formen der Gruppenhaltung (EU-Richtlinie 2001/88/EG), wird ein intelligentes Verhaltensmanagement in der Nutz- und Zootierhaltung zunehmend wichtiger und kann, wie diese Studie zeigt, auch praktisch umgesetzt werden, mit möglichen Konsequenzen für zukünftige Haltungssysteme.

5 ZUSAMMENFASSUNG

In modernen intensiven Haltungssystemen zeigt sich für Tiere eine steigende Tendenz, mit technischen Ausstattungen interagieren zu müssen. Die sich hieraus ergebenden kognitiven Herausforderungen müssen jedoch erfolgreich bewältigt werden und eine Anpassung erlauben. Überlegt gestaltete Tier-Technik-Interaktionen bieten das Potenzial, erfolgreiche Stressbewältigung als Ressource für positive Gefühle zu nutzen, um verbesserte psychische und physische Befindlichkeiten bei Tieren auszulösen, die Grundlage für Gesundheit und Wohlbefinden sind.

Mit diesem Ziel wurde ein computergesteuertes Fütterungssystem („Ton-Schalter-Futterautomaten“, TSF) entwickelt, bei dem die Schweine, die in Gruppen gehalten wurden, individuell über ein komplexes akustisches und operantes Konditionierungsparadigma mit Futter belohnt wurden. Es wurden sieben Versuchsgruppen zu je acht Tieren von der 7. bis zur 20. Lebenswoche über drei verschiedene Lernphasen (1. Ton-Futter-Assoziation, 2. Ton-TSF-Diskriminierung, 3. operante Arbeitsphase) nacheinander untersucht und jeweils mit konventionell gefütterten Wurfgeschwistergruppen (Kontrolltiere) verglichen.

Alle Versuchstiere lernten, die gestellten Anforderungen zu bewältigen, so dass sie ab der Arbeitsphase stressphysiologisch adaptiert waren. Im Vergleich zu den Kontrolltieren waren sie lokomotorisch aktiver und zeigten weniger orale Verhaltensauffälligkeiten (belly nosing). Standardisierte Verhaltenstests ergaben darüber hinaus eine allmähliche Änderung des Verhaltens in Richtung einer Erregungsreduktion im „open field“ und einer höheren Toleranz gegenüber unbekanntem Objekten. Es konnten keine Unterschiede in der basalen Speichelcortisol-Konzentration festgestellt werden. Bei gleicher Lebendmasseentwicklung hatten die Versuchstiere ab der Assoziationsphase durchweg höhere Werte an IgG und eine gesteigerte In-vitro-T-Zellen-Proliferation gegenüber ConA, im Gegensatz zu einer reduzierten LPS-induzierten-B-Zellen-Proliferation. Der Verlauf der Wundheilung, nach einer Muskelbiopsie am Ende der Arbeitsphase, war ebenfalls verbessert.

Zusammenfassend lässt sich schlussfolgern, dass das vorgestellte Fütterungssystem eine Umweltbereicherung und positive kognitive Herausforderung für die Tiere darstellt, die sich durch wiederholt positive Bestätigung und Belohnung vorteilhaft auf das Verhalten und die Gesundheit der Schweine auswirken.

6 SUMMARY

In modern intensive husbandry systems there is an increasing tendency for animals to interact with technical equipment. Nevertheless, the cognitive challenges resulting out of this must be mastered successfully and permit an adaptation. Well considered and designed animal technology interactions offer the potential of successful coping as a resource for positive feelings to be of use to release improved psychic and physical conditions in animals, which are a basis for health and well-being.

In order to achieve this goal a computer-controlled feeding system (“call feeding station”) was developed where individual pigs out of group were food-rewarded by a complex acoustic and operant conditioning paradigm. Altogether, seven experimental groups with eight animals each, from 7th to 20th live week were successively analysed during three different learning phases (1. sound-food association, 2. sound-feeding station discrimination, 3. operant working phase) and compared to equal sibling groups (control animals).

All experimental pigs successfully learned the assigned tasks and from the beginning of the operant working phases they were physiologically adapted in their stress response. Compared to the control animals they were more locomotor active and showed less oral behavioural problems (belly nosing). Moreover, standardized behavioural tests showed a gradual alteration of the experimental pigs towards a reduced excitement in the open field and an increased tolerance towards novel objects. There was no difference in basal salivary cortisol concentrations between both groups and they had an equal live weight development. Since association phase the experimental animals had continued higher levels of IgG and enhanced in vitro T-cell proliferation to ConA in opposite to reduced LPS-induced proliferation of B-Cells. Also the progression of wound healing after muscle-shoot-biopsy at the end of the operant working phase was improved.

In conclusion, the present feeding system may be posed as a positive cognitive challenge and an environmental enrichment which has beneficial effects on behaviour and health by repeating positive confirmation and reward.

7 PUBLIKATIONEN BASIEREND AUF DEM FORSCHUNGSPROJEKT

7.1 Nationale und internationale Veröffentlichungen

Ernst K, Puppe B, Tuchscherer M, Schoppmeyer A, Manteuffel G, (2003):
Effects of muscle shot biopsy on components of humoral and cellular immunity in pigs.
Deutsche tierärztliche Wochenschrift 109:11-14.

Ernst K, Puppe B, Schön PC, Manteuffel G, (2005):
A complex automatic feeding system for pigs aimed to induce successful behavioural coping by cognitive adaptation.
Applied Animal Behaviour Science 91:205-218.

Fiedler I, Küchenmeister U, Ender K, Haider W, Ernst K, Puppe B, Manteuffel G, (2005):
Reaktion der Muskulatur auf eine stimulierende Haltung – Befunde am Kotelettmuskel (M. longissimus) von Landrasse-Schweinen.
Deutsche Tierärztliche Wochenschrift 112(10):363-368.

Ernst K, Tuchscherer M, Kanitz E, Puppe B, Manteuffel G, (2006):
Effects of attention and rewarded activity on immune parameters and woundhealing in pigs.
Physiology and Behavior 89:448-456.

Puppe B, Ernst K, Schön PC, Manteuffel G, (2007):
Cognitive enrichment affects behavioural reactivity in domestic pigs.
Applied Animal Behaviour Science 105(1-3):75-86

7.2 Kongress- und Tagungsbeiträge

Küchenmeister U, Puppe B, Ernst K, Manteuffel G, (2002):
Effect of eustress on muscle and meat characteristics in pigs.
Journal of Muscle Research and Cell Motility 23(1):23.

Ernst K, Puppe B, Schön PC, Manteuffel G, (2004):
Induced successful coping behaviour to study the impact of positive stress.
In: Advances in Ethology 38, *Supplements to Ethology*, Voigt C, Hofer H, eds. Blackwell Verlag: Berlin, Germany, p. 38.

Ernst K, Puppe B, Schön PC, Manteuffel G, (2004):
A complex feeding system aimed to induce successful behavioural coping.
In: Proceedings of the 38th international congress of the ISAE, Hänninen L, Valros A, eds. International Society for Applied Ethology (ISAE): Helsinki, Finland, p. 153.

Puppe B, Ernst K, Schön PC, Manteuffel G, (2005):
Aufmerksamkeit, Aktivität und positive kognitive Bewertung beim Futtererwerb von Schweinen – experimenteller Ansatz und Effekte auf Verhalten und Gesundheit.
KTBL-Schriften, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V.(KTBL) 441:21-30.

8 LITERATURVERZEICHNIS

Adamo SA, (2004):

How should behavioural ecologists interpret measurements of immunity?
Animal Behaviour 68:1443-1449.

Ader R, Felten DL, Cohen N, (1991):

Psychoneuroimmunology.
Academic Press: San Diego, Calif.

Allen RJ (1983):

Human stress: Its nature and control.
Burgess Publishing Company: Minneapolis, MN.

Angermeier WF, Bednorz P, Couturié MM, Dinsmoor JA, Elder STh, Elsmore TF, Galbicka G, Hörster W, Hursh StR, Lashley JK, Raslear ThG, Redmon WK, Staddon JER, (1994):

Operantes Lernen: Methoden, Ergebnisse, Anwendungen.
Ernst Reinhardt Verlag: München, Basel: 1-384 pp.

Anil L, Anil SS, Baidoo SK, Deen J, (2004):

Injury levels in gestating sows housed in pens with electronic sow feeders.
Proceedings of the 18th Congress of the International Pig Veterinary Society 2004:701.

Anil L, Anil SS, Deen J, Baidoo SK, Walker R, (2006):

Effect of group size and structure on the welfare and performance of pregnant sows in pens with electronic sow feeders.
The Canadian Journal of Veterinary Research 70:128-136.

Armario A, Hidalgo J, Giralt M, (1988):

Evidence that the pituitary-adrenal axis does not cross-adapt to stressors: Comparison to other physiological variables.
Neuroendocrinology 47:263-267.

Arthur AZ, (1987):

Stress as a state of anticipatory vigilance.
Perceptual and Motor Skills 64(1):75-85.

Atsumi T, Fujisawa S, Nakabayashi Y, Kawarai T, Yasui T, Tonosaki K, (2004):

Pleasant feeling from watching a comical video enhances free radical-scavenging capacity in human whole saliva.
Journal of Psychosomatic Research 56:377-379.

Batterham ES, Bayley HS, (1989):

Effect of frequency of feeding on the efficiency of protein utilization of cattle.
Indian Journal of Animal Nutrition 62:126-131.

Beattie VE, Walker N, Sneddon IA, (1995):

Effects of environmental enrichment on behaviour and productivity of growing pigs.
Animal Welfare 4:207-220.

Beattie VE, O'Connell NE, Moos BW, (2000):

a: Influence of environmental enrichment on the behaviour, performance and meat quality of domestic pigs.

Livestock Production Science 65:71-79.

Beattie VE, O'Connell NE, Kilpatrick DJ, Moss BW, (2000):

b: Influence of environmental enrichment on welfare-related behavioural and physiological parameters in growing pigs.

Animal Science 70:443-450.

Beilharz RG, Cox DF, (1967):

Genetic analysis of open field behaviour in swine.

Journal of Animal Science 26:988-990.

Benaroya-Milshtein N, Hollander N, Apter A, Kukulansky T, Raz N, Wilf A, Yaniv I, Pick CG, (2004):

Environmental enrichment in mice decreases anxiety, attenuates stress responses and enhances natural killer cell activity.

European Journal of Neuroscience 20(5):1341-1347.

Benefiel AC, Dong WK, Greenough WT, (2005):

Mandatory "enriched" housing of laboratory animals: the need for evidence-based evaluation.

Institute for Laboratory Animal Research 46(2):95-105.

Benus RF, Koolhaas JM, van Ortmerssen GA, (1987):

Individual differences in behavioural reaction to a changing environment in mice and rats.

Behaviour 100:105-122.

Berk LS, Tan SA, Fry WF, (1989):

Neuroendocrine and stress hormone changes during mirthful laughter.

American Journal of the Medical Sciences 298:390-396.

Berk LS, Felten DL, Tan SA, Bittman BB, Westengard J, (2001):

Modulation of neuroimmune parameters during the eustress of humor-associated mirthful laughter.

Alternative Therapies in Health and Medicine 7:62-76.

Bishop JD, Malven PV, Singleton WL, Weesner GD, (1999):

Hormonal and behavioral correlates of emotional states in sexually trained boars.

Journal of Animal Science 77:3339-3345.

Blackshaw JK, (2003):

Behavioural profiles of domestic animals: Pigs.

In: Notes on some topics in applied animal behaviour, McGreevy P ed., School of Veterinary Science, University of Queensland, St. Lucia, Brisbane, Queensland, 4067, Australia: Sydney, pp. 24-26.

Blecha F, (2000):

Immune system response to stress.

In: The Biology of Animal Stress, Moberg GP, Mench JA eds., AB International: Wallingford, pp. 111-121.

Boissy A, (1995):

Fear and fearfulness in animals.
The Quarterly Review of Biology 70(2):165-191.

Boissy A, Manteuffel G, Jensen MB, Moe RO, Spruijt BM, Keeling LJ, Winckler C, Dimitrov I, Langbein J, Bakken M, Aubert A, (2007):

Assessment of positive emotions in animals to improve their welfare.
Physiology and Behavior 92(3):375-397.

Bolhuis EJ, Parmentier HK, Schouten WGP, Schrama JW, Wiegant VM, (2003):

Effects of housing and individual coping characteristics on immune responses of pigs.
Physiology and Behavior 79:289-296.

Bolhuis EJ, Schouten WGP, Schrama JW, Wiegant V, (2005):

Behavioural development of pigs with different coping characteristics in barren and substrate-enriched housing conditions.
Applied Animal Behaviour Science 93:213-228.

Bolhuis EJ, Schouten WGP, Schrama JW, Wiegant VM, (2006):

Effects of rearing and housing environment on behaviour and performance of pigs with different coping characteristics.
Applied Animal Behaviour Science 101(1-2):68-85.

Booth PJ, Craigon J, Foxcroft GR, (1994):

Nutritional manipulation of growth and metabolic and reproductive status in prepubertal gilts.
Journal of Animal Science 72:2415-2424.

Botermans JAM, Georgsson BRW, Olsson AC, Svendsen J, (2000):

Effect of feeding environment on performance, injuries, plasma cortisol and behaviour in growing-finishing pigs: Studies on individual pigs housed in groups.
Acta Agriculturae Scandinavica 50:250-262.

Briedermann L, (1971):

Zur Reproduktion des Schwarzwildes in der Deutschen Demokratischen Republik.
Beiträge zur Jagd- und Wildforschung 7:169-186.

Broom DM, (1991):

Animal welfare: Concepts and measurement.
Journal of Animal Science 69:4167-4125.

Broom DM, Johnson KG, (1993):

Stress and strain, welfare and suffering.
In: Stress and animal welfare, Chapman & Hall ed., Chapman & Hall: London, pp. 57-73.

Broom DM, Mendl MT, Zanella AJ, (1995):

A comparison of the welfare of sows in different housing conditions.
Animal Science 61:369-385.

Brown SN, Warriss PD, Nute GR, Edwards JE, Knowles TG, (1998):

Meat quality in pigs subjected to minimal preslaughter stress.
Meat Science 49(3):257-265.

Buchholtz C, (1996):

Motivation als Regulationsinstanz für Verhalten und Befindlichkeit – Kriterien für Erheblichkeit von Leiden.
Tierärztliche Umschau 51:142-146.

Bunting CJ, Little MJ, Tolson H, Jessup G, (1986):

Physical fitness and eustress in the adventure activities of rock climbing and rappelling.
American Journal of Sports Medicine 26:11-20.

Cannon WB, De La Paz D, (1911):

Emotional stimulation of adrenal secretion.
American Journal of Physiology 28:64-70.

Citrynell P, (1998):

Cognitive enrichment: Problem solving abilities of captive white-bellied spider monkeys.
Primate society of Great Britain, winter meeting, 2. Dec. 1998: Zoological society of London, Regents Park.

Cohen S, Doyle WJ, Turner RB, Alper CM, Skoner DP, (2003):

Emotional style and susceptibility to the common cold.
Psychosomatic Medicine 65:652-657.

Cook CJ, Mellor DJ, Harris PJ, Ingram JR, Matthews LR, (2000):

Hands-on and hands-off measurement of stress.
In: The Biology of Animal Stress, Moberg GP, Mench JA eds., CAB International: Wallingford, pp. 123-146.

Cook NJ, Schaefer AL, Lepage P, Morgan JS, (1996):

Salivary vs. serum cortisol for the assessment of adrenal activity in swine.
Canadian Journal of Animal Science 76:329-335.

Dantzer R, Mormède P, (1983):

Stress in Farm Animals: a need for reevaluation.
Journal of Animal Science 57:6-18.

Dantzer R, (1994):

Animal welfare methodology and criteria.
Revue Scientifique Et Technique – Office International Des Epizooties 13:291-302.

Dantzer R, (1997):

Stress and immunity: what have we learned from psychoneuroimmunology?
Acta Physiologica Scandinavica 161(Suppl.640):43-46.

Dantzer R, (2002):

Can farm animal welfare be understood without taking into account the issues of emotion and cognition?
Journal of Animal Science 80 (Suppl. 1):E1-E6.

De Boer SF, Koopmans SJ, Slangen JL, van der Gugten J, (1990):

Plasma catecholamine, corticosterone and glucose responses to repeated stress in rats: effect of interstressor interval length.
Physiology and Behavior 47(6):1117-1124.

- De Groot J, de Jong IC, Prelle IT, Koolhaas JM, (2000):**
Immunity in barren and enriched housed pigs differing in baseline cortisol concentration.
Physiology and Behavior 71:217-223.
- De Haer LCM, (1992):**
Relevance of eating patterns for selection of growing pigs.
Dissertation, Wageningen University.
- De Jong IC, Ekkel ED, van de Burgwal JA, Lambooij E, Korte SM, Ruis MAW, Koolhaas JM, Blokhuis HJ, (1998):**
Effects of strawbedding on physiological responses to stressors and behavior in growing pigs.
Physiology and Behavior 64(3):303-310.
- De Jong IC, Prelle IT, van de Burgwal JA, Lambooij E, Korte SM, Blokhuis HJ, Koolhaas JM, (2000):**
Effects of environmental enrichment on behavioral responses to novelty, learning, and memory, and the circadian rhythm in cortisol in growing pigs.
Physiology and Behavior 68:571-578.
- Desautes C, Bidanel L, Mormede B, Mormede P, (1997):**
Genetic study of behavioral and pituitary-adrenocortical reactivity in response to an environmental challenge in pigs.
Physiology and Behavior 62:337-345.
- Desautes C, Sarrieau A, Caritez J, Mormede P, (1999):**
Behavior and pituitary-adrenal function in large white and Meishan pigs.
Domestic Animal Endocrinology 16:193-205.
- Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft (DLG), (1995):**
Leistungs- und qualitätsgerechte Schweinefütterung.
DLG Info. 1/1995.
- Désiré L, Boissy A, Veissier I, (2002):**
Emotions in farm animals: A new approach to animal welfare in applied ethology.
Behavioural Processes 60:165-180.
- Désiré L, Veissier I, Després G, Boissy A, (2004):**
On the way to assess emotions in animals: Do lambs (*Ovis aries*) evaluate an event through its suddenness, novelty, or unpredictability?
Journal of Comparative Psychology 118(4):363-374.
- Dhabhar FS, (1998):**
Stress-induced enhancement of cell-mediated immunity.
Annals New York Academy of Sciences 840:359-372.
- Dhabhar FS, (2000):**
Acute stress enhances while chronic stress suppresses skin immunity. The role of stress hormones and leukocyte trafficking.
Annals New York Academy of Sciences 917:876-893.

Eavens RB, (1991):

An update on wound management.

Hand Clinics 7:409-432.

Edwards JR, Cooper CL, (1988):

The Impacts of positive psychological states on physical health: A review and theoretical framework.

Social Science and Medicine 27(12):1447-1459.

Ekkel ED, Dieleman SJ, Schouten WGP, Portela A, Corélisen G, Tielen MJM, Halberg F, (1996):

The circadian rhythm of cortisol in the saliva of young pigs.

Physiology and Behavior 60:985-999.

Enfält AC, Lundstrom K, Hansson I, Karlsson A, Essén-Gustavsson B, Hakansson J, (1993):

Moderate indoor exercise: Effect on production and carcass traits, muscle enzyme activities and meat quality in pigs.

Animal Production 57:127-135.

Erhard HW, Mendl M, (1999):

Tonic immobility and emergence time in pigs – more evidence for behavioural strategies.

Applied Animal Behaviour Science 61:227-237.

Erhard HW, Schouten WGP, (2001):

Individual Differences and Personality.

In: *Social behaviour in farm animals*, Keeling LJ, Gonyou HW eds., CABI Publishing: Wallingford, New York, pp. 333-352.

Ernst K, Puppe B, Tuchscherer M, Schoppmeyer A, Manteuffel G, (2003):

Effects of muscle shot biopsy on components of humoral and cellular immunity in pigs.

Deutsche tierärztliche Wochenschrift 109:11-14.

Ernst K, Puppe B, Schön PC, Manteuffel G, (2005):

A complex automatic feeding system for pigs aimed to induce successful behavioural coping by cognitive adaptation.

Applied Animal Behaviour Science 91:205-218.

Fenske M, (1997):

The use of salivary cortisol measurements for the non-invasive assessment of adrenal cortical function in guinea pigs.

Experimental and Clinical Endocrinology & Diabetes 105:163-168.

Fiedler I, Küchenmeister U, Ender K, Haider W, Ernst K, Puppe B, Manteuffel G, (2005):

Reaktion der Muskulatur auf eine stimulierende Haltung – Befunde am Kotelettmuskel (M. longissimus) von Landrasse-Schweinen.

Deutsche Tierärztliche Wochenschrift 112(10):363-368.

Fiske JC, Potter GD, (1979):

Discrimination reversal learning in yearling horses.

Journal of Animal Science 49:583-588.

Forkman BA, (1993):

Self-reinforced Behaviour Does not Explain Contra-freeloading in the Mongolian Gerbil.
Ethology 94:109-112.

Förster M, (1985):

Lysozym als klinischer Parameter zur Frühdiagnostik postoperativer Wundinfektionen.
Dissertation, medizinische Fakultät der Universität Mainz.

Francis DD, Diorio J, Plotsky PM, Meaney MJ, (2002):

Environmental enrichment reverses the effects of maternal separation on stress reactivity.
Journal of Neuroscience 22(18):7840-7843.

Fraser AF, Broom DM, (1997):

Farm animal behaviour and welfare.
CAB International: Oxon.

Fraser D, (1974):

The vocalizations and other behaviour of growing pigs in an "open field" test.
Applied Animal Ethology 1:3-16.

Fraser D, Phillips PA, Thompson BK, Tennessen T, (1991):

Effect of straw on the behaviour of growing pigs.
Applied Animal Behaviour Science 93:213-228.

Freier KK, (1998):

Beziehungen von Faktoren des Stressmodells (Coping, Persönlichkeit und Bewertungsprozess) untereinander und deren Auswirkung auf Herz-Kreislaufreaktivität unter Belastungsbedingungen sowie genetische und Umwelteinflüsse auf Coping-Strategien.
Dissertation, Humboldt-Universität zu Berlin 1-16.

Gardner JM, de Lange CFM, Widowski TM, (2001):

Belly-nosing in early-weaned piglets is not influenced by diet quality or the presence of milk in the diet.
Journal of Animal Science 79:73-86.

Gentry JG, McGlone JJ, Blanton JR, Miller Jr, Miller MF, (2002):

Impact of spontaneous exercise on performance, meat quality, and muscle fiber characteristics of growing/finishing pigs.
Journal of Animal Science 80:2833-2839.

Georgsson L, Svendsen J, (2002):

Degree of competition at feeding differentially affects behavior and performance of group-housed growing-finishing pigs of different relative weights.
Journal of Animal Science 80:376-383.

Geverink NA, Ruis MAW, Eisen R, Lambooij E, Blockhuis HJ, Wiegant VM, (1999):

The Effect of Shot on Behavior, Salivary Cortisol, and Heart Rate in Slaughter Pigs.
Journal of Animal Science 77:1614-1619.

Geverink NA, Parmentier HK, de Vries Reilingh G, Schouten WGP, Grot G, Wiegant VM, (2004):

Effect of response to backtest and housing condition on cell-mediated and humoral immunity in adult pigs.

Physiology and Behavior 80(4):541-546.

Gonyou HW, Hemsworth PH, Barnett JL, (1986):

Effects of frequent interaction with humans on growing pigs.

Applied Animal Behaviour Science 16:269-278.

Gonyou HW, Beltranena E, Whittington DL, Patience JF, (1998):

The behaviour of pigs weaned at 12 and 21 days of age from weaning to marked.

Canadian Journal of Animal Science 78:517-523.

Guy JH, Rowlinson P, Chadwick JP, Ellis M, (2002):

Behaviour of two genotypes of growing-finishing pig in three different housing systems.

Applied Animal Behaviour Science 75:193-206.

Hale OW, Newton GL, Cleveland ER, (1984):

Effects of exercise during the growing-finishing period on performance, age at puberty and conception rate of gilts.

Journal of Animal Science 58(3):541-544.

Hanggi EB, (1999):

Categorization learning in horses (*Equus caballus*).

Journal of Comparative Psychology 113:243-252.

Hansen S, (1999):

Kurz- und langfristige Änderungen von Herzschlagvariabilität und Herzschlagfrequenz als Reaktion auf Veränderungen in der sozialen Umwelt (Gruppierung und Grooming-Simulation) von Hausschweinen.

Dissertation, Martin-Luther-Universität 1-122.

Hansis M, (1998):

Posttraumatische und postoperative Knocheninfektionen – Grundlagen, allgemeine und therapeutische Überlegungen.

OP-Journal 2:108-110.

Hansis M, Arens ST, (1999):

Störungen der Wundheilung.

In: Die Wunde, Knapp U, Hansis M eds, Thieme Verlag: Stuttgart, New York, pp. 200-220.

Harding E, Paul E, Mendl M, (2004):

Cognitive bias and affective state.

Nature 427:312.

Hatz RA, Niedner R, Vanscheidt W, Westerhof W, (1993):

Wundheilung und Wundmanagement.

Springer Verlag: Berlin, Heidelberg: 1-20 pp.

- Hay M, Meunier-Salaün MC, Brulaud F, Monnier M, Mormède P, (2000):**
Assessment of hypothalamic-pituitary-adrenal axis and sympathetic nervous system activity in pregnant sows through the measurement of glucocorticoids and catecholamines in urine.
Journal of Animal Science 78:420-428.
- Hee J, Sauer WC, Mosenthin R, (1988):**
The effect of feeding on the pancreatic secretions in the pig.
Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition 60:249-256.
- Heffner HE, Heffner RS, (1992):**
Auditory Perception.
In: Farm Animals and the Environment, Phillips C, Piggins D eds, CAB International: Wallingford, pp. 159-184.
- Heffner RS, Heffner HE, (1990):**
Hearing in domestic pigs (*Sus scrofa*) and goats (*Capra hircus*).
Hearing Research 48:231-240.
- Held S, Mendl M, Devereux C, Byrne RW, (2001):**
Studies in social cognition: From primates to pigs.
Animal Welfare 10:209-217.
- Hendricks DE, Seay B, (1973):**
The open field as a test of emotionality.
Behavior Research Methods, Instruments, & Computers 5(1):61.
- Henning J, Laschefski U, Opper C, (1994):**
Biopsychological changes after bungee jumping: β -endorphin immunoreactivity as a mediator of euphoria?
Neuropsychobiology 29:28-32.
- Henning J, (1998):**
Psychoneuroimmunologie.
Hogrefe, Verlag für Psychologie: Göttingen, Bern, Toronto, Seattle, pp. 1-257.
- Henry JP, Stephens PM, (1977):**
Stress, health, and the social environment.
In: A sociobiology approach to medicine. Topics in environmental physiology and medicine, Springer-Verlag: New York, Berlin, pp. 1-275.
- Herskin MS, Jensen KH, (2000):**
Effects of different degrees of social isolation on the behaviour of weaned piglets kept for experimental purposes.
Animal Welfare 9:237-249.
- Hessing MJC, Hagelsø AM, Schouten WGP, Wiepkema PR, Van Beek JAM, (1994):**
a: Individual behavioral and physiological strategies in pigs.
Physiology and Behavior 55:39-46.
- Hessing MJC, Schouten, Wiepkema, Tielen MJM, (1994):**
b: Implications of individual characteristics on performance in pigs.
Livestock Production Science 40:187-196.

Hessing MJC, Coenen GJ, Vaiman M, Renard C, (1995):

Individual differences in cell-mediated and humoral immunity in pigs.
Veterinary Immunology and Immunopathology 45:97-113.

Hopster H, Van der Werf JTN, Blokhuis HJ, (1998):

Stress enhanced reduction in peripheral blood lymphocyte numbers in dairy cows during endotoxin-induced mastitis.
Veterinary Immunology and Immunopathology 66 (1):83-97.

Inglis IR, Forkman BA, Lazarus J, (1997):

Free food or earned food? A review and fuzzy model of contrafreeloading.
Animal Behaviour 53:1171-1191.

Jahovic N, Guzel E, Arbak S, Yegen BC, (2004):

The healing-promoting effect of saliva on skin burn is mediated by epidermal growth factor (EGF): role of the neutrophils.
Burns 30:531-538.

Janssens CJG, Helmond FA, Wiegant VM, (1994):

Increased cortisol response to exogenous adrenocorticotrophic hormone in chronically stressed pigs: Influence of housing conditions.
Journal of Animal Science 72:1771-1777.

Jensen P, (1996):

Stress as a motivational state.
Acta Agriculturae Scandinavica Section A, Animal Science Supplementum 27:50-55.

Kant GJ, Eggleston T, Landman-Roberts L, Kenion CC, Driver GC, Meyerhoff JL, (1985):

Habituation to repeated stress is stressor specific.
Pharmacology Biochemistry and Behavior 22(4):631-634.

Kelley KW, (1988):

Cross talk between the immune and endocrine systems.
Journal of Animal Science 66:2095-2108.

Kelly HRC, Bruce JM, English PR, Fowler VR, Edwards SA, (2000):

Behaviour of 3-week weaned pigs in straw-flow deep straw and flatdeck housing systems.
Applied Animal Behaviour Science 68:269-280.

Kiecolt-Glaser JK, Marucha PT, Malarkey WB, Mercado AM, Glaser R, (1995):

Slowing of wound healing by psychological stress.
The Lancet 346:1194-1196.

Kiecolt-Glaser JK, McGuire L, Robles TF, Glaser R, (2002):

A: Emotions, Morbidity, and Mortality: New perspectives from psychoneuroimmunology.
Annual Review of Psychology 53:83-107.

Kingston SG, Hoffman-Goetz L, (1996):

Effect of environmental enrichment and housing density on immune system reactivity to acute exercise stress.
Physiology and Behavior 60(1):145-150.

Kirschbaum C, Hellhammer DH, (1989):

Salivary cortisol in psychobiological research: An overview.
Neuropsychobiology 22:150-169.

Knapp A, (2003):

Konzentration des C-reaktiven Proteins (CRP) im Blutserum bei Hunden mit postoperativen Wundheilungsstörungen.
Dissertation, Universität Leipzig.

Konarska M, Stewart RE, McCarty R, (1990):

Predictability of chronic intermittent stress: effects on sympathetic-adrenal medullary responses of laboratory rats.
Behavioral and Neural Biology 53(2):231-243.

Koolhaas JM, De Boer SF, De Ruiter AJH, Meerlo P, Sgoifo A, (1997):

Social stress in rats and mice.
Acta Physiologica Scandinavica 161(Suppl.640):69-72.

Koolhaas JM, Korte SM, Boer SF, Van Der Vegt CG, Van Reenen CG, Hopster H, Jong IC, Ruis MAW, Blokhuis HJ, (1999):

Coping styles in animals: Current status in behavior and stress-physiology.
Neuroscience and Biobehavioral Reviews 23:925-935.

Korte SM, Ruesink W, Blockhuis HJ, (1999):

Heart Rate Variability during manual restraint in chicks from high- and low-feather pecking lines of laying hens.
Physiology and Behavior 65 (4/5):649-652.

Korte SM, Koolhaas JM, Wingfield JC, McEwen BS, (2005):

The Darwinian concept of stress: benefits of allostasis and costs of allostatic load and the trade-offs in health and disease.
Neuroscience and Biobehavioral Reviews 29:3-38.

Küchenmeister U, Puppe B, Ernst K, Manteuffel G, (2002):

Effect of eustress on muscle and meat characteristics in pigs.
Journal of Muscle Research and Cell Motility 23(1):23.

Kvetnansky R, Nemeth S, Vegas M, Opraslova Z, Jurikovicova J, (1984):

Plasma catecholamines in rats during adaptation to intermittent exposure to different stress.
In: Stress: The role of catecholamines and neurotransmitters, Usdin E, Kvetnansky R, Axelrod J eds., Verlag Gordon und Breach: New York, USA, pp. 537-562.

Ladewig J, (1994):

Streß.
Veterinärmedizinische Endokrinologie 379-398.

Ladewig J, (2000):

Chronic intermittent stress: A model for the study of long-term stressors.
In: The Biology of Animal Stress, Moberg GP, Mench JA eds., AB International: Wallingford, pp. 159-169.

Lahucky R, (1987):

Recent findings using the muscle shot biopsy to evaluate meat quality in pigs.
Pig News and Information 8:291-294.

Langbein J, Nürnberg G, Manteuffel G, (2004):

Visual discrimination learning in dwarf goats and associated changes in heart rate variability.
Physiology and Behavior 82:601-609.

Langbein J, Nürnberg G, Puppe B, Manteuffel G, (2006):

Shape discrimination learning in group-housed dwarf goats (*Capra hircus*) – behavioural strategies and effects of relocation.
Journal of Comparative Psychology 120:58-66.

Lanier EK, Friend TH, Bushong DM, Knabe DA, Champney TH, Lay DC, Jr, (1995):

Swim habituation as model for eustress and distress in the pig.
Journal of Animal Science 73(Suppl.1):126.

Lay DC, Haussmann MF, Daniels MJ, Harmon JD, Richard TL, (2000):

Swine housing impacts on environment and behaviour: A comparison between hoop structures and total environmental control.
ASAE, 1st International Swine Housing Conference 9.-11. October.

Lazarus RS, (1966):

Psychological stress and the coping process.
Mc Graw Hile Verlag: New York, USA.

Lazarus RS, Folkman S, (1984):

Stress, appraisal, and coping.
Springer Verlag: New York, USA.

Lewis NJ, (1999):

Frustration of goal-directed behaviour in swine.
Applied Animal Behaviour Science 64:19-29.

Lewis PK, Rakes LY, Brown CJ, Noland PR, (1989):

Effect of exercise and pre-slaughter stress on pork muscle characteristics.
Meat Science 26:121-129.

Li Y, Gonyou HW, (2002):

Analysis of belly nosing and associated behaviour among pigs weaned at 12-14 days of age.
Applied Animal Behaviour Science 77:285-294.

Lindermayer H, Propstmeier G, Straub K, (1994):

Fütterungsberater Schwein.
BLV Verlagsgesellschaft mbH: München, Wien, Zürich.

Löscher W, (1994):

Sympathikus.
In: Grundlagen der Pharmakotherapie bei Haus- und Nutztieren, Löscher W, Ungemach FR, Kroker R eds., Paul Parey Verlag: Berlin, Hamburg.

Magnuson U, Wattrang E, Tsuma V, Fossum C, (1998):

Effects of stress resulting from short-term restraint on in vitro functional capacity of leukocytes obtained from pigs.

American Journal of Veterinary Research 59(4):421-425.

Manteca X, Deag JM, (1993):

Individual differences in temperament of domestic animals: A review of methodology.

Animal Welfare 2:247-268.

Manteuffel G, (2002):

Centralnervous regulation of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis and its impact on fertility, immunity, metabolism and animal welfare – a review.

Archiv für Tierzucht Dummerstorf 45(6):575-595.

Marashi V, Barnekow A, Ossendorf E, Sachser N, (2003):

Effects of different forms of environmental enrichment on behavioral, endocrinological and immunological parameters in male mice.

Hormones and Behavior 43:281-292.

Marashi V, Barnekow A, Sachser N, (2004):

Effects of environmental enrichment on males of a docile inbred strain of mice.

Physiology and Behavior 82:765-776.

Marucha PT, Kiecolt-Glaser JK, Favagehi M, (1998):

Mucosal wound healing is impaired by examination stress.

Psychosomatic Medicine 60:362-365.

Mason JW, (1971):

A Re-Evaluation of the concept of "Non-Specificity" in stress theory.

Journal of Psychiatric Research 8:323-333.

Mattová J, Buleca J, (1999):

The effect of age and breed on selected parameters of the hematological and immunological profile of pigs.

Czech Journal of Animal Science 44:337-342.

McFarland (1999):

Evolution, Physiologie, Psychologie.

In: *Biologie des Verhaltens*, McFarland ed., Spektrum Akademie Verlag: Heidelberg, pp. 237-257.

McGlone JJ, Salak-Johnson JL, Lumpkin EA, Micholson RI, Gibson M, Norman RL, (1993):

Shipping stress and social status effects on pig performance, plasma cortisol, natural killer cell activity, and leukocyte numbers.

Journal of Animal Science 71:888-896.

Meehan CL, Mench JA, (2007):

The challenge of challenge: Can problem solving opportunities enhance animal welfare?

Applied Animal Behaviour Science 102:246-261

Mench JA, Mason GJ, (1997):

Behaviour.

In: Animal Welfare, Appleby MC, Hughes BO eds., AB International, Wallingford: Wallingford, pp. 127-141.

Mendl M, (1999):

Performing under pressure: stress and cognitive function.

Applied Animal Behaviour Science 65:221-244.

Mendl M, Paul E, (2004):

Consciousness, emotion and animal welfare: Insights from cognitive science.

Animal Welfare 13:17-25.

Messinger H, Rüdenberg W, (1984):

Langenscheidts großes Schulwörterbuch, Englisch-Deutsch.

Langenscheidt KG: Berlin, München.

Meynhardt H, (1988):

Schwarzwild-Report: Mein Leben unter Wildschweinen.

Neumann Verlag: Leipzig, Radebeul: 5-219 pp.

Milsum JH, (1985):

A model of the eustress system for health illness.

Behavioral Science 30:178-187.

Moberg GP, (1985):

Biological response to stress: Key to assessment of animal well-being?

In: Animals Stress, Moberg GP ed., American Physiological Society: Bethesda, Maryland, USA, pp. 27-49.

Moberg GP, (2000):

Biological response to stress: Implications for animal welfare.

In: The Biology of Animal Stress. Basic principles and implications for animal welfare, Moberg GP, Mench JA eds., CAB International: Wallingford, pp. 1-21.

Mohr G, Langbein J, Nürnberg G, (2002):

Heart rate variability. A noninvasive approach to measure stress in calves and cows.

Physiology and Behavior 75:251-259.

Mormède P, Andanson S, Aupérin B, Beerda B, Guémené D, Malmkvist J, Manteca X, Manteuffel G, Prunet P, Van Reenen CG, Richar S, Veissier I, (2007):

Exploration of the hypothalamic-pituitary-adrenal function as a tool to evaluate animal welfare.

Physiology and Behavior 93(3):317-339.

Morrison RS, Hemsworth PH, Cronin GM, Campbell RG, (2003):

The effect of restricting pen space and feeder availability on the behaviour and growth performance of entire male growing pigs in a deep-litter, large group housing system.

Applied Animal Behaviour Science 83:163-176.

Morrison RS, Johnston LJ, Hilbrands AM, (2007):

The behaviour, welfare, growth performance and meat quality of pigs housed in a deep-litter, large group housing system compared to a conventional confinement system.
Applied Animal Behaviour Science 103(1-2):12-24.

Morrow-Tesch J, Andersson G, (1994):

Immunological and hematological characterizations of the wasting pig syndrome.
Journal of Animal Science 72:976-983.

Möller B, Schostok K, Gregor J, Czarnetzki B, (2001):

Lazarus und Launier, 1981: Stressbezogene Transaktion zwischen Person und Umwelt.
Referat/Vorlesung des Dozenten Prof. Dr. T. Kieselbach, Psychologisches Institut der Universität Hannover 1-19.

Munck A, Guyre PM, Holbrook NJ, (1984):

Physiological functions of glucocorticoids in stress and their relation to pharmacological actions.
Endocrine Reviews 5(1):25-44.

Nelson DL, Simmons BL, (2004):

Eustress: An elusive construct, an engaging pursuit.
In: Emotional and physiological processes and positive intervention strategies, Perrewe PL, Ganster DC eds., Elsevier Ltd: Amsterdam, Boston, Heidelberg, pp. 265-322.

Neuendorf R, Seidel H, (1987):

Mittelwerte und Streuungsbereiche diagnostisch nutzbarer Parameter.
In: Schweinekrankheiten, Kielstein, Wohlfarth eds., VEB Gustav Fischer Verlag: Jena, pp. 1-19.

Newberry RC, Wood-Gush DGM, (1988):

Development of some behaviour patterns in piglets under seminatural conditions.
Animal Production 46:103-109.

Newberry RC, (1995):

Environmental enrichment: Increasing the biological relevance of captive environments.
Applied Animal Behaviour Science 44:229-243.

Nicol CJ, (1996):

Farm animal cognition.
Animal Science 62:375-391.

Nielsen BL, Lawrence AB, Whittemore CT, (1995):

Effect of group size on feeding behaviour, social behaviour, and performance of growing pigs using single-space feeders.
Livestock Production Science 44:73-85.

Obrist PA, (1981):

Cardiovascular psychophysiology, a perspective.
Plenum Press: New York, USA.

Oldigs B, Schmidt FW, Douwes F, (1984):

Blut- und Serumwerte des Göttinger Miniaturschweins. 4. Mitteilung: Der Einfluß endogener und exogener Faktoren auf das kleine Blutbild.
Zentralblatt für Veterinärmedizin: Reihe A 31:46-58.

Olsson AC, Svendsen J, Andersson M, Rantzer D, Lenskens P, (1992):

Group housing systems for sows.
Swedish Journal of Agricultural Research 22:153-162.

Ottaviani E, Franceschi C, (1996):

The neuroimmunology of stress from invertebrates to man.
Progress in Neurobiology 48:421-440.

Otten W, Puppe B, Kanitz E, Schön PC, Stabenow B, (1999):

Effects of dominance and familiarity and plasma stress hormones in growing pigs during social confrontation.
Journal of Veterinary Medicine Series A 46:277-292.

Otten W, Puppe B, Kanitz E, Schön PC, Stabenow B, (2002):

Physiological and behavioral effects of different success during social confrontation in pigs with prior dominance.
Physiology and Behavior 75:127-133.

Otten W, Kanitz E, Puppe B, Tuchscherer M, Brüßow KP, Nürnberg G, Stabenow B, (2004):

Acute and long term effects of chronic intermittent noise stress on hypothalamic-pituitary-adrenocortical and sympatho-adrenomedullary axis in pigs.
Animal Science 78:271-283.

Overmier JB, Patterson J, (1980):

Environmental contingencies as sources of stress in animals.
In: Coping and Health, Levine S, Ursin H eds., Plenum Press: New York, pp. 1-38.

Pacák K, Palkovits M, (2001):

Stressor specificity of central neuroendocrine responses: Implications for stress-related disorders.
Endocrine Reviews 22 (4):502-548.

Paul E, Harding EM, Mendl M, (2005):

Measuring emotional processes in animals: the utility of a cognitive approach.
Neuroscience and Biobehavioral Reviews 29:469-491.

Petersen V, (1994):

The development of feeding and investigatory behaviour in free-ranging domestic pigs during their first 18 weeks of life.
Applied Animal Behaviour Science 42:87-98.

Pruett SB, (2001):

Quantitative aspects of stress-induced immunomodulation.
International Immunopharmacology 1:507-520.

Prunier A, Martin C, Mounier M, Bonneau M, (1993):

Metabolic and endocrine changes associated with undernutrition in the peripubertal gilt.
Journal of Animal Science 71:1887-1894.

Puppe B, Ernst K, Schön PC, Manteuffel G, (2007):

Cognitive enrichment affects behavioural reactivity in domestic pigs.
Applied Animal Behaviour Science 107 (1-3):75-86.

Puppe B, Schön PC, Wendland K, (1999):

Monitoring of piglets' open field activity and choice behaviour during the replay of maternal vocalization?: a comparison between Observer and PID technique.
Laboratory Animals 33:215-220.

Puppe B, Tuchscherer A, (1999):

Developmental and territorial aspects of suckling behaviour in the domestic pig (*Sus scrofa* f. domestica).
Journal of Zoology, London 249:307-313.

Puppe B, (2003):

Stressbewältigung und Wohlbefinden – verhaltensphysiologische Ansatzpunkte einer Gesundheitssicherung bei Tieren.
Archiv für Tierzucht Dummerstorf 46:52-56.

Quick CJ, Quick DJ?, (1997):

Stress in Organizations.
In: Preventive Stress Management in Organizations, Quick CJ, Quick DJ?, Nelson DL, Hurrell JJ, eds. American Psychological Association: Washington?, DC, pp. 1-18.

Ramaekers PLL, Swinkels LWGM, Huiskes LH, Verstegen MWA, (1999):

Eating traits in relation to performance and carcass traits of restrictedly fed group-housed finishing pigs.
Animal Science 68:399-405.

Rauw WM, Luiting P, Bakken M, Schuurman T, de Veer CJM, Vangen O, (2000):

Behavioural differences in non-reproductive adult females in a long-term selection experiment for litter size in mice.
Applied Animal Behaviour Science 66:249-262.

Reinhardt V, (2004):

Common husbandry-related variables in biomedical research with animals.
Lab Animal 38:213-235.

Richman LS, Kubzansky L, Maselko J, Kawachi I, Choo P, Bauer M, (2005):

Positive emotion and health: Going beyond the negative.
Health and Psychology 24(4):422-429.

Rodarte LF, Ducoing A, Galindo F, Romano MC, Valdez RA, (2004):

The effect of environmental manipulation on behavior, salivary cortisol, and growth of piglets weaned at 14 days of age.
Applied Animal Behaviour Science 7(3):171-179.

Rojas IG, Padgett DA, Sheridan JF, Marucha PT, (2002):

Stress-induced susceptibility to bacterial infection during cutaneous wound healing.
Brain, Behavior and Immunity 16:74-84.

Ruckebusch Y, Bueno L, (1976):

The effect of feeding on the motility of the stomach and small intestine in the pig.
British Journal of Nutrition 35:379-405.

Ruis MAW, Bayne CJ, (1997):

Effects of acute stress on blood clotting and yeast killing by phagocytes of rainbow trout.
Journal of Aquatic Animal Health 9:190-195.

Ruis MAW, Te Brake JHA, Engel B, Ekkel ED, Buist WG, Blokhuis HJ, Koolhaas JM, (1997):

The circadian rhythm of salivary cortisol in growing pigs: Effects of age, gender, and stress.
Physiology and Behavior 62(3):623-630.

Ruis MAW, Te Brake JHA, van de Burgwal JA, de Jong IC, Blokhuis HJ, Koolhaas JM, (2000):

Personalities in female domesticated pigs: Behavioural and physiological indications.
Applied Animal Behaviour Science 66:31-47.

Ruis MAW, de Groot J, Te Brake JHA, Dinand Ekkel E, van de Burgwal JA, Erkens JH, Engel B, Buist WG, Blokhuis HJ, Koolhaas JM, (2001):

b: Behavioural and physiological consequences of acute social defeat in growing gilts: Effects of the social environment.
Applied Animal Behaviour Science 70(3):201-225.

Ruis MAW, Te Brake JHA, Engel B, Buist WG, Blokhuis HJ, Koolhaas JM, (2001):

a: Adaptation to social isolation. Acute and long-term responses of growing gilts with different coping characteristics.
Physiology and Behavior 73:541-551.

Ruis MAW, Te Brake JHA, Engel B, Buist WG, Blokhuis HJ, Koolhaas JM, (2002):

Implications of coping characteristics and social status for welfare and production of paired growing gilts.
Applied Animal Behaviour Science 75:207-231.

Sambrook TD, Buchanan-Smith HM, (1997):

Control and Complexity in novel object enrichment.
Animal Welfare 6:207-216.

Sapolsky RM, Romero LM, Munck AU, (2000):

How do glucocorticoids influence stress responses? Integrating permissive, suppressive, stimulatory, and preparative actions.
Endocrine Reviews 21:55-89.

Sappington BKF, Goldman L, (1994):

Discrimination learning and concept formation in the Arabian Horse.
Journal of Animal Science 72:3080-3087.

Scherer KR, (1999):

Universality of emotional expression.

In: Encyclopedia of Human Emotions, Levinson D, Ponzetti J, Jorgenson P, eds. Macmillan: New York, pp. 669-674.

Schmidt C, (2003):

"Environmental Enrichment". Für Laborratten und Labormäuse – Eine Literaturstudie –. *Dissertation, Freie Universität Berlin 1-206.*

Schönreiter S, Huber H, Lohmüller V, Zanella AJ, Unshelm J, Henke J, Erhardt W, (1999):

Speichelcortisol als Streßparameter bei Saugferkeln.

Tierärztliche Praxis 27(G):175-179.

Schönreiter S, Zanella AJ, (2000):

Assessment of cortisol in swine by saliva: New methodological approaches.

Archiv für Tierzucht (Sonderheft) 43:165-170.

Schrader L, Ladewig J, (1999):

Temporal differences in the responses of the pituitary adrenocortical axis, the sympathoadrenomedullar axis, heart rate, and behaviour to a daily repeated stressor in domestic pigs.

Physiology and Behavior 66(5):775-783.

Sedlarik KM, (1993):

Wundheilung: Faktoren, die die Wundheilung beeinflussen.

In: Wundheilung, Sedlarik KM ed., G. Fischer Verlag: Jena, Stuttgart, pp. 121-165.

Selye H, (1946):

The general adaptation syndrome and the diseases of adaptation.

The Journal of clinical Endocrinology 6(2):117-230.

Selye H, (1956):

The stress of life.

McGraw-Hill Book Co: New York, USA.

Selye H, (1973):

The Evolution of the Stress Concept.

American Scientist 61:692-699.

Selye H, (1974):

Stress without distress.

Lippincott, JB: Philadelphia PA.

Selye H, (1983):

The Stress Concept: Past, Present, and Future.

In: Stress Research, Cooper CL, ed. John Wiley & Sons Ltd: pp. 1-20.

Shepherdson DJ, Mellen JD, Hutchins M, (1998):

Second Nature.

Smithsonian Institution Press: Washington, London: 1-337 pp.

Simmons BL, Nelson DL, (2001):

Eustress at Work: The Relationship between Hope and Health in Hospital Nurses.
Health Care Manage Rev. 26(4):7-18.

Smidt D, Kallweit E, Ladewig J, (1988):

Streß, Gesundheit und Leistung beim Schwein.
Tierärztliche Praxis 3:1-10.

Spruijt BM, van den Bos R, Pijlman FTA, (2001):

A concept of welfare based on reward evaluating mechanisms in the brain: anticipatory behaviour as an indicator for the state of reward systems.
Applied Animal Behaviour Science 72:145-171.

Stolba A, Wood-Gush DGM, (1989):

The behaviour of pigs in a semi-natural environment.
Animal Production 48:419-425.

Straw BE, Bartlett P, (2001):

Flank or belly nosing in weaned pigs.
Journal of Swine Health and Production 9:19-23.

Sutherland MA, Rodriguez-Zas SL, Elli M, Salak-Johnson JL, (2005):

Breed and age affect baseline immune traits, cortisol, and performance in growing pigs.
Journal of Animal Science 83:2087-2095.

Talling JC, Inglis IR, Van Driel KS, Young J, Giles S, (2002):

Effect of hunger on starlings preferences for food sources associated with variability or uncertainty.
Behaviour 139:1223-1235.

Taylor L, Friend TH, (1987):

Effect of housing on open-field test behavior of gestating gilts.
Applied Animal Behaviour Science 17:83-93.

Thodberg K, Jensen KH, Herskin MS, (1999):

A general reaction pattern across situations in prepubertal gilts.
Applied Animal Behaviour Science 63:103-119.

Thomas AC, Wysocki AB, (1990):

The healing wound: A comparison of three clinically useful methods of measurement.
Decubitus 3:18-25.

Thun R, Schwarz-Porsche D, (1994):

Nebennierenrinde.
In: Veterinärmedizinische Endokrinologie, Döcke FH ed., Gustav Fischer Verlag: Jena, Stuttgart, pp. 309-351.

Toates F, (1995):

Stress: conceptual and biological aspects.
John Wiley & Sons Ltd.: West Sussex, England.

Toates F, (1998):

The interaction of cognitive and stimulus-response processes in the control of behaviour.
Neuroscience and Biobehavioral Reviews 22:59-83.

Toates F, (2000):

Multiple factors controlling behaviour: implications for stress and welfare.
In: The biology of animal stress, Moberg GP, Mench JA eds., CAB International: Wallingford, pp. 199-226.

Toates F, (2004):

Cognition, motivation, emotion and action: a dynamic and vulnerable interdependence.
Applied Animal Behaviour Science 86:173-204.

Tschanz B, (1995):

Erfassbarkeit von Befindlichkeiten bei Tieren.
In: Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung, KTBL, DVG: Darmstadt, Gießen, pp. 20-30.

Tuchscherer M, Puppe B, Tuchscherer A, Kanitz E, (1998):

Effects of social status after mixing on immune, metabolic, and endocrine responses in pigs.
Physiology and Behavior 64:353-360.

Tuchscherer M, Kanitz E, Puppe B, Tuchscherer A, Stabenow B, (2004):

Effects of postnatal social isolation on hormonal and immune responses of pigs to an acute endotoxin challenge.
Physiology and Behavior 82:503-511.

Van der Harst JE, Baars AM, Spruijt BM, (2005):

Announced rewards counteract the impairment of anticipatory behaviour in socially stressed rats.
Behavioural Brain Research 161(2):183-189.

Van Erp-van der Kooij E, Kuijpers AH, Schrama JW, van Eerdenburg FJCM, Schouten WGP, Tielen MJM, (2002):

Can we predict behaviour in pigs? Searching for consistency in behaviour over time and across situations.
Applied Animal Behaviour Science 75:293-305.

Van Erp-van der Kooij E, (2003):

Coping behaviour in pigs. Consequences for welfare and performance.
Dissertation, Utrecht University, Faculty of Veterinary Medicine 2-122.

Van Putten G, Dammers J, (1976):

A comparative study of the well-being of piglets reared conventionally and in cages.
Applied Animal Ethology 2:339-356.

Vedhara K, Fox JD, Wang ECY, (1999):

The measurement of stress-related immune dysfunction in psychoneuroimmunology.
Neuroscience and Biobehavioral Reviews 23:699-715.

Veith-Flanigain J, Sandman CA, (1985):

Neuroendocrine relationships with stress.

In: Stress. Psychological and physiological interactions, Burchfield SR ed., Hemisphere Verlag: Washington, USA, pp. 129-161.

Vining RF, McGinley RA, Maksvytis JJ, Ho KY, (1983):

Salivary cortisol: A better measure of adrenal cortical function than serum cortisol.

Annals of Clinical Biochemistry 20:1752-1756.

Von Borell E, Ladewig J, (1989):

Altered adrenocortical response to acute stressors or ACTH (1-24) in intensively housed pigs.

Domestic Animal Endocrinology 6:299-309.

Von Borell E, Hurnik JF, (1991):

a: The effect of haloperidol on the performance of stereotyped behavior in sows.

Life Science 49:309-314.

Von Borell E, Hurnik JF, (1991):

b: Stereotypic behavior, adrenocortical function, and open field behavior of individually confined gestating sows.

Physiology and Behavior 49:709-713.

Von Borell E, Ladewig J, (1992):

Relationship between behaviour and adrenocortical response pattern in domestic pigs.

Applied Animal Behaviour Science 34:195-206.

Von Borell E, (1995):

Neuroendocrine integration of stress and significance of stress for the performance of farm animals.

Applied Animal Behaviour Science 44:219-227.

Von Borell E, (2000):

Stress and coping in farm animals.

Archiv für Tierzucht (Sonderheft) 43:144-152.

Wallgren P, Wilen I-L, Fossum C, (1994):

Influence of experimentally induced endogenous production of cortisol on the immune capacity in swine.

Veterinary Immunology and Immunopathology 42:301-316.

Wechsler B, (1993):

Verhaltensstörungen und Wohlbefinden: Ethologische Überlegungen.

In: Leiden und Verhaltensstörungen bei Tieren, Martin G, ed. Birkhäuser Verlag: Basel, pp. 50-64.

Wechsler B, (1995):

Coping and coping strategies: A behavioural view.

Applied Animal Behaviour Science 43:123-134.

Wegner J, Koch U, Kurth J, (1988):

Empfehlung zur Anwendung der Schußbiopsie bei Schweinen ab 70. Lebenstag.
Mh. Vet. Med. 43:607-609.

Weinberg J, Levine S, (1980):

Psychobiology of coping in animals: the effects of predictability.
In: Coping and health, Levine S, Ursin H eds., NATO conference series III: human factors.
New York: Plenum: pp. 39-60.

Weiss JM, (1971):

Effects of coping behavior with and without a feedback signal on stress pathology in rats.
Journal of Comparative Physiology and Psychology 77(1):22-30.

Weiss JM, (1972):

Psychological factors in stress and disease.
Scientific American 226(6):104-113.

Wemelsfelder F, (1990):

Boredom and laboratory animal welfare.
In: A survey of scientific and ethical issues for investigators, Rollin BE, Kesel ML eds., The experimental animal in biomedical research: CRC-Press, Inc. Boca Raton, pp. 244-272.

Wemelsfelder F, Haskell M, Mendl MT, Calvert S, Lawrence AB, (2000):

Diversity of behaviour during novel object tests is reduced in pigs housed in substrate-impooverished conditions.
Animal Behaviour 60:385-394.

Wiepkema PR, Koolhaas JM, (1992):

The emotional brain.
Animal Welfare 1:13-18.

Wiepkema PR, Koolhaas JM, (1993):

Stress and animal welfare.
Animal Welfare 2:195-218.

Wood-Gush DGM, Vestergaard K, (1991):

The seeking of novelty and its relation to play.
Animal Behaviour 42:599-606.

Young JR, (2003):

a: Environmental enrichment: An historical perspective.
In: Environmental Enrichment for captive animals, UFAW (Universities Federation for Animal Welfare): pp. 1-19.

Young JR, (2003):

b: Why bother with environmental enrichment?
In: Environmental Enrichment for captive animals, UFAW (Universities Federation for Animal Welfare): pp. 20-44.

Zulkifli I, Siegel PB, (1995):

Is there a positive side to stress?
World Poultry Science Journal 51:63-76.

9 VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN UND TABELLEN

ABBILDUNGEN

Abb. 1: Selyes Konzept des Stressses, nach Nelson & Simmons (2004). 14

Abb. 2: Selyes vier Basisvariationen des Stress, nach Nelson & Simmons (2004). 15

Abb. 3: Erweiterte Yerkes-Dodson Kurve nach Nelson & Simmons (2004)..... 16

Abb. 4: Das holistische Stressmodel nach Nelson & Simmons (2004)..... 17

Abb. 5: Vereinfachtes schematisches Modell der biologischen Stressantwort eines Tieres in Relation zum Wohlbefinden, nach Puppe (2003)..... 18

Abb. 6: Grafische Darstellung eines Ton-Schalter-Futterautomaten (TSF)..... 24

Abb. 7: Futterzyklen (FZ) und Beispiele für ihre Verteilung innerhalb einer Stunde in der Aktivphase. 26

Abb. 8: Notation der Signalaufrufe (SA)..... 27

Abb. 9: Verwendete Objekte im „novel-object“-Test. 32

Abb. 10: Futterabrufkurve der Versuchstiere in der Phase 1. 40

Abb. 11: Erfolgreiche Bewältigung der Aufgabe in Phase 2 durch die Versuchstiere. 41

Abb. 12: Latenz bis zur erfolgreichen Bewältigung der Aufgabe in Phase 2 durch die Versuchstiere. 42

Abb. 13: Erfolgreiche Bewältigung der Aufgabe in Phase 3 durch die Versuchstiere. 43

Abb. 14: Latenz bis zur erfolgreichen Bewältigung der Aufgabe in Phase 3 durch die Versuchstiere. 43

Abb. 15: Vergleich der Versuchs- und Kontrolltiere für die Verhaltensweise Lokomotion. 45

Abb. 16: Vergleich der Versuchs- und Kontrolltiere für die Verhaltensweise Stehen..... 46

Abb. 17: Vergleich der Versuchs- und Kontrolltiere für die Verhaltensweise Liegen. 47

Abb. 18: Vergleich der Versuchs- und Kontrolltiere für die Verhaltensweise Trogaufenthalt. 48

Abb. 19: Vergleich der Versuchs- und Kontrolltiere für die Verhaltensweise „belly nosing“. 49

Abb. 20: Speichelcortisol der Versuchs- und Kontrolltiere. 54

Abb. 21: Gesamtfläche der Biopsiewunden der Versuchs- und Kontrolltiere. 56

Abb. 22: Immunglobulin G (IgG) Gehalt des Blutserums der Versuchs- und Kontrolltiere. 59

Abb. 23: Lebendmassen der Versuchs- und Kontrolltiere. 60

TABELLEN

Tab. 1: Fütterungstabelle. 23

Tab. 2: Übersichtstabelle der Probenahmen, Tests und Aufzeichnungen zur
Datengewinnung..... 29

Tab. 3: Ethogramm der Aktivphase..... 31

Tab. 4: Ethogramm der Verhaltenstests. 33

Tab. 5: Einfluss der Arbeitsleistungssteigerung. 44

Tab. 6: Veränderungen der Verhaltensanteile in „open-field“ und „novel-object“ Tests. ... 50

Tab. 7: Überblick die Ergebnisse der Verhaltenstests „open field“ und novel object“ 52

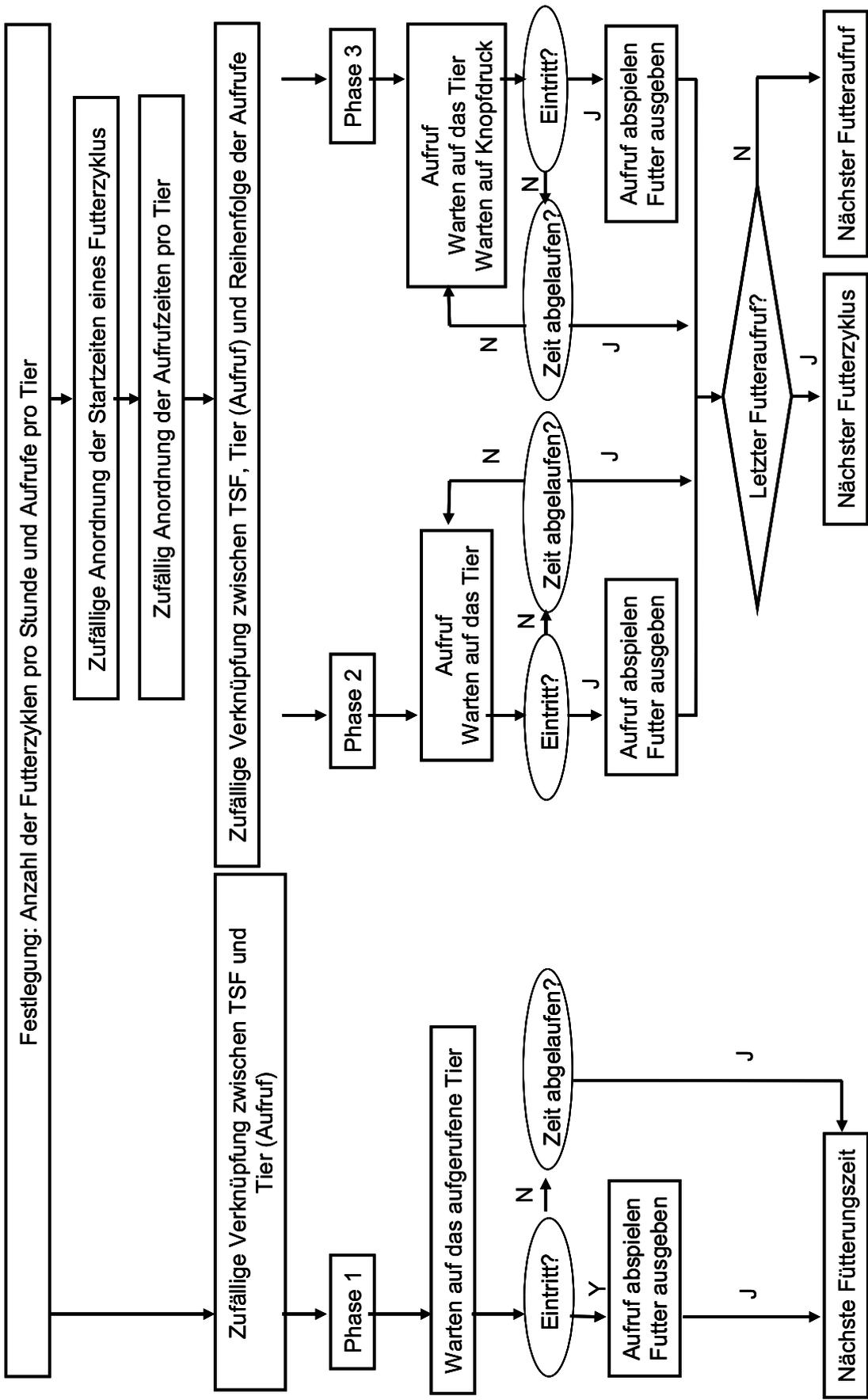
Tab. 8: Ergebnisse des Differenzialblutbildes..... 57

Tab. 9: Ergebnisse der Lymphozytenproliferation. 58

FORMELN

Formel 1: Formel zur Berechnung des Proliferationsindex..... 37

Abb. A 1 Prozessketten aller Subroutinen der Phasen 1 - 3



J = ja, N = nein

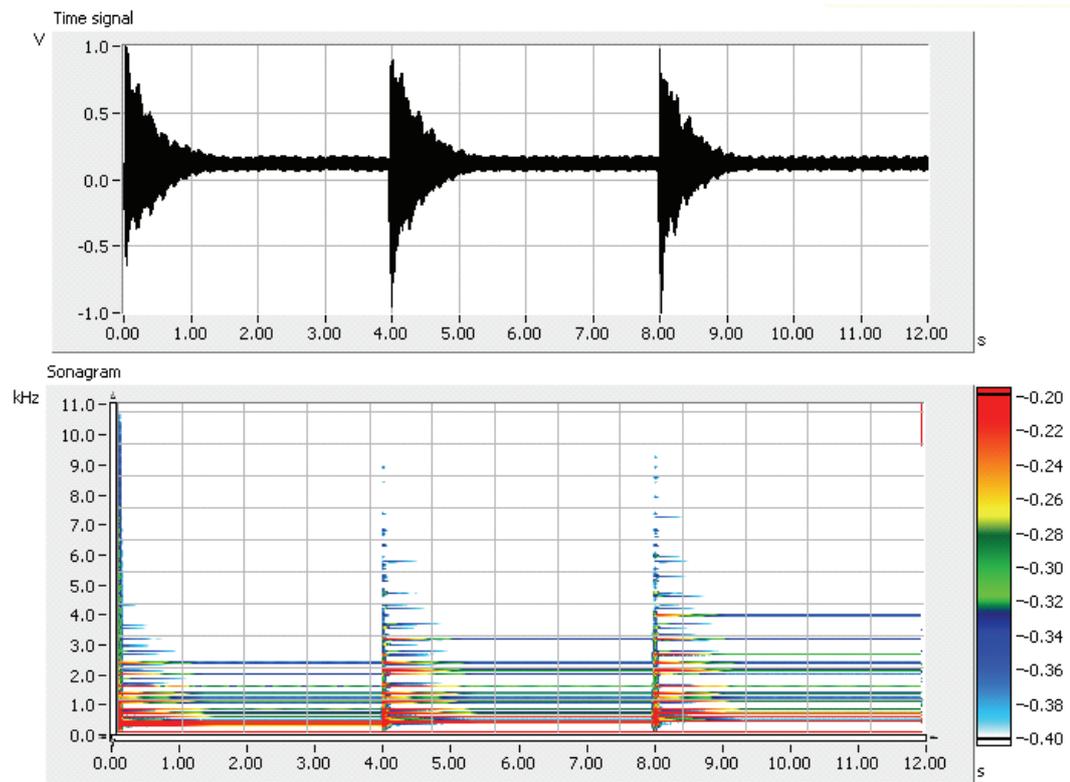
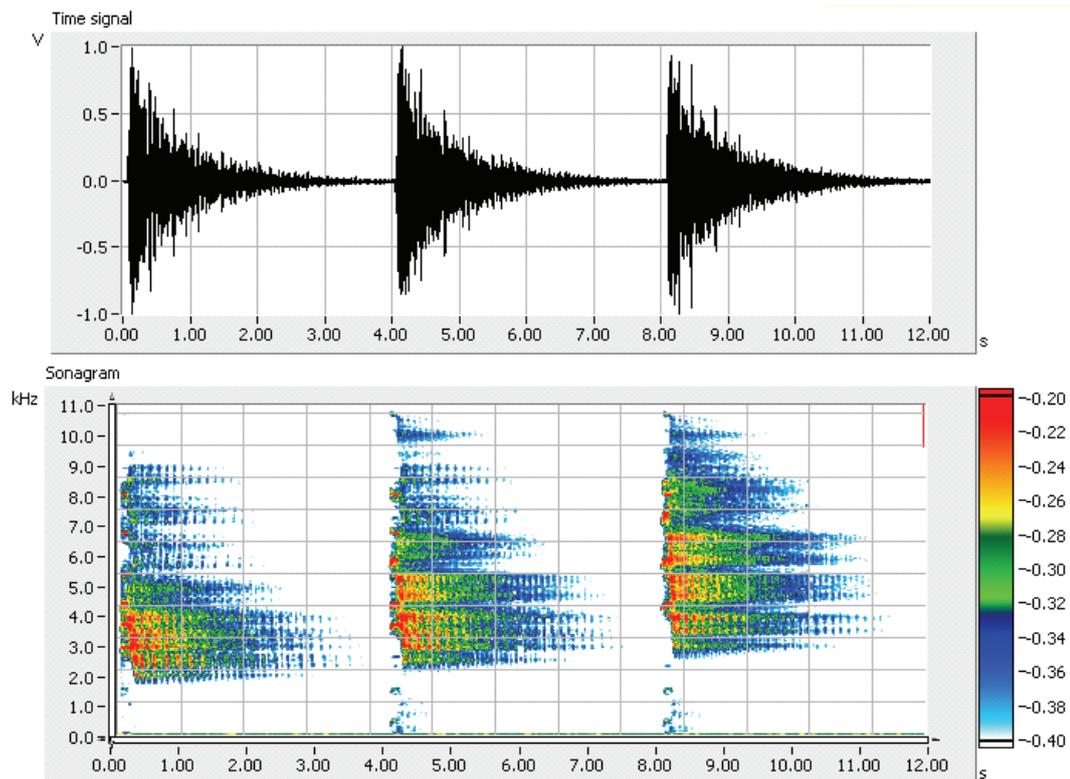
Abb. A 2 Bass (Bass - Acoustic bass - Angeschlagener Bass)**Abb. A 3 Bird (Special FX – Bird tweet – Vogelgezwitscher)**

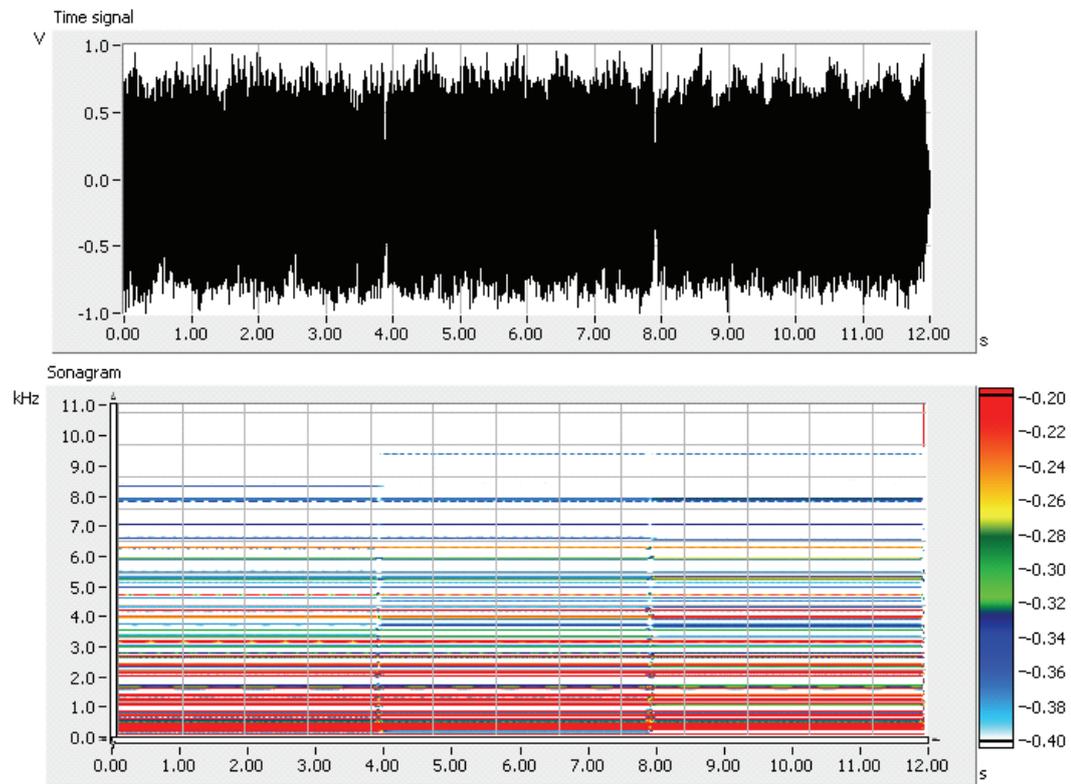
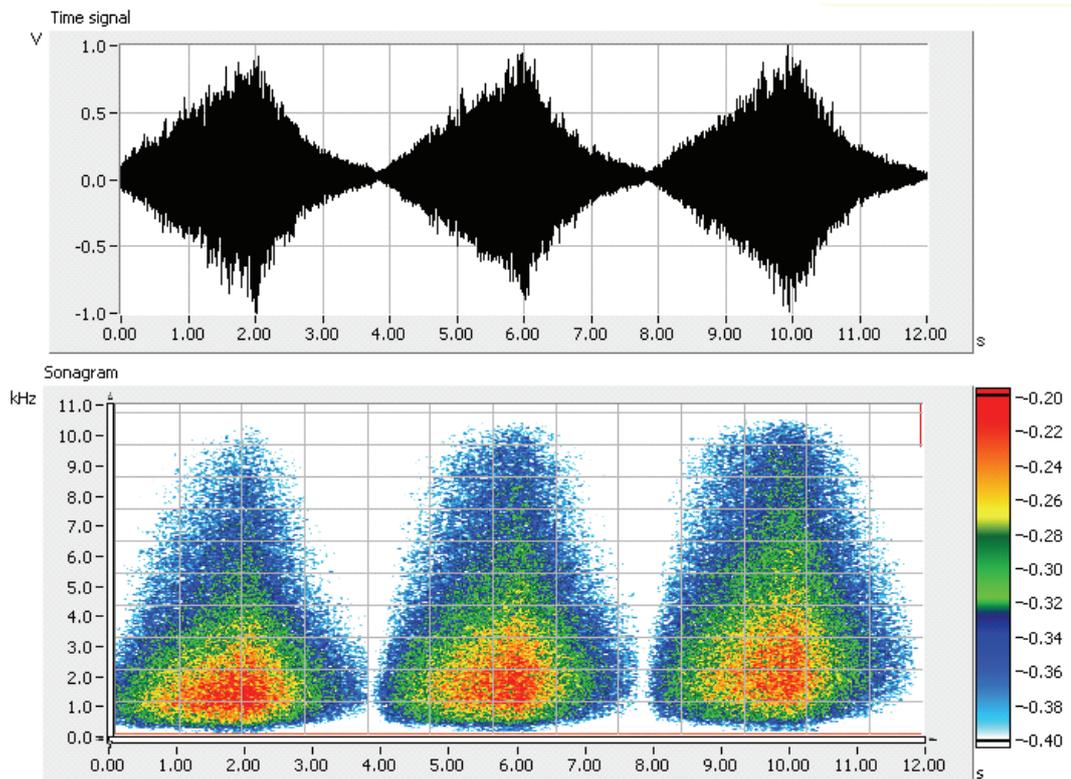
Abb. A 4 Organ (Organ - Church organ – Kirchenorgel)**Abb. A 5 Sea** (Special FX – Seashore – Rauschen der See)

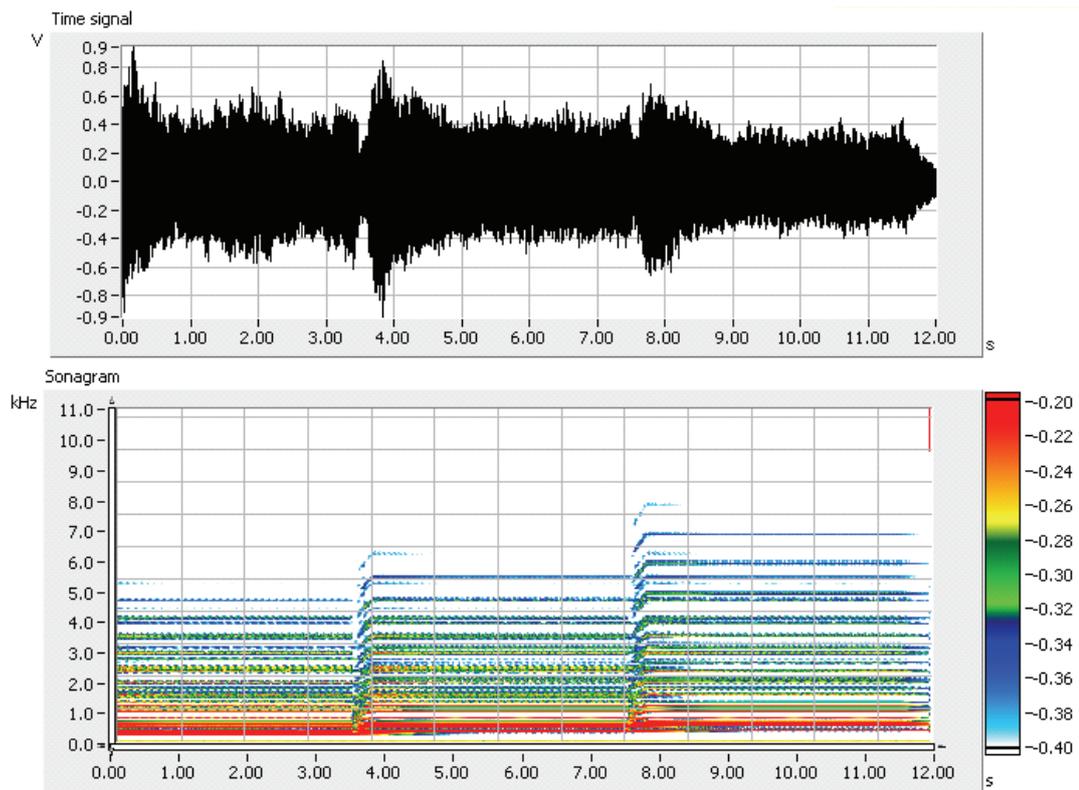
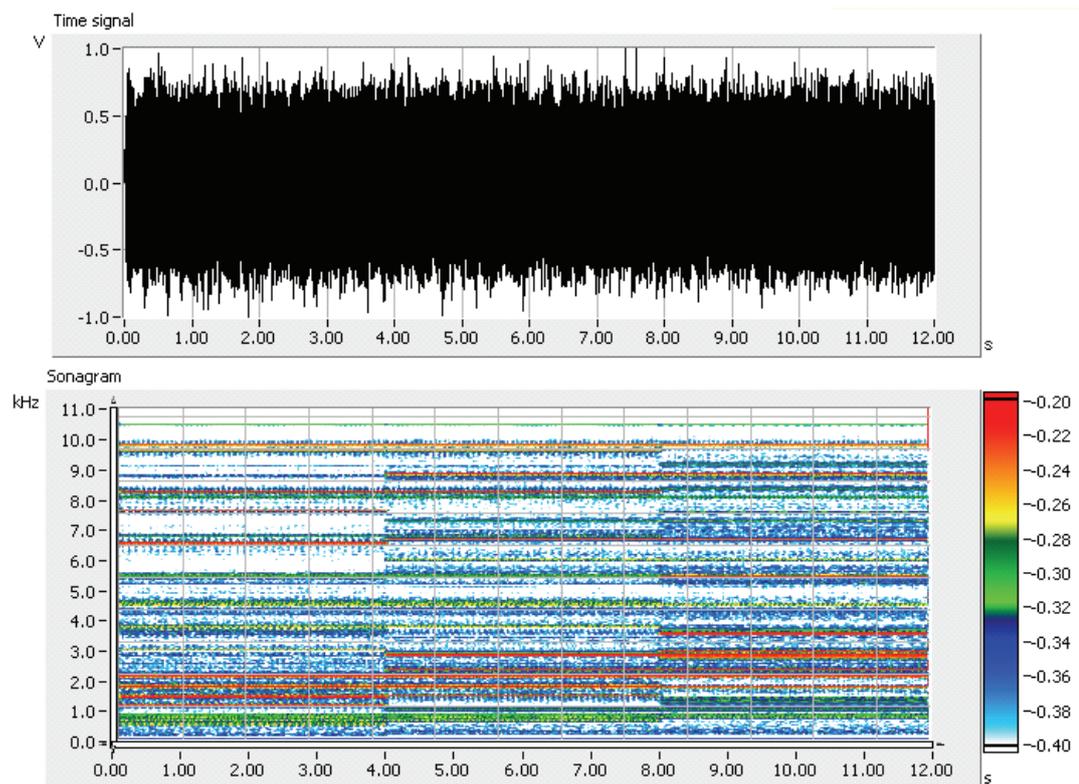
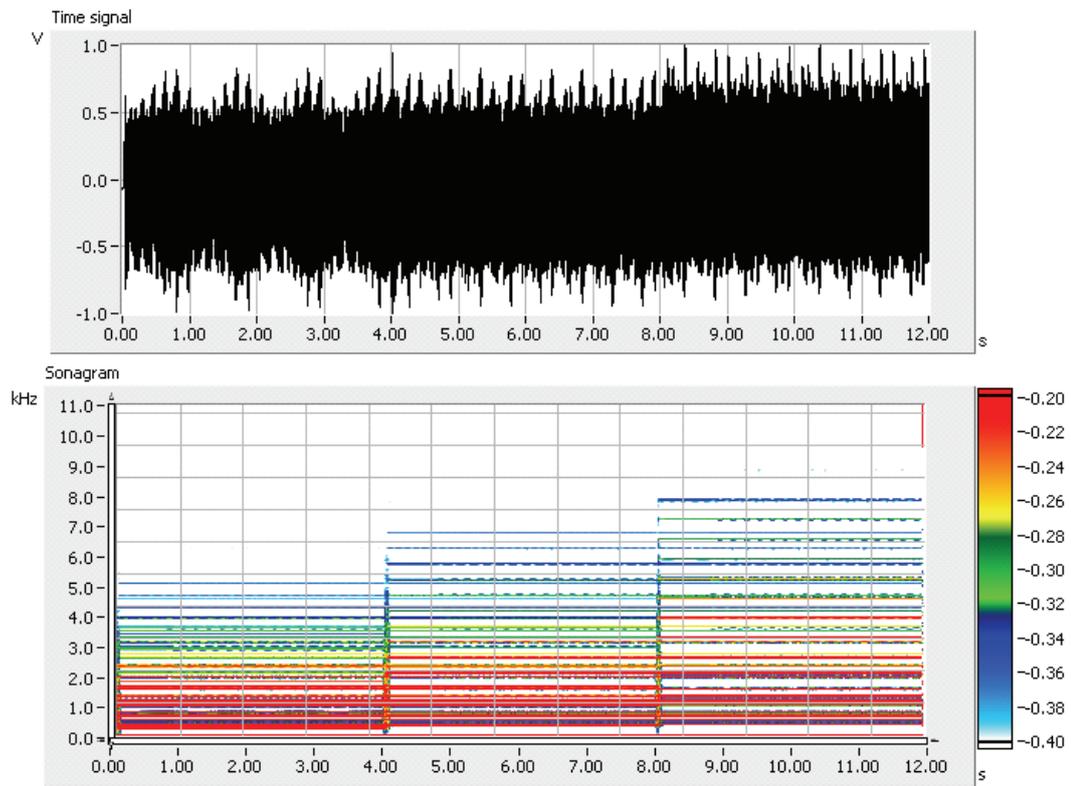
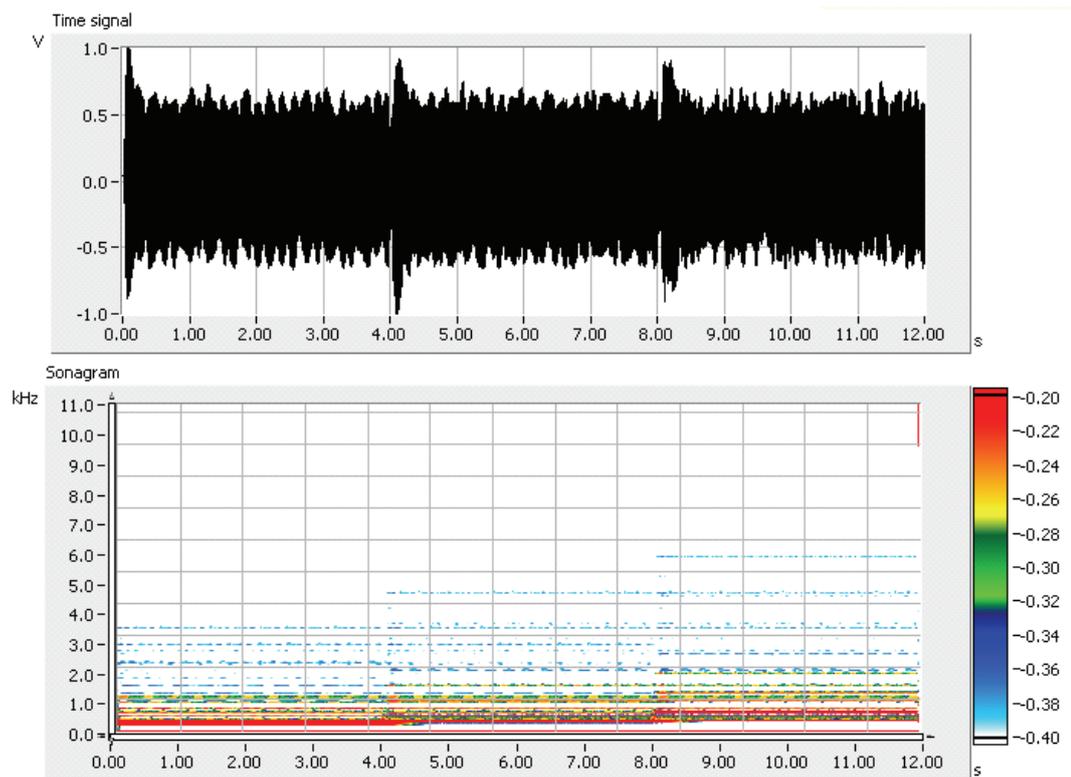
Abb. A 6 Sound (Synth FX – Soundtrack)**Abb. A 7 Telefon (Special FX – Telephone)**

Abb. A 8 Trumpet (Brass – Trumpet)**Abb. A 9 Voice (Synth Lead - Voice Lead)**

Tab. A Überblick über Probeentnahmen, Tests und Aufzeichnungen zur Datengewinnung eines Versuchsdurchgangs.

		VW	LW	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Fr.	Sa.	So.
Vor- versuchsphase	1	4				1. Versuchstag Speichelproben	2.	3.	4.	5.
	2	5	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	
	3	6	13. Blutentnahme	14.	15. Speichelproben	16.	17.	18.	19.	
Versuchsphase	4	7	20. "open-field" Test "novel object" Test Start Phase 1	21. Blutentnahme	22. Wägung Speichelproben	23. Videobeobachtung	24.	25.	26.	
	5	8	27.	28.	29. Wägung Speichelproben Start Phase 2	30. Videobeobachtung	31.	32.	33.	
	6	9	34. Blutentnahme	35.	36. Wägung Speichelproben	37. Videobeobachtung	38.	39.	40.	
	7	10	41.	42.	43. Wägung Speichelproben	44. Videobeobachtung	45.	46.	47.	
	8	11	48. Blutentnahme Start Phase 3	49.	50. Wägung Speichelproben	51. Videobeobachtung	52.	53.	54.	
	9	12	55. "open-field" Test "novel object" Test	56.	57. Wägung Speichelproben	58. Videobeobachtung	59.	60.	61.	
	10	13	62. Blutentnahme	63.	64. Wägung Speichelproben	65. Videobeobachtung	66.	67.	68.	
	11	14	69. Immunisierung	70.	71. Wägung Speichelproben	72. Videobeobachtung	73.	74.	75.	
	12	15	76. Blutentnahme	77.	78. Wägung Speichelproben	79. Videobeobachtung	80.	81.	82.	
	13	16	83.	84.	85. Wägung Speichelproben	86. Videobeobachtung	87.	88.	89.	
	14	17	90. Blutentnahme	91.	92. Wägung Speichelproben	93. Videobeobachtung	94.	95.	96.	
	15	18	97. "open-field" Test "novel object" Test	98.	99. Wägung Speichelproben	100. Videobeobachtung	101.	102.	103.	
	16	19	104. Blutentnahme	105. Biopsie	106. Wägung Speichelproben	107. Videobeobachtung	108.	109.	110.	
	17	20	111. Blutentnahme	112.	113. Wägung Speichelproben	114. Videobeobachtung	115.	116.	117.	
	18	21	118. Schlachtung	119. Schlachtung	120. Schlachtung	121. Schlachtung	122.	123.	124.	

Tab. A 1 Durch die Versuchstiere abgerufene Futtermenge [%] in der Phase 1

	Tag	LW	Gruppe	n	LSM	SEM
Phase 1	1	7	v	46	30,70	2,73
	2	7	v	46	66,78	5,47
	3	7	v	46	95,02	4,79
	4	7	v	46	106,48	5,55
	5	7	v	46	114,52	6,47
	6	7	v	46	119,54	6,00
	7	7	v	46	121,28	5,40
	8	8	v	46	122,80	5,95
	9	8	v	46	94,74	5,54

Die grau hinterlegte Werte beruhen auf dem Gruppendurchschnitt der Tiere aller Durchgänge. Sie wurden keiner weiteren statistischen Analyse unterzogen da sich die Tiere aufgrund der fixed ratio -Regel in keinem zuvergleichenden Leistungsniveau befanden

Tab. A 2 Erfolgsrate [%] der Versuchstiere in Phase 2 und 3

	Tag	LW	Gruppe	n	LSM	SEM
Phase 2	10	8	v	52	49,12	3,25
	11	8	v	52	63,29	3,80
	12	8	v	52	74,73	3,44
	13	8	v	52	82,67	3,22
	14	8	v	52	85,38	2,87
	15	9	v	52	83,35	2,38
	16	9	v	52	88,96	2,17
	17	9	v	52	88,48	2,17
	18	9	v	52	90,63	2,00
	19	9	v	52	90,75	1,93
	20	9	v	52	89,63	2,25
	21	9	v	52	91,23	1,73
	22	10	v	52	93,52	1,34
	23	10	v	52	94,23	1,42
	24	10	v	52	94,37	1,23
	25	10	v	52	94,29	1,67
	26	10	v	52	93,50	2,32
	27	10	v	52	92,73	2,32
28	10	v	52	91,94	2,53	
Phase 3	29	11	v	45	12,80	2,30
	30	11	v	45	39,56	3,66
	31	11	v	45	59,53	3,19
	32	11	v	45	64,20	3,83
	33	11	v	45	72,76	2,95
	34	11	v	45	74,40	3,45
	35	11	v	45	78,24	3,27
	36	12	v	45	73,82	3,62
	37	12	v	45	85,76	2,13
	38	12	v	45	81,67	2,21
	39	12	v	45	85,82	2,05
	40	12	v	45	87,80	1,98
	41	12	v	45	92,02	1,56
	42	12	v	45	90,73	2,07
	43	13	v	54	87,31	1,73
	44	13	v	54	89,45	1,86
	45	13	v	54	90,42	1,78
	46	13	v	54	92,64	1,28
	47	13	v	54	91,58	1,56
	48	13	v	54	91,93	1,64
	49	13	v	54	94,09	1,42
	50	14	v	54	92,05	1,49
	51	14	v	54	92,73	1,35
	52	14	v	54	88,95	1,67
	53	14	v	54	91,64	1,95
	54	14	v	55	90,15	1,62

	Tag	LW	Gruppe	n	LSM	SEM
Phase 3	55	14	v	55	90,47	1,94
	56	14	v	55	91,69	2,08
	57	15	v	55	88,40	1,59
	58	15	v	55	87,60	2,38
	59	15	v	55	88,35	2,02
	60	15	v	55	88,95	1,87
	61	15	v	55	88,13	2,00
	62	15	v	55	87,02	2,01
	63	15	v	55	89,62	1,74
	64	16	v	55	86,96	2,29
	65	16	v	55	82,56	2,36
	66	16	v	54	83,48	1,97
	67	16	v	54	84,26	2,59
	68	16	v	54	84,67	2,35
	69	16	v	54	82,35	2,36
	70	16	v	47	83,09	2,63
	71	16	v	54	82,78	1,87
	72	17	v	54	82,46	2,10
	73	17	v	54	83,67	2,30
	74	17	v	54	81,17	2,34
	75	17	v	54	82,87	2,14
	76	17	v	54	75,96	3,08
	77	17	v	54	76,87	3,27
	78	18	v	54	79,30	2,32
	79	18	v	54	79,85	2,48
	80	18	v	54	79,72	2,59
	81	18	v	54	77,89	2,92
	82	18	v	46	81,85	2,68
	83	18	v	46	77,17	3,61
	84	18	v	46	76,79	3,61
	85	19	v	46	80,54	2,82
	86	19	v	46	82,17	2,88
	87	19	v	46	81,22	3,10
	88	19	v	46	80,54	2,68
89	19	v	46	76,24	3,19	
90	19	v	46	74,37	3,41	
91	19	v	46	76,54	3,10	
92	20	v	46	79,39	2,72	
93	20	v	46	79,07	2,74	
94	20	v	46	81,80	2,54	
95	20	v	46	87,97	2,47	
96	20	v	46	84,74	2,44	
97	20	v	46	75,74	4,06	
98	20	v	38	83,53	2,97	

LS Mean = least squares mean; LW = Lebenswoche; n = Anzahl der Versuchstiere; SEM = standard error mean; v = Versuchstiere

Tab. A 2.1 Latenz [sec.], definiert als Zeitspanne zwischen Signalaufwurf und Futterausgabe

	Tag	LW	Gruppe	n	LSM	SEM
Phase 1	1	7	v	-	-	-
	2	7	v	-	-	-
	3	7	v	-	-	-
	4	7	v	-	-	-
	5	7	v	-	-	-
	6	7	v	-	-	-
	7	7	v	-	-	-
	8	8	v	-	-	-
	9	8	v	-	-	-
Phase 2	10	8	v	51	66,60	3,04
	11	8	v	51	60,05	2,64
	12	8	v	51	51,82	2,61
	13	8	v	51	42,64	2,31
	14	8	v	51	40,51	2,05
	15	9	v	51	39,61	2,20
	16	9	v	51	35,95	2,56
	17	9	v	51	31,83	1,89
	18	9	v	51	30,61	1,84
	19	9	v	51	27,36	2,04
	20	9	v	51	29,46	2,15
	21	9	v	51	24,92	1,65
	22	10	v	51	25,60	1,69
	23	10	v	51	23,72	1,67
	24	10	v	51	23,79	1,63
	25	10	v	51	21,24	1,67
	26	10	v	51	21,27	1,67
	27	10	v	51	22,10	1,88
	28	10	v	51	17,98	1,40
Phase 3	29	11	v	30	34,84	3,86
	30	11	v	30	25,39	3,64
	31	11	v	30	22,58	1,24
	32	11	v	30	22,86	1,66
	33	11	v	30	22,30	2,26
	34	11	v	30	22,50	3,23
	35	11	v	30	20,37	1,66
	36	12	v	30	19,68	2,18
	37	12	v	30	19,54	1,78
	38	12	v	30	20,15	2,16
	39	12	v	30	18,62	2,28
	40	12	v	30	18,08	1,83
	41	12	v	30	15,69	1,43
	42	12	v	30	17,52	2,87
	43	13	v	54	20,72	2,12
	44	13	v	54	20,72	1,99
	45	13	v	54	18,81	1,72
	46	13	v	54	18,07	1,64
	47	13	v	54	18,09	1,47
	48	13	v	54	19,93	2,14
	49	13	v	54	16,72	1,67
	50	14	v	54	16,78	1,44
	51	14	v	54	16,61	1,58
	52	14	v	54	16,98	1,64
	53	14	v	54	17,40	1,65
	54	14	v	54	17,13	1,45

	Tag	LW	Gruppe	n	LSM	SEM
Phase 3	55	14	v	54	19,00	1,93
	56	14	v	54	17,39	1,47
	57	15	v	54	19,02	1,80
	58	15	v	54	17,69	1,33
	59	15	v	54	17,89	1,60
	60	15	v	54	16,44	1,32
	61	15	v	54	15,76	0,97
	62	15	v	54	16,41	1,17
	63	15	v	54	16,81	1,23
	64	16	v	54	15,96	1,02
	65	16	v	54	17,02	1,33
	66	16	v	53	16,72	0,98
	67	16	v	54	16,07	1,01
	68	16	v	54	15,56	1,03
	69	16	v	54	16,87	1,02
	70	16	v	47	16,53	1,02
	71	16	v	54	15,94	1,10
	72	17	v	54	15,59	0,75
	73	17	v	54	15,69	0,96
	74	17	v	54	15,83	0,99
	75	17	v	54	15,26	0,71
	76	17	v	54	16,67	0,80
	77	17	v	54	16,78	0,80
	78	18	v	54	15,41	0,87
	79	18	v	54	17,30	0,86
	80	18	v	54	17,46	0,97
	81	18	v	54	16,93	1,04
	82	18	v	54	16,35	0,94
	83	18	v	53	17,02	1,07
	84	18	v	53	16,94	0,86
	85	19	v	54	16,50	0,98
	86	19	v	54	15,61	0,84
	87	19	v	54	16,65	1,06
	88	19	v	54	16,09	0,95
89	19	v	54	16,93	1,03	
90	19	v	54	17,31	1,00	
91	19	v	54	15,72	0,97	
92	20	v	54	17,46	1,12	
93	20	v	54	16,34	1,36	
94	20	v	54	16,33	1,21	
95	20	v	54	15,52	1,02	
96	20	v	54	12,91	0,63	
97	20	v	53	15,35	0,93	
98	20	v	54	11,00	1,07	

Die grau hinterlegte Werte beruhen auf dem Gruppendurchschnitt der Tiere aller Durchgänge. Sie wurden keiner weiteren statistischen Analyse unterzogen da sich die Tiere aufgrund der fixed ratio -Regel in keinem zuvergleichenden Leistungsniveau befanden

LS Mean = least squares mean; LW = Lebenswoche; n = Anzahl der Versuchstiere; SEM = standard error mean; v = Versuchstier

Tab. A 3 Erfolgsrate vor und nach einer FR-Erhöhung [%]

n	FR	1 Tag vor		Tag der Erhöhung		F _{1,7} = 40,38 P=0,0004 F _{1,7} = 25,87 P=0,0014 F _{1,7} = 7,11 P=0,0322 F _{1,7} = 2,03 P=0,1975 F _{1,7} = 129,88 P<,0001 F _{1,7} = 2,99 P=0,1276 F _{1,7} = 2,64 P=0,1483 F _{1,7} = 4,41 P=0,0739 F _{1,7} = 2,26 P=0,1768 F _{1,7} = 1723,05 P<,0001 F _{1,7} = 0,27 P=0,6212 F _{1,7} = 2,28 P=0,1750 F _{1,7} = 64,05 P<,0001 F _{1,7} = 0,73 P=0,4209 F _{1,6} = 259,73 P<,0001 F _{1,6} = 0,02 P=0,8838 F _{1,6} = 0,23 P=0,6492 F _{1,6} = 11,68 P=0,0142 F _{1,6} = 99,78 P<,0001 F _{1,6} = 0,06 P=0,8204 F _{1,6} = 4,04 P=0,0911 F _{1,6} = 99,62 P<,0001
		LSM	SEM	LSM	SEM	
8	1	81,13	12,40	6,00	4,04	
8	2	89,38	5,23	76,25	5,38	
8	3	87,50	5,90	78,50	4,42	
8	4	84,63	5,68	76,75	5,84	
8	1	99,63	0,37	15,00	7,48	
8	2	98,75	0,90	94,75	2,50	
8	3	91,00	3,68	84,00	3,02	
8	8	93,63	2,85	88,00	3,26	
8	10	93,00	2,00	87,13	2,84	
8	1	82,88	0,74	7,25	1,62	
8	3	97,13	1,20	96,50	1,55	
8	6	93,25	3,17	88,75	3,15	
8	1	92,38	7,62	23,00	8,19	
8	3	94,00	2,82	90,25	5,74	
7	1	99,14	0,55	16,14	5,08	
7	3	96,57	1,62	96,29	1,87	
7	6	88,29	3,20	91,00	3,90	
7	10	90,29	4,24	80,86	3,48	
7	1	95,43	2,33	18,29	6,05	
7	3	95,00	1,99	95,57	1,70	
7	6	98,29	1,19	93,14	1,65	
7	1	97,71	3,68	15,57	21,14	

Tab. A 3.1 Latenz vor und nach einer FR-Erhöhung [sec.]

n	FR	1 Tag vor		Tag der Erhöhung		F _{1,7} = 5,99 P=0,2469 F _{1,7} = 0,01 P=0,9274 F _{1,7} = 0,02 P=0,8868 F _{1,7} = 0,02 P=0,8874 F _{1,7} = 4,56 P=0,0837 F _{1,7} = 2,58 P=0,1522 F _{1,7} = 0,35 P=0,5720 F _{1,7} = 0,70 P=0,4311 F _{1,7} = 0,01 P=0,9263 F _{1,7} = 3,82 P=0,0915 F _{1,7} = 5,88 P=0,0458 F _{1,7} = 6,25 P=0,0410 F _{1,7} = 15,20 P=0,0114 F _{1,7} = 1,03 P=0,3449 F _{1,6} = 7,87 P=0,0377 F _{1,6} = 1,61 P=0,2518 F _{1,6} = 0,14 P=0,7207 F _{1,6} = 0,52 P=0,4966 F _{1,6} = 4,81 P=0,0798 F _{1,6} = 0,45 P=0,5278 F _{1,6} = 8,49 P=0,0268 F _{1,6} = 0,44 P=0,5767
		LSM	SEM	LSM	SEM	
8	1	27,00	1,50	91,25	11,62	
8	2	50,36	11,92	51,18	6,28	
8	3	25,63	2,52	25,07	4,16	
8	4	24,11	1,24	23,73	2,99	
8	1	25,50	3,19	34,22	4,99	
8	2	15,95	2,92	12,08	1,39	
8	3	14,01	1,10	15,10	2,49	
8	8	13,51	1,85	12,43	1,35	
8	10	15,44	0,67	15,25	1,84	
8	1	16,38	2,58	31,33	7,47	
8	3	10,77	1,40	13,53	1,44	
8	6	12,19	1,56	15,09	1,79	
8	1	15,83	3,65	37,26	3,91	
8	3	13,15	0,71	12,54	0,58	
7	1	12,33	1,26	34,75	6,70	
7	3	12,95	0,71	11,08	2,41	
7	6	15,54	1,31	14,94	1,77	
7	10	13,27	1,49	12,52	1,53	
7	1	16,50	4,15	32,75	4,76	
7	3	12,34	1,48	13,23	1,34	
7	6	10,06	1,19	12,15	1,39	
7	1	18,33	9,07	25,25	9,25	

DG = Durchgang; LSM = least squares mean; LW = Lebenswoche; n = Anzahl der Versuchstiere; SEM = standard error mean; v = Versuchstiere; FR = fixed ratio

Tab A 4 Verhaltensbeobachtung Lokomotion, Beobachtungszeitraum 12h [%anteil]

LW	DG 1		DG 2		DG 3		DG 4		DG 5		DG 6		DG 7		DG 1 - 7		t Value	Pr > t	
	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	LS Mean	SE			
7	LS Mean	33,99	32,43	27,27	23,77	26,67	37,10	25,30	24,95	-	-	38,67	44,08	31,32	27,26	30,54	2,33	0,32	0,7507
	SE	5,49	5,49	5,49	5,49	5,49	5,49	5,49	5,49	-	-	6,73	7,19	5,49	5,49	31,60	2,37		
8	LS Mean	58,89	36,01	51,82	32,34	43,66	24,76	48,21	37,53	-	-	52,76	31,93	38,40	24,72	48,96	2,58	-4,83	<0,0001
	SE	6,06	6,06	6,06	6,06	6,06	6,06	6,06	6,06	-	-	7,42	7,94	6,06	6,06	31,22	2,62		
9	LS Mean	46,54	36,68	44,91	30,95	29,43	19,84	32,67	24,22	-	-	43,23	35,56	45,09	25,78	40,31	2,03	-3,97	0,0001
	SE	4,77	4,77	4,77	4,77	4,77	4,77	4,77	4,77	-	-	5,84	6,24	4,77	4,77	28,84	2,06		
10	LS Mean	42,20	32,62	39,22	28,63	36,41	20,75	32,93	27,06	-	-	40,18	46,04	46,98	25,26	39,65	2,18	-3,08	0,0026
	SE	5,14	5,14	5,14	5,14	5,14	5,14	5,14	5,14	-	-	6,30	6,73	5,14	5,14	30,06	2,22		
11	LS Mean	48,70	38,00	41,06	42,95	33,16	25,62	30,12	24,38	-	-	50,73	52,83	32,17	22,95	39,32	2,24	-1,52	0,13
	SE	5,27	5,27	5,27	5,27	5,27	5,27	5,27	5,27	-	-	6,45	6,90	5,27	5,27	34,46	2,28		
12	LS Mean	36,46	26,44	39,36	41,88	31,75	25,30	20,87	25,57	-	-	42,24	45,65	33,18	21,16	33,98	2,34	-0,89	0,3738
	SE	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	-	-	6,74	7,20	5,50	5,50	31,00	2,38		
13	LS Mean	42,72	25,95	31,68	21,39	30,38	27,29	27,81	20,09	-	-	29,27	16,31	37,17	15,95	33,17	1,92	-4,39	<0,0001
	SE	4,51	4,51	4,51	4,51	4,51	4,51	4,51	4,51	-	-	5,52	5,91	4,51	4,51	21,16	1,95		
14	LS Mean	36,24	22,33	48,04	32,55	36,70	23,64	42,31	40,85	-	-	33,33	18,12	23,94	16,25	36,76	2,08	-3,75	0,0003
	SE	4,90	4,90	4,90	4,90	4,90	4,90	4,90	4,90	-	-	6,00	6,41	4,90	4,90	25,62	2,12		
15	LS Mean	35,18	27,10	34,24	26,89	30,19	26,89	28,98	27,86	-	-	31,64	25,54	26,27	16,08	31,08	1,95	-2,16	0,0326
	SE	4,60	4,60	4,60	4,60	4,60	4,60	4,60	4,60	-	-	5,63	6,02	4,60	4,60	25,06	1,99		
16	LS Mean	32,86	27,15	31,77	28,87	31,06	23,64	42,06	25,71	-	-	28,06	26,76	33,68	15,26	33,25	1,83	-3,32	0,0012
	SE	4,31	4,31	4,31	4,31	4,31	4,31	4,31	4,31	-	-	5,28	5,65	4,31	4,31	24,57	1,86		
17	LS Mean	31,22	21,93	35,21	33,63	35,36	19,17	37,34	18,68	-	-	30,65	18,66	44,93	17,29	35,79	1,75	-5,7	<0,0001
	SE	4,12	4,12	4,12	4,12	4,12	4,12	4,12	4,12	-	-	5,05	5,40	4,12	4,12	21,56	1,78		
18	LS Mean	35,16	28,33	26,70	26,60	30,03	25,71	39,91	27,69	-	-	22,08	17,68	38,82	14,06	32,12	2,04	-3,02	0,0031
	SE	4,79	4,79	4,79	4,79	4,79	4,79	4,79	4,79	-	-	5,87	6,28	4,79	4,79	23,34	2,07		
19	LS Mean	41,63	29,76	26,37	30,68	31,18	15,85	27,19	26,63	-	-	34,38	24,46	43,91	24,93	34,11	2,00	-3,06	0,0027
	SE	4,70	4,70	4,70	4,70	4,70	4,70	4,70	4,70	-	-	5,76	6,16	4,70	4,70	25,38	2,03		
20	LS Mean	27,59	17,06	27,57	24,62	38,58	19,86	23,64	21,25	-	-	35,92	32,68	43,91	24,93	32,87	2,02	-3,29	0,0013
	SE	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	-	-	5,82	6,22	4,75	4,75	23,40	2,05		

DG = Durchgang; k = Kontrolltiere; LS Mean = least squares mean; LW = Lebenswoche; SE = standard error; v = Versuchstiere
 - = Fehlzeiten in Video 17 LW aufgrund von technischen Problemen. Aufgrund der SAS „repeated measurement ANOVA“ blieb der gesamte DG 5 unberücksichtigt.
 Die Fehlzeiten sind bei der Berechnung des Gruppenvergleichs mittels multipler post hoc Analysen (Tukey-Test) berücksichtigt.

Tab A 4.1 Verhaltensbeobachtung Stehen, Beobachtungszeitraum 12h [%anteil]

LW	DG 1		DG 2		DG 3		DG 4		DG 5		DG 6		DG 7		DG 1 - 7	t Value	Pr > t	
	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k				LS Mean
7	0,33	0,64	1,02	1,32	2,19	1,53	0,09	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	0,27	-0,06	0,9529
	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	-	-	0,79	0,84	0,64	0,64	0,58	0,28		
8	0,17	0,21	0,52	0,87	0,99	2,34	0,22	1,14	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	0,15	2,08	0,0396
	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	-	-	0,43	0,46	0,35	0,35	0,76	0,15		
9	1,22	1,49	0,31	2,78	0,05	0,22	0,07	0,24	-	-	0,00	0,03	0,00	2,48	0,27	0,36	1,83	0,0695
	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	-	-	1,03	1,10	0,84	0,84	1,21	0,36		
10	1,63	1,14	0,83	0,75	2,17	1,88	0,50	0,76	-	-	0,00	0,06	0,00	0,00	0,86	0,10	-0,63	0,5266
	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	-	-	0,29	0,31	0,24	0,24	0,76	0,10		
11	4,04	6,53	0,10	0,40	0,05	0,78	1,08	1,30	-	-	0,00	0,56	0,00	0,00	0,88	0,26	1,96	0,0518
	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	-	-	0,74	0,79	0,60	0,60	1,60	0,26		
12	1,28	2,67	0,02	1,34	0,05	1,42	0,56	0,92	-	-	0,00	0,42	0,00	0,00	0,32	0,24	2,39	0,0182
	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	-	-	0,68	0,73	0,56	0,56	1,13	0,24		
13	1,06	0,92	0,17	0,66	0,02	0,71	0,03	1,84	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21	0,19	1,76	0,0802
	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	-	-	0,54	0,58	0,44	0,44	0,69	0,19		
14	0,72	0,59	0,19	1,20	0,02	1,63	0,05	0,76	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,24	1,56	0,1205
	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	-	-	0,69	0,74	0,56	0,56	0,70	0,24		
15	0,66	0,62	0,09	0,99	0,00	0,64	0,00	0,63	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,17	1,64	0,1037
	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	-	-	0,48	0,51	0,39	0,39	0,52	0,17		
16	0,88	1,16	0,02	0,35	0,14	1,28	0,00	0,66	-	-	0,00	0,62	0,00	0,00	0,17	0,18	1,93	0,0555
	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	-	-	0,53	0,56	0,43	0,43	0,68	0,19		
17	1,48	1,04	0,02	0,88	0,05	2,06	0,00	0,68	-	-	0,00	0,06	0,00	0,00	0,26	0,24	1,54	0,126
	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	-	-	0,70	0,74	0,57	0,57	0,79	0,24		
18	1,01	0,26	0,00	0,62	0,07	1,82	0,00	0,66	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,22	1,19	0,2377
	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	-	-	0,65	0,70	0,53	0,53	0,56	0,23		
19	1,01	0,88	0,00	0,02	0,02	0,07	0,00	0,28	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,06	0,45	0,6539
	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	-	-	0,17	0,18	0,14	0,14	0,21	0,06		
20	7,74	5,17	0,00	1,23	0,05	0,07	0,00	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	1,30	0,24	-0,65	0,5166
	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	-	-	0,68	0,73	0,56	0,56	1,08	0,24		

DG = Durchgang; k = Kontrolltiere; LS Mean = least squares mean; LW = Lebenswoche; SE = standard error; v = Versuchstiere
 - = Fehlzeiten in Video 17 LW aufgrund von technischen Problemen. Aufgrund der SAS „repeated measurement ANOVA“ blieb der gesamte DG 5 unberücksichtigt.
 Die Fehlzeiten sind bei der Berechnung des Gruppenvergleichs mittels multipler post hoc Analysen (Tukey-Test) berücksichtigt.

Tab A 4.2 Verhaltensbeobachtung Liegen, Beobachtungszeitraum 12h [%anteil]

LW	DG 1		DG 2		DG 3		DG 4		DG 5		DG 6		DG 7		DG 1 - 7 LS Mean SE	t Value	Pr > t
	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k			
7	LS Mean	57,33	58,52	56,88	63,49	58,18	51,13	62,76	66,6	-	-	43,7	39,52	50,3	64,46	0,55	0,5806
	SE	7,25	7,25	7,25	7,25	7,25	7,25	7,25	7,25	-	-	8,87	9,49	7,25	7,25		
8	LS Mean	31,94	52,48	32,76	55,83	43,19	63,54	39,25	54,6	-	-	32,34	56,64	47,88	66,68	4,69	<0,0001
	SE	7,18	7,18	7,18	7,18	7,18	7,18	7,18	7,18	-	-	8,79	9,4	7,18	7,18		
9	LS Mean	37,97	49,2	39,51	51,28	58,07	70,71	55,1	67,24	-	-	43,78	53,21	48,72	65,35	3,26	0,0014
	SE	6,23	6,23	6,23	6,23	6,23	6,23	6,23	6,23	-	-	7,63	8,15	6,23	6,23		
10	LS Mean	42,12	55,21	46,3	61,6	49,56	66,32	56,82	62,95	-	-	48,46	44,46	36,89	64,13	3,08	0,0026
	SE	6,66	6,66	6,66	6,66	6,66	6,66	6,66	6,66	-	-	8,15	8,72	6,66	6,66		
11	LS Mean	31,51	44,01	42,76	44,98	55,4	58,19	56,42	66,63	-	-	36,22	35,76	51,79	66,32	1,66	0,0985
	SE	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	-	-	8,46	9,04	6,9	6,9		
12	LS Mean	47,43	59,2	42,59	45,05	54,15	57,57	64,2	64,48	-	-	44,97	36,07	54,98	70,09	0,93	0,3562
	SE	7,17	7,17	7,17	7,17	7,17	7,17	7,17	7,17	-	-	8,78	9,39	7,17	7,17		
13	LS Mean	39,64	56,04	46,08	53,61	63,33	55,62	58,07	62,05	-	-	57,94	63,1	49,96	72,74	2,13	0,0354
	SE	6,23	6,23	6,23	6,23	6,23	6,23	6,23	6,23	-	-	7,63	8,15	6,23	6,23		
14	LS Mean	46,65	62,88	36,89	53,23	48,37	60,54	43,33	54,36	-	-	52,11	63,93	64,74	71,79	3,01	0,0031
	SE	6,81	6,81	6,81	6,81	6,81	6,81	6,81	6,81	-	-	8,34	8,92	6,81	6,81		
15	LS Mean	48,29	55,52	50,59	58,87	57,86	57,22	58,11	60,68	-	-	54,35	53,3	61,06	70,14	1,08	0,2822
	SE	6,49	6,49	6,49	6,49	6,49	6,49	6,49	6,49	-	-	7,94	8,49	6,49	6,49		
16	LS Mean	51,16	54,7	52,19	56,61	55,9	59,38	47,85	62,27	-	-	58,12	63,36	51,82	73,56	2,28	0,0246
	SE	6,39	6,39	6,39	6,39	6,39	6,39	6,39	6,39	-	-	7,82	8,36	6,39	6,39		
17	LS Mean	53,73	64,62	47,92	53,12	52,81	65,28	51,09	69,9	-	-	56,61	63,27	41,86	74,08	4,01	0,0001
	SE	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	-	-	7,26	7,76	5,92	5,92		
18	LS Mean	51,94	60,54	58,96	61,04	57,29	64,69	46,14	61,89	-	-	64,49	69,76	49,67	73,8	2,66	0,0089
	SE	6,54	6,54	6,54	6,54	6,54	6,54	6,54	6,54	-	-	8,02	8,57	6,54	6,54		
19	LS Mean	43,91	60,16	59,98	58,61	52,06	74,64	60,99	63,33	-	-	53,48	61,1	44,95	69,38	3,2	0,0018
	SE	6,18	6,18	6,18	6,18	6,18	6,18	6,18	6,18	-	-	7,57	8,09	6,18	6,18		
20	LS Mean	53,14	69,46	59,27	63,75	49,91	74,39	64,1	72,6	-	-	50,86	55,65	44,95	69,38	3,51	0,0006
	SE	6,51	6,51	6,51	6,51	6,51	6,51	6,51	6,51	-	-	7,97	8,52	6,51	6,51		

DG = Durchgang; k = Kontrolltiere; LS Mean = least squares mean; LW = Lebenswoche; SE = standard error; v = Versuchstiere
 - = Fehlzeiten in Video 17 LW aufgrund von technischen Problemen. Aufgrund der SAS „repeated measurement ANOVA“ blieb der gesamte DG 5 unberücksichtigt.
 Die Fehlzeiten sind bei der Berechnung des Gruppenvergleichs mittels multipler post hoc Analysen (Tukey-Test) berücksichtigt.

Tab A 4.3 Verhaltensbeobachtung Trogaufenthalt, Beobachtungszeitraum 12h [%anteil]

LW	DG 1		DG 2		DG 3		DG 4		DG 5		DG 6		DG 7		LW	G.	LS Mean	SE	t Value	Pr > t
	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k						
7	LS Mean	8,4	14,83	11,42	12,97	10,24	11,86	8,45	-	-	17,63	16,4	18,38	8,28	7	v	10,53	1,12	-2,20	0,0299
	SE	2,61	2,61	2,61	2,61	2,61	2,61	2,61	2,61	-	3,19	3,41	2,61	2,61			k	14	1,11	
8	LS Mean	8,99	11,3	14,9	10,95	12,15	9,36	12,31	6,72	-	14,9	11,43	13,72	8,59	8	v	9,72	1,01	-2,18	0,0311
	SE	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	-	2,87	3,07	2,35	2,35			k	1		
9	LS Mean	14,27	12,62	15,26	14,98	12,45	9,22	12,15	8,3	-	12,99	11,19	6,2	6,39	9	v	10,45	1,24	-1,01	0,313
	SE	2,88	2,88	2,88	2,88	2,88	2,88	2,88	2,88	-	3,53	3,78	2,88	2,88			k	12,22	1,22	
10	LS Mean	14,04	11,02	13,64	9,03	11,86	11,06	9,74	9,22	-	11,35	9,43	16,13	10,61	10	v	10,06	1,37	-1,42	0,1583
	SE	3,18	3,18	3,18	3,18	3,18	3,18	3,18	3,18	-	3,89	4,16	3,18	3,18			k	12,8	1,35	
11	LS Mean	15,75	11,46	16,08	11,67	11,39	15,4	12,38	7,69	-	13,04	10,84	16,04	10,73	11	v	11,3	1,54	-1,31	0,1942
	SE	3,56	3,56	3,56	3,56	3,56	3,56	3,56	3,56	-	4,36	4,66	3,56	3,56			k	14,11	1,51	
12	LS Mean	14,83	11,68	18,04	11,74	14,04	15,71	14,38	9,03	-	12,79	17,86	11,84	8,75	12	v	12,46	1,69	-0,78	0,436
	SE	3,92	3,92	3,92	3,92	3,92	3,92	3,92	3,92	-	4,8	5,14	3,92	3,92			k	14,32	1,67	
13	LS Mean	16,58	17,08	22,06	24,34	6,27	16,37	14,08	16,04	-	12,79	20,6	12,86	11,3	13	v	17,62	1,25	2,00	0,0477
	SE	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	-	3,55	3,79	2,9	2,9			k	14,11	1,23	
14	LS Mean	16,39	14,2	14,88	13,02	14,91	14,18	14,3	4,03	-	14,56	17,95	11,32	11,96	14	v	12,56	1,31	-1,00	0,3187
	SE	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	-	3,71	3,96	3,03	3,03			k	14,39	1,29	
15	LS Mean	15,87	16,76	15,09	13,25	11,94	15,24	12,92	10,62	-	14,01	21,16	12,67	13,78	15	v	15,14	1,31	0,76	0,4511
	SE	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	-	3,71	3,96	3,02	3,02			k	13,75	1,28	
16	LS Mean	15,09	16,98	16,02	14,17	12,9	15,69	10,09	11,35	-	13,81	9,26	14,5	11,18	16	v	13,1	1,3	-0,34	0,7312
	SE	3,01	3,01	3,01	3,01	3,01	3,01	3,01	3,01	-	3,69	3,95	3,01	3,01			k	13,73	1,28	
17	LS Mean	13,58	12,41	16,86	12,36	11,77	13,49	11,56	10,75	-	12,74	18	13,21	8,63	17	v	12,61	1,25	-0,39	0,6999
	SE	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	-	3,55	3,8	2,9	2,9			k	13,29	1,23	
18	LS Mean	11,89	10,87	14,34	11,74	12,6	7,78	13,94	9,76	-	13,42	12,56	11,51	12,14	18	v	10,8	1,33	-1,15	0,2522
	SE	3,08	3,08	3,08	3,08	3,08	3,08	3,08	3,08	-	3,77	4,03	3,08	3,08			k	12,95	1,31	
19	LS Mean	13,45	9,2	13,64	10,69	16,74	9,44	11,82	9,76	-	12,14	14,43	11,14	5,69	19	v	9,87	1,16	-2,01	0,0463
	SE	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	-	3,3	3,53	2,7	2,7			k	13,16	1,14	
20	LS Mean	11,53	8,3	13,16	10,4	11,46	5,68	12,26	6,14	-	13,21	11,67	11,14	5,69	20	v	7,98	1,19	-2,49	0,0143
	SE	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	-	3,37	3,6	2,75	2,75			k	12,13	1,17	

DG = Durchgang; k = Kontrolltiere; LS Mean = least squares mean; LW = Lebenswoche; SE = standard error; v = Versuchstiere
 - = Fehlzeiten in Video 17 LW aufgrund von technischen Problemen. Aufgrund der SAS „repeated measurement ANOVA“ blieb der gesamte DG 5 unberücksichtigt.
 Die Fehlzeiten sind bei der Berechnung des Gruppenvergleichs mittels multipler post hoc Analysen (Tukey-Test) berücksichtigt.

Tab A 4.4 Verhaltensbeobachtung "belly nosing", Beobachtungszeitraum 12h [min.]

LW	DG 1		DG 2		DG 3		DG 4		DG 5		DG 6		DG 7		t Value	Pr > t	
	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k			
7	LS Mean	7,17	14,08	3,67	15,25	11,25	21,92	16,83	11,58	-	-	1,88	7,43	0,75	17,33	3,53	0,0006
	SE	3,58	3,58	3,58	3,58	3,58	3,58	3,58	3,58	-	-	4,39	4,69	3,58	3,58		
8	LS Mean	3,42	13,50	1,75	12,17	10,42	20,08	28,33	28,50	-	-	7,25	5,71	0,00	7,42	3,12	0,0023
	SE	3,19	3,19	3,19	3,19	3,19	3,19	3,19	3,19	-	-	3,91	4,18	3,19	3,19		
9	LS Mean	2,08	32,42	11,17	29,17	24,67	41,58	19,33	31,92	-	-	26,38	16,71	0,00	22,00	5,27	<0,0001
	SE	4,71	4,71	4,71	4,71	4,71	4,71	4,71	4,71	-	-	5,77	6,17	4,71	4,71		
10	LS Mean	6,75	18,75	12,25	8,50	13,92	19,08	28,42	26,67	-	-	47,00	17,14	1,92	10,92	-0,59	0,5567
	SE	4,29	4,29	4,29	4,29	4,29	4,29	4,29	4,29	-	-	5,25	5,62	4,29	4,29		
11	LS Mean	5,33	40,25	18,42	29,00	7,92	9,17	17,67	54,50	-	-	45,25	18,29	1,33	8,75	2,99	0,0033
	SE	5,88	5,88	5,88	5,88	5,88	5,88	5,88	5,88	-	-	7,20	7,70	5,88	5,88		
12	LS Mean	8,42	33,67	33,17	49,25	7,92	15,92	19,25	37,67	-	-	40,50	34,71	2,33	8,25	3,15	0,0021
	SE	5,93	5,93	5,93	5,93	5,93	5,93	5,93	5,93	-	-	7,27	7,77	5,93	5,93		
13	LS Mean	11,58	8,75	11,58	18,00	7,33	4,83	30,50	33,58	-	-	21,88	13,57	2,50	12,50	0,42	0,6738
	SE	3,82	3,82	3,82	3,82	3,82	3,82	3,82	3,82	-	-	4,68	5,01	3,82	3,82		
14	LS Mean	21,58	33,67	26,75	18,67	33,67	14,00	22,25	32,42	-	-	17,75	24,00	2,25	6,08	0,25	0,8014
	SE	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	-	-	6,13	6,55	5,00	5,00		
15	LS Mean	14,67	21,42	24,33	25,00	12,92	4,25	20,00	33,17	-	-	14,25	20,14	2,33	10,75	1,54	0,1269
	SE	4,69	4,69	4,69	4,69	4,69	4,69	4,69	4,69	-	-	5,75	6,15	4,69	4,69		
16	LS Mean	25,58	32,33	15,25	20,75	19,58	11,08	16,25	35,42	-	-	11,63	15,57	2,50	11,92	1,64	0,1039
	SE	6,09	6,09	6,09	6,09	6,09	6,09	6,09	6,09	-	-	7,46	7,98	6,09	6,09		
17	LS Mean	17,67	26,67	18,58	17,00	19,83	12,58	16,25	35,42	-	-	6,50	10,43	1,92	11,92	1,91	0,0554
	SE	4,79	4,79	4,79	4,79	4,79	4,79	4,79	4,79	-	-	5,87	6,27	4,79	4,79		
18	LS Mean	7,33	32,25	23,50	28,42	19,42	14,17	19,08	38,42	-	-	3,88	12,86	1,83	15,50	3,57	0,0005
	SE	5,13	5,13	5,13	5,13	5,13	5,13	5,13	5,13	-	-	6,28	6,72	5,13	5,13		
19	LS Mean	12,50	27,00	18,67	15,17	5,50	15,17	7,33	31,00	-	-	1,63	15,86	1,75	2,75	4,32	<0,0001
	SE	3,79	3,79	3,79	3,79	3,79	3,79	3,79	3,79	-	-	4,64	4,96	3,79	3,79		
20	LS Mean	11,42	17,92	20,00	13,33	12,17	9,75	4,92	27,67	-	-	3,38	13,00	8,75	25,00	2,14	0,0343
	SE	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	-	-	7,25	7,75	5,92	5,92		

DG = Durchgang; k = Kontrolltiere; LS Mean = least squares mean; LW = Lebenswoche; SE = standard error; v = Versuchstiere
 - = Fehlzeiten in Video 17 LW aufgrund von technischen Problemen. Aufgrund der SAS „repeated measurement ANOVA“ blieb der gesamte DG 5 unberücksichtigt.
 Die Fehlzeiten sind bei der Berechnung des Gruppenvergleichs mittels multipler post hoc Analysen (Tukey-Test) berücksichtigt.

Tab A 4.5 Verhaltensbeobachtung "belly nosing", Beobachtungszeitraum 12h [%anteil]

LW	DG 1		DG 2		DG 3		DG 4		DG 5		DG 6		DG 7		DG 1 - 7 LS Mean SE	t Value	Pr > t
	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k			
7	LS Mean	0,12	0,24	0,06	0,26	0,20	0,38	0,29	0,20	-	-	0,03	0,13	0,01	0,30	3,53	0,0006
	SE	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	-	-	0,76	0,08	0,06	0,06		
8	LS Mean	0,06	0,23	0,03	0,21	0,18	0,35	0,49	0,49	-	-	0,13	0,10	0,00	0,13	3,12	0,0023
	SE	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	-	-	0,07	0,07	0,06	0,06		
9	LS Mean	0,04	0,56	0,19	0,51	0,43	0,72	0,34	0,55	-	-	0,46	0,29	0,00	0,38	5,27	<.0001
	SE	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	-	-	0,10	0,11	0,08	0,08		
10	LS Mean	0,12	0,33	0,21	0,15	0,24	0,33	0,49	0,46	-	-	0,82	0,30	0,33	0,19	-0,59	0,5567
	SE	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	-	-	0,09	0,10	0,07	0,07		
11	LS Mean	0,09	0,70	0,32	0,50	0,14	0,16	0,31	0,95	-	-	0,79	0,32	0,02	0,15	2,99	0,0033
	SE	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	-	-	0,13	0,13	0,10	0,10		
12	LS Mean	0,15	0,58	0,58	0,86	0,14	0,28	0,33	0,65	-	-	0,70	0,60	0,04	0,14	3,15	0,0021
	SE	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	-	-	0,13	0,13	0,10	0,10		
13	LS Mean	0,20	0,15	0,20	0,31	0,13	0,08	0,53	0,57	-	-	0,38	0,24	0,04	0,22	0,42	0,6738
	SE	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	-	-	0,08	0,09	0,07	0,07		
14	LS Mean	0,37	0,58	0,46	0,32	0,58	0,24	0,39	0,56	-	-	0,31	0,42	0,04	0,11	0,25	0,8014
	SE	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	-	-	0,11	0,11	0,09	0,09		
15	LS Mean	0,25	0,37	0,42	0,43	0,22	0,07	0,35	0,58	-	-	0,25	0,35	0,04	0,19	1,54	0,1269
	SE	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	-	-	0,10	0,11	0,08	0,08		
16	LS Mean	0,44	0,56	0,26	0,36	0,34	0,19	0,28	0,61	-	-	0,20	0,27	0,04	0,21	1,64	0,1039
	SE	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	-	-	0,13	0,14	0,11	0,11		
17	LS Mean	0,31	0,46	0,32	0,30	0,34	0,22	0,28	0,61	-	-	0,11	0,18	0,03	0,21	1,91	0,0584
	SE	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	-	-	0,10	0,11	0,08	0,08		
18	LS Mean	0,13	0,56	0,41	0,49	0,34	0,25	0,33	0,67	-	-	0,07	0,22	0,03	0,27	3,57	0,0005
	SE	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	-	-	0,11	0,12	0,09	0,09		
19	LS Mean	0,22	0,47	0,32	0,26	0,10	0,26	0,13	0,54	-	-	0,03	0,28	0,03	0,05	4,32	<.0001
	SE	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	-	-	0,08	0,09	0,07	0,07		
20	LS Mean	0,20	0,31	0,35	0,23	0,21	0,17	0,09	0,48	-	-	0,06	0,23	0,15	0,43	2,14	0,0343
	SE	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	-	-	0,13	0,13	0,10	0,10		

DG = Durchgang; k = Kontrolltiere; LS Mean = least squares mean; LW = Lebenswoche; SE = standard error; v = Versuchstiere
 - = Fehlzeiten in Video 17 LW aufgrund von technischen Problemen. Aufgrund der SAS „repeated measurement ANOVA“ blieb der gesamte DG 5 unberücksichtigt.
 Die Fehlzeiten sind bei der Berechnung des Gruppenvergleichs mittels multipler post hoc Analysen (Tukey-Test) berücksichtigt.

Tab. A 5 Differenzen aller Verhaltensanteile im "open-field" [%]

DG	Gruppe	Test 1		Test 2		Test 3		DG	Gruppe	Diff 1/2		Diff 1/3	
		LS Mean	SE	LS Mean	SE	LS Mean	SE			LS Mean	SE	LS Mean	SE
1	v	92,38	1,86	89,24	1,64	90,55	2,61	1	v	-3,14	2,35	-1,83	2,91
1	k	91,39	1,86	92,94	1,64	88,14	2,61	1	k	1,55	2,35	-3,25	2,91
2	v	87,99	1,86	92,55	1,64	81,53	2,61	2	v	4,56	2,35	-6,46	2,91
2	k	84,54	1,86	92,76	1,64	90,74	2,61	2	k	8,23	2,35	6,20	2,91
3	v	92,58	1,86	91,66	1,64	93,49	2,61	3	v	-0,91	2,35	0,91	2,91
3	k	92,35	1,86	93,29	1,64	96,30	2,61	3	k	0,94	2,35	3,95	2,91
4	v	93,78	1,86	94,78	1,64	90,75	2,61	4	v	1,00	2,35	-3,03	2,91
4	k	94,55	1,86	95,88	1,64	94,89	2,61	4	k	1,33	2,35	0,34	2,91
5	v	87,17	1,99	88,81	1,64	85,50	2,61	5	v	1,64	2,51	-1,67	3,11
5	k	82,68	1,86	87,40	1,75	80,96	2,79	5	k	4,73	2,35	-1,71	2,91
6	v	88,49	1,99	90,20	1,64	82,30	2,61	6	v	1,71	2,51	-6,19	3,11
6	k	88,29	1,86	90,20	1,75	87,01	2,79	6	k	1,91	2,35	-1,28	2,91
7	v	86,66	1,86	92,83	1,64	83,69	2,61	7	v	6,16	2,35	-2,98	2,91
7	k	88,18	1,86	94,60	1,64	92,34	2,61	7	k	6,43	2,35	4,16	2,91

Test	Gruppe	LS Mean	SE	t Value	Pr > t
Diff 1/2	v	1,58	0,91	1.58	0,1167
	k	3,59	0,89		
Diff 1/3	v	-3,03	1,23	2.69	0,0083
	k	1,20	1,10		

Tab A 5.1 Differenzen aller Verhaltensanteile im "novel object" [%]

DG	Gruppe	Test 1		Test 2		Test 3		DG	Gruppe	Diff 1/2		Diff 1/3	
		LS Mean	SE	LS Mean	SE	LS Mean	SE			LS Mean	SE	LS Mean	SE
1	v	7,60	1,87	10,70	1,63	9,48	2,61	1	v	3,10	2,35	1,88	2,92
1	k	8,63	1,87	7,00	1,63	11,85	2,61	1	k	-1,63	2,35	3,23	2,92
2	v	12,05	1,87	7,46	1,63	18,54	2,61	2	v	-4,59	2,35	6,49	2,92
2	k	15,51	1,87	7,16	1,63	9,28	2,61	2	k	-8,35	2,35	-6,24	2,92
3	v	7,45	1,87	8,34	1,63	6,56	2,61	3	v	0,89	2,35	-0,89	2,92
3	k	7,65	1,87	6,75	1,63	3,65	2,61	3	k	-0,90	2,35	-4,00	2,92
4	v	6,21	1,87	5,20	1,63	9,26	2,61	4	v	-1,01	2,35	3,05	2,92
4	k	5,43	1,87	4,16	1,63	5,09	2,61	4	k	-1,26	2,35	-0,34	2,92
5	v	12,81	1,87	11,16	1,63	14,47	2,61	5	v	-1,66	2,35	1,66	2,92
5	k	17,34	2,00	12,64	1,74	19,04	2,79	5	k	-4,70	2,51	1,70	2,92
6	v	11,39	1,87	9,80	1,63	17,63	2,61	6	v	-1,59	2,35	6,24	2,92
6	k	11,79	2,00	9,81	1,74	12,94	2,79	6	k	-1,98	2,51	1,15	2,92
7	v	13,29	1,87	7,21	1,63	16,28	2,61	7	v	-6,08	2,35	2,99	2,92
7	k	11,78	1,87	5,46	1,63	7,68	2,61	7	k	-6,31	2,35	-4,10	2,92

Test	Gruppe	LS Mean	SE	t Value	Pr > t
Diff 1/2	v	-1,56	0,91	-1.60	0,1133
	k	-3,59	0,89		
Diff 1/3	v	3,06	1,13	-2.72	0,0078
	k	-1,23	1,10		

DG = Durchgang; Diff. = Differenz zwischen Test 1 u. 2 oder 1 u. 3; k = Kontrolltiere; LS Mean = least squares mean; SE = standard error; v = Versuchstiere

Tab A 5.2 Daten des Verhaltensanteiles Stehen im "open-filed"-Test [Dauer in sec.]

DG	Gruppe	Test 1		Test 2		Test 3		DG	Gruppe	Diff 1/2		Diff 1/3	
		LS Mean	SE	LS Mean	SE	LS Mean	SE			LS Mean	SE	LS Mean	SE
1	v	314,38	21,14	299,25	22,60	267,75	22,69	1	v	-15,13	24,74	-46,63	23,57
1	k	365,63	21,14	309,63	22,60	276,25	22,69	1	k	-56,00	24,74	-89,38	23,57
2	v	321,63	21,14	302,88	22,60	270,25	22,69	2	v	-18,75	24,74	-51,38	23,57
2	k	298,50	21,14	280,25	22,60	281,75	22,69	2	k	-18,25	24,74	-16,75	23,57
3	v	333,50	21,14	318,38	22,60	296,13	22,69	3	v	-15,13	24,74	-37,38	23,57
3	k	346,75	21,14	332,00	22,60	298,75	22,69	3	k	-14,75	24,74	-48,00	23,57
4	v	309,75	21,14	333,63	22,60	271,25	22,69	4	v	23,88	24,74	-38,50	23,57
4	k	312,63	21,14	295,50	22,60	295,00	22,69	4	k	-17,13	24,74	-17,63	23,57
5	v	296,14	22,60	325,57	24,16	327,71	24,26	5	v	29,43	26,45	31,57	25,20
5	k	319,86	22,60	304,14	24,16	311,57	24,26	5	k	-15,71	24,74	-8,29	23,57
6	v	305,57	21,14	309,14	22,60	250,71	22,69	6	v	3,57	26,45	-54,86	25,20
6	k	306,13	22,60	299,50	24,16	321,50	24,26	6	k	-6,63	24,74	15,38	23,57
7	v	277,13	21,14	321,38	22,60	296,13	22,69	7	v	44,25	24,74	19,00	23,57
7	k	323,50	21,14	380,13	22,60	333,00	22,96	7	k	56,63	24,74	9,50	23,57

Test	Gruppe	LS Mean	SE	t Value	Pr > t
Diff 1/2	v	7,45	9,54	-1,18	0,2397
	k	-10,26	9,35		
Diff 1/3	v	-25,45	9,09	0,27	0,7857
	k	-22,17	8,91		

Tab A 5.3 Daten des Verhaltensanteiles Stehen im "open-filed"-Test [Häufigkeit]

DG	Gruppe	Test 1		Test 2		Test 3		DG	Gruppe	Diff 1/2		Diff 1/3	
		LS Mean	SE	LS Mean	SE	LS Mean	SE			LS Mean	SE	LS Mean	SE
1	v	54,13	4,29	79,00	4,71	57,13	4,99	1	v	24,88	5,48	3,00	5,38
1	k	50,50	4,29	77,88	4,71	56,88	4,99	1	k	27,38	5,48	6,38	5,38
2	v	57,00	4,29	57,50	4,71	47,25	4,99	2	v	0,50	5,48	-9,75	5,38
2	k	49,00	4,29	63,00	4,71	58,38	4,99	2	k	14,00	5,48	9,38	5,38
3	v	60,50	4,29	67,63	4,71	60,75	4,99	3	v	7,13	5,48	0,25	5,38
3	k	61,88	4,29	70,75	4,71	65,63	4,99	3	k	8,88	5,48	3,75	5,38
4	v	65,75	4,29	72,50	4,71	60,75	4,99	4	v	6,75	5,48	-5,00	5,38
4	k	57,63	4,29	64,88	4,71	64,38	4,99	4	k	7,25	5,48	6,75	5,38
5	v	50,71	4,58	58,29	5,04	49,29	5,34	5	v	7,57	5,86	-1,43	5,75
5	k	41,24	4,58	55,29	5,04	47,43	5,34	5	k	15,38	5,48	6,00	5,38
6	v	56,14	4,29	74,00	4,71	57,29	4,99	6	v	17,86	5,86	1,14	5,75
6	k	48,50	4,58	68,50	5,04	66,75	5,34	6	k	20,00	5,48	18,25	5,38
7	v	54,50	4,29	56,50	4,71	53,25	4,99	7	v	2,00	5,48	-1,25	5,38
7	k	54,38	4,29	63,75	4,71	67,63	4,99	7	k	9,38	5,48	13,25	5,38

Test	Gruppe	LS Mean	SE	t Value	Pr > t
Diff 1/2	v	9,53	2,11	1,72	0,0891
	k	14,61	2,07		
Diff 1/3	v	-1,86	2,07	3,78	0,0003
	k	9,11	2,03		

DG = Durchgang; Diff. = Differenz zwischen Test 1 u. 2 oder 1 u. 3; k = Kontrolltiere; LS Mean = least squares mean; SE = standard error; v = Versuchstiere

Tab A 5.4 Daten des Verhaltensanteiles Lokomotion im "open-filed"-Test [Dauer in sec.]

DG	Gruppe	Test 1		Test 2		Test 3		DG	Gruppe	Diff 1/2		Diff 1/3	
		LS Mean	SE	LS Mean	SE	LS Mean	SE			LS Mean	SEM	LS Mean	SEM
1	v	204,38	16,22	174,00	15,31	176,63	14,90	1	v	-30,38	18,46	-27,75	19,18
1	k	139,75	16,22	168,38	15,31	157,25	14,90	1	k	28,63	18,46	17,50	19,18
2	v	148,00	16,22	175,88	15,31	157,63	14,90	2	v	27,88	18,46	9,63	19,18
2	k	148,13	16,22	171,25	15,31	182,13	14,90	2	k	23,13	18,46	34,00	19,18
3	v	171,50	16,22	182,38	15,31	185,25	14,90	3	v	10,88	18,46	13,75	19,18
3	k	169,00	16,22	179,88	15,31	180,00	14,90	3	k	10,88	18,46	11,00	19,18
4	v	191,25	16,22	166,75	15,31	176,13	14,90	4	v	-24,50	18,46	-15,13	19,18
4	k	191,00	16,22	190,50	15,31	186,13	14,90	4	k	-0,50	18,46	-4,88	19,18
5	v	185,43	17,34	166,71	16,37	126,71	15,92	5	v	-18,71	19,73	-58,71	20,51
5	k	139,29	17,34	168,54	16,37	129,71	15,92	5	k	29,25	18,46	-9,50	19,18
6	v	181,57	16,22	177,57	15,31	184,29	14,90	6	v	-4,00	19,73	2,71	20,51
6	k	147,25	17,34	177,63	16,37	127,50	15,92	6	k	30,38	18,46	-19,75	19,18
7	v	172,75	16,22	169,38	15,31	115,13	14,90	7	v	-3,38	18,46	-57,63	19,18
7	k	155,88	16,22	145,13	15,31	122,25	14,90	7	k	-10,75	18,46	-33,63	19,18

Test	Gruppe	LS Mean	SEM	t Value	Pr > t
Diff 1/2	v	-6,03	7,12	2,20	0,0305
	k	15,86	6,98		
Diff 1/3	v	-19,02	7,40	1,76	0,0810
	k	-0,75	7,25		

Tab A 5.5 Daten des Verhaltensanteiles Lokomotion im "open-filed"-Test [Häufigkeit]

DG	Gruppe	Test 1		Test 2		Test 3		DG	Gruppe	Diff 1/2		Diff 1/3	
		LS Mean	SE	LS Mean	SE	LS Mean	SE			LS Mean	SE	LS Mean	SE
1	v	37,25	3,75	58,13	3,53	46,25	3,93	1	v	20,88	4,72	9,00	5,32
1	k	40,88	3,75	60,88	3,53	45,25	3,93	1	k	20,00	4,72	4,38	5,32
2	v	39,75	3,75	41,00	3,53	32,25	3,93	2	v	1,25	4,72	-7,50	5,32
2	k	40,38	3,75	44,63	3,53	41,50	3,93	2	k	4,25	4,72	1,13	5,32
3	v	41,75	3,75	48,00	3,53	41,00	3,93	3	v	6,25	4,72	-0,75	5,32
3	k	46,63	3,75	45,88	3,53	48,50	3,93	3	k	-0,75	4,72	1,88	5,32
4	v	51,50	3,75	47,25	3,53	41,63	3,93	4	v	-4,25	4,72	-9,88	5,32
4	k	57,25	3,75	50,75	3,53	45,75	3,93	4	k	-6,50	4,72	-11,50	5,32
5	v	39,71	4,01	45,86	3,77	29,43	4,20	5	v	6,14	4,72	-10,29	5,32
5	k	34,71	4,01	40,71	3,77	33,47	4,20	5	k	6,00	5,05	-1,25	5,69
6	v	38,71	3,75	44,14	3,53	36,57	3,93	6	v	5,43	4,72	-2,14	5,32
6	k	36,38	4,01	43,13	3,77	38,00	4,20	6	k	6,75	5,05	1,63	5,69
7	v	38,00	3,75	40,13	3,53	39,88	3,93	7	v	2,13	4,72	1,88	5,32
7	k	34,38	3,75	34,63	3,53	37,50	3,93	7	k	0,25	4,72	3,13	5,32

Test	Gruppe	LS Mean	SEM	t Value	Pr > t
Diff 1/2	v	5,40	1,82	-0,44	0,6623
	k	4,29	1,79		
Diff 1/3	v	-2,81	2,05	0,95	0,3458
	k	-0,09	2,01		

DG = Durchgang; Diff. = Differenz zwischen Test 1 u. 2 oder 1 u. 3; k = Kontrolltiere; LS Mean = least squares mean; SE = standard error; v = Versuchstiere

Tab A 5.6 Daten des Verhaltensanteiles Flucht + Exkretion im "open-filed"-Test [Dauer in sec.]

DG Gruppe	Test 1		Test 2		Test 3		DG Gruppe	Diff 1/2		Diff 1/3	
	LS Mean	SE	LS Mean	SE	LS Mean	SE		LS Mean	SE	LS Mean	SE
1 v	19,63	9,92	58,75	12,36	66,38	9,70	1 v	39,13	15,57	46,75	12,79
1 k	36,88	9,92	65,38	12,36	61,13	9,70	1 k	28,50	15,57	24,25	12,79
2 v	43,63	9,92	62,00	12,36	46,25	9,70	2 v	18,38	15,57	2,63	12,79
2 k	47,13	9,92	85,13	12,36	67,25	9,70	2 k	38,00	15,57	20,13	12,79
3 v	36,13	9,92	40,63	12,36	65,13	9,70	3 v	4,50	15,57	29,00	12,79
3 k	30,00	9,92	41,25	12,36	83,50	9,70	3 k	11,25	15,57	53,50	12,79
4 v	61,63	9,92	58,13	12,36	76,63	9,70	4 v	-3,50	15,57	15,00	12,79
4 k	63,75	9,92	62,63	12,36	75,50	9,70	4 k	-1,13	15,57	11,75	12,79
5 v	35,46	10,60	32,71	13,21	44,21	10,37	5 v	-2,75	15,57	8,75	12,79
5 k	43,86	10,60	42,61	13,21	50,73	10,37	5 k	-1,25	15,57	6,88	12,79
6 v	30,11	9,92	28,86	12,36	33,00	9,70	6 v	-1,25	15,57	2,89	12,79
6 k	55,75	10,60	40,00	13,21	56,13	10,37	6 k	-15,75	15,57	0,38	12,79
7 v	47,00	9,92	60,50	12,36	70,25	9,70	7 v	13,50	15,57	23,25	12,79
7 k	35,88	9,92	38,13	12,36	66,63	9,70	7 k	2,25	15,57	30,75	12,79

Test	Gruppe	LS Mean	SE	t Value	Pr > t
Diff 1/2	v	9,71	5,89	-0,11	0,9165
	k	8,84	5,89		
Diff 1/3	v	18,32	4,83	0,42	0,6788
	k	21,09	4,83		

Tab A 5.7 Daten des Verhaltensanteiles Flucht + Exkretion im "open-filed"-Test [Häufigkeit]

DG Gruppe	Test 1		Test 2		Test 3		DG Gruppe	Diff 1/2		Diff 1/3	
	LS Mean	SE	LS Mean	SE	LS Mean	SE		LS Mean	SE	LS Mean	SE
1 v	2,50	0,99	9,75	2,55	10,75	1,88	1 v	7,25	2,48	8,25	1,86
1 k	3,88	0,99	12,25	2,55	10,63	1,88	1 k	8,38	2,48	6,75	1,86
2 v	6,00	0,99	12,63	2,55	6,88	1,88	2 v	6,63	2,48	0,88	1,86
2 k	4,50	0,99	18,38	2,55	11,13	1,88	2 k	13,88	2,48	6,63	1,86
3 v	4,88	0,99	7,63	2,55	11,38	1,88	3 v	2,75	2,48	6,50	1,86
3 k	3,88	0,99	8,63	2,55	15,38	1,88	3 k	4,75	2,48	11,50	1,86
4 v	7,38	0,99	12,63	2,55	13,63	1,88	4 v	5,25	2,48	6,25	1,86
4 k	5,38	0,99	11,38	2,55	15,25	1,88	4 k	6,00	2,48	9,88	1,86
5 v	5,71	1,05	5,71	2,72	7,00	2,01	5 v	0,00	2,48	1,29	1,86
5 k	5,54	1,05	8,29	2,72	7,42	2,01	5 k	2,75	2,48	1,88	1,86
6 v	5,43	0,99	6,43	2,55	6,71	1,88	6 v	1,00	2,48	1,29	1,86
6 k	6,00	1,05	8,50	2,72	9,63	2,01	6 k	2,50	2,48	3,63	1,86
7 v	6,88	0,99	9,25	2,55	10,50	1,88	7 v	2,38	2,48	3,63	1,86
7 k	5,25	0,99	8,25	2,55	11,88	1,88	7 k	3,00	2,48	6,63	1,86

Test	Gruppe	LS Mean	SE	t Value	Pr > t
Diff 1/2	v	3,61	0,94	1,73	0,0849
	k	5,89	0,94		
Diff 1/3	v	4,01	0,70	2,73	0,0075
	k	6,70	0,70		

DG = Durchgang; Diff. = Differenz zwischen Test 1 u. 2 oder 1 u. 3; k = Kontrolltiere; LS Mean = least squares mean; SE = standard error; v = Versuchstiere

Tab A 5.8 Daten des Verhaltensanteiles Wand im "open-filed"-Test [Dauer in sec.]

DG Gruppe	Test 1		Test 2		Test 3		DG Gruppe	Diff 1/2		Diff 1/3	
	LS Mean	SE	LS Mean	SE	LS Mean	SE		LS Mean	SE	LS Mean	SE
1 v	16,00	5,03	3,63	6,17	10,00	2,15	1 v	-12,38	7,58	-6,00	5,11
1 k	5,63	5,03	6,38	6,17	8,38	2,15	1 k	0,75	7,58	2,75	5,11
2 v	14,50	5,03	14,50	6,17	2,88	2,15	2 v	0,00	7,58	-11,63	5,11
2 k	12,13	5,03	18,90	6,17	4,88	2,15	2 k	6,78	7,58	-7,25	5,11
3 v	14,25	5,03	8,50	6,17	5,50	2,15	3 v	-5,75	7,58	-8,75	5,11
3 k	8,25	5,03	6,50	6,17	6,13	2,15	3 k	-1,75	7,58	-2,13	5,11
4 v	0,00	5,03	10,13	6,17	5,50	2,15	4 v	10,13	7,58	5,50	5,11
4 k	0,00	5,03	26,50	6,17	4,50	2,15	4 k	26,50	7,58	4,50	5,11
5 v	5,71	5,38	8,00	6,60	2,71	2,30	5 v	2,29	7,58	-3,00	5,11
5 k	8,00	5,38	11,57	6,60	2,71	2,30	5 k	3,75	8,11	-5,29	5,46
6 v	13,29	5,03	25,57	6,17	7,14	2,15	6 v	12,29	7,58	-6,14	5,11
6 k	20,50	5,38	24,00	6,60	3,88	2,30	6 k	3,50	8,11	-16,63	5,46
7 v	23,13	5,03	5,50	6,17	6,00	2,15	7 v	-17,63	7,58	-17,13	5,11
7 k	11,88	5,03	5,25	6,17	8,50	2,15	7 k	-6,63	7,58	-3,38	5,11

Test	Gruppe	LS Mean	SE	t Value	Pr > t
Diff 1/2	v	-1,58	2,92	1,49	0,1384
	k	4,70	2,87		
Diff 1/3	v	-6,73	1,97	1,06	0,2935
	k	-3,92	1,93		

Tab A 5.9 Daten des Verhaltensanteiles Wand im "open-filed"-Test [Häufigkeit]

DG Gruppe	Test 1		Test 2		Test 3		DG Gruppe	Diff 1/2		Diff 1/3	
	LS Mean	SE	LS Mean	SE	LS Mean	SE		LS Mean	SE	LS Mean	SE
1 v	6,00	1,48	0,75	1,80	32,38	7,21	1 v	-5,25	2,22	26,38	7,19
1 k	3,00	1,48	1,88	1,80	29,75	7,21	1 k	-1,13	2,22	26,75	7,19
2 v	5,00	1,48	4,50	1,80	10,50	7,21	2 v	-0,50	2,22	5,50	7,19
2 k	3,50	1,48	7,63	1,80	13,13	7,21	2 k	4,13	2,22	9,63	7,19
3 v	4,50	1,48	2,88	1,80	14,25	7,21	3 v	-1,63	2,22	9,75	7,19
3 k	3,13	1,48	2,25	1,80	15,75	7,21	3 k	-0,88	2,22	12,63	7,19
4 v	0,00	1,48	4,00	1,80	20,25	7,21	4 v	4,00	2,22	20,25	7,19
4 k	0,00	1,48	6,63	1,80	12,88	7,21	4 k	6,63	2,22	12,88	7,19
5 v	1,71	1,59	2,00	1,93	12,57	7,71	5 v	0,29	2,37	10,86	7,69
5 k	1,14	1,59	3,29	1,93	6,86	7,71	5 k	1,63	2,22	5,75	7,19
6 v	4,71	1,48	7,71	1,80	26,00	7,21	6 v	3,00	2,37	21,29	7,69
6 k	4,63	1,59	6,63	1,93	17,25	7,71	6 k	2,00	2,22	12,63	7,19
7 v	7,50	1,48	1,75	1,80	20,75	7,21	7 v	-5,75	2,22	13,25	7,19
7 k	3,63	1,48	1,25	1,80	26,25	7,21	7 k	-2,38	2,22	22,63	7,19

Test	Gruppe	LS Mean	SEM	t Value	Pr > t
Diff 1/2	v	-0,83	0,85	1,89	0,0617
	k	1,43	0,84		
Diff 1/3	v	15,32	2,78	-0,16	0,8720
	k	14,70	2,72		

DG = Durchgang; Diff. = Differenz zwischen Test 1 u. 2 oder 1 u. 3; k = Kontrolltiere; LS Mean = least squares mean; SE = standard error; v = Versuchstiere

Tab A 5.10 Daten des Verhaltensanteiles Lautäußerungen im "open-field"-Test [sec.]

DG	Gruppe	Test 1		Test 2		Test 3		DG	Gruppe	Diff 1/2		Diff 1/3	
		LS Mean	SE	LS Mean	SE	LS Mean	SE			LS Mean	SE	LS Mean	SE
1	v	55,88	6,26	80,88	7,51	62,50	6,90	1	v	-29,50	28,85	-38,38	28,29
1	k	47,50	6,26	84,63	7,51	64,50	6,90	1	k	60,75	28,85	43,75	28,29
2	v	48,50	6,26	67,00	7,51	49,25	6,90	2	v	107,38	28,85	60,75	28,29
2	k	45,75	6,27	81,25	7,51	71,00	6,90	2	k	113,78	28,85	124,13	28,29
3	v	57,63	6,27	69,75	7,51	69,00	6,90	3	v	22,38	28,85	55,00	28,29
3	k	56,88	6,27	72,75	7,51	81,25	6,90	3	k	62,13	28,85	85,75	28,29
4	v	59,88	6,28	70,13	7,51	64,50	6,90	4	v	15,13	28,85	41,00	28,29
4	k	44,13	6,28	63,25	7,51	71,13	6,90	4	k	78,13	28,85	130,38	28,29
5	v	30,06	6,29	49,63	7,51	28,06	6,90	5	v	55,57	28,85	7,71	28,29
5	k	30,75	6,29	55,88	7,51	41,88	6,90	5	k	89,13	30,84	30,00	30,24
6	v	53,25	6,29	73,96	7,51	54,88	6,90	6	v	44,14	28,85	12,29	28,29
6	k	49,50	6,30	74,50	7,51	64,88	6,90	6	k	67,25	30,84	20,13	30,24
7	v	56,38	6,30	68,00	7,51	52,00	6,90	7	v	34,13	28,85	-30,88	28,29
7	k	47,50	6,30	65,63	7,51	71,75	6,90	7	k	41,38	28,85	37,50	28,29

Test	Gruppe	LS Mean	SE	t Value	Pr > t
Diff 1/2	v	35,60	11,12	2,41	0,0176
	k	73,22	10,90		
Diff 1/3	v	15,36	10,91	3,41	0,0010
	k	67,38	10,69		

Tab A 5.11 Daten des Verhaltensanteiles Lautäußerungen im "open-field"-Test [Häufigkeit]

DG	Gruppe	Test 1		Test 2		Test 3		DG	Gruppe	Diff 1/2		Diff 1/3	
		LS Mean	SE	LS Mean	SE	LS Mean	SE			LS Mean	SE	LS Mean	SE
1	v	55,88	6,26	80,88	7,51	62,50	6,90	1	v	25,00	7,21	6,63	7,01
1	k	47,50	6,26	84,63	7,51	64,50	6,90	1	k	37,13	7,21	17,00	7,01
2	v	48,50	6,26	67,00	7,51	49,25	6,90	2	v	18,50	7,21	0,75	7,01
2	k	45,75	6,27	81,25	7,51	71,00	6,90	2	k	35,50	7,21	25,25	7,01
3	v	57,63	6,27	69,75	7,51	69,00	6,90	3	v	12,13	7,21	11,38	7,01
3	k	56,88	6,27	72,75	7,51	81,25	6,90	3	k	15,88	7,21	24,38	7,01
4	v	59,88	6,28	70,13	7,51	64,50	6,90	4	v	10,25	7,21	4,63	7,01
4	k	44,13	6,28	63,25	7,51	71,13	6,90	4	k	19,13	7,21	27,00	7,01
5	v	30,06	6,29	49,63	7,51	28,06	6,90	5	v	19,57	7,71	-2,00	7,49
5	k	30,75	6,29	55,88	7,51	41,88	6,90	5	k	25,13	7,21	11,13	7,01
6	v	53,25	6,29	73,96	7,51	54,88	6,90	6	v	20,71	7,71	1,63	7,49
6	k	49,50	6,30	74,50	7,51	64,88	6,90	6	k	25,00	7,21	15,38	7,01
7	v	56,38	6,30	68,00	7,51	52,00	6,90	7	v	11,63	7,21	-4,38	7,01
7	k	47,50	6,30	65,63	7,51	71,75	6,90	7	k	18,13	7,21	24,25	7,01

Test	Gruppe	LS Mean	SE	t Value	Pr > t
Diff 1/2	v	16,83	2,78	2,13	0,0356
	k	25,13	2,73		
Diff 1/3	v	2,66	2,70	4,74	<.0001
	k	20,63	2,65		

DG = Durchgang; Diff. = Differenz zwischen Test 1 u. 2 oder 1 u. 3; k = Kontrolltiere; LS Mean = least squares mean; SE = standard error; v = Versuchstiere

Tab A 5.12 Daten des Verhaltensanteiles Kontakt im "novel object"-Test [Dauer in sec.]

DG	Gruppe	Test 1		Test 2		Test 3		DG	Gruppe	Diff 1/2		Diff 1/3	
		LS Mean	SE	LS Mean	SE	LS Mean	SE			LS Mean	SE	LS Mean	SE
1	v	19,25	10,36	49,13	9,49	42,50	14,20	1	v	29,88	13,57	23,25	16,68
1	k	26,50	10,36	27,38	9,49	58,25	14,20	1	k	0,88	13,57	31,75	16,68
2	v	61,75	10,36	34,75	9,49	102,88	14,20	2	v	-27,00	13,57	41,13	16,68
2	k	78,38	10,36	34,50	9,49	48,38	14,20	2	k	-43,88	13,57	-30,00	16,68
3	v	23,63	10,36	38,38	9,49	33,75	14,20	3	v	14,75	13,57	10,13	16,68
3	k	17,38	10,36	27,88	9,49	17,75	14,20	3	k	10,50	13,57	0,38	16,68
4	v	16,50	10,36	23,25	9,49	49,88	14,20	4	v	6,75	13,57	33,38	16,68
4	k	9,00	10,36	18,88	9,49	25,38	14,20	4	k	9,88	13,57	16,38	16,68
5	v	47,29	11,07	59,71	10,15	75,00	15,18	5	v	12,43	13,57	27,71	16,68
5	k	84,61	11,07	63,86	10,15	90,50	15,18	5	k	-20,75	14,50	22,50	17,84
6	v	50,14	10,36	50,14	9,49	99,00	14,20	6	v	0,00	13,57	48,86	16,68
6	k	53,25	11,07	52,38	10,15	62,88	15,18	6	k	-0,88	14,50	9,63	17,84
7	v	42,38	10,36	35,13	9,49	65,88	14,20	7	v	-7,25	13,57	23,50	16,68
7	k	34,75	10,36	26,75	9,49	39,88	14,20	7	k	-8,00	13,57	5,13	16,68

Test	Gruppe	LS Mean	SE	t Value	Pr > t
Diff 1/2	v	4,22	5,23	-1,60	0,1139
	k	-7,46	5,13		
Diff 1/3	v	29,71	6,43	-2,41	0,0177
	k	7,96	6,31		

Tab A 5.13 Daten des Verhaltensanteiles Kontakt im "novel object"-Test [Häufigkeit]

DG	Gruppe	Test 1		Test 2		Test 3		DG	Gruppe	Diff 1/2		Diff 1/3	
		LS Mean	SE	LS Mean	SE	LS Mean	SE			LS Mean	SE	LS Mean	SE
1	v	4,25	1,63	8,75	1,58	6,63	2,01	1	v	4,50	2,10	2,38	2,70
1	k	4,63	1,63	4,75	1,58	9,38	2,01	1	k	0,13	2,10	4,75	2,70
2	v	9,00	1,63	7,00	1,58	12,63	2,01	2	v	-2,00	2,10	3,63	2,70
2	k	10,88	1,63	6,25	1,58	7,88	2,01	2	k	-4,63	2,10	-3,00	2,70
3	v	4,50	1,63	9,00	1,58	6,88	2,01	3	v	4,50	2,10	2,38	2,70
3	k	4,38	1,63	8,00	1,58	4,38	2,01	3	k	3,63	2,10	0,00	2,70
4	v	5,25	1,63	7,75	1,58	9,13	2,01	4	v	2,50	2,10	3,88	2,70
4	k	2,50	1,63	6,63	1,58	6,63	2,01	4	k	4,13	2,10	4,13	2,70
5	v	9,57	1,75	10,14	1,69	9,28	2,14	5	v	0,57	2,25	-0,29	2,88
5	k	11,96	1,75	9,08	1,69	12,71	2,14	5	k	-2,88	2,10	0,75	2,70
6	v	8,00	1,63	9,14	1,58	17,29	2,01	6	v	1,14	2,25	9,29	2,88
6	k	8,88	1,75	10,50	1,69	9,13	2,14	6	k	1,63	2,10	0,25	2,70
7	v	8,13	1,63	8,38	1,58	9,88	2,01	7	v	0,25	2,10	1,75	2,70
7	k	6,63	1,63	5,88	1,58	8,13	2,01	7	k	-0,75	2,10	1,50	2,70

Test	Gruppe	LS Mean	SE	t Value	Pr > t
Diff 1/2	v	1,64	0,81	-1,28	0,202
	k	0,18	0,80		
Diff 1/3	v	3,29	1,04	-1,44	0,1544
	k	1,20	1,02		

DG = Durchgang; Diff. = Differenz zwischen Test 1 u. 2 oder 1 u. 3; k = Kontrolltiere; LS Mean = least squares mean; SE = standard error; v = Versuchstiere

Tab A 5.14 Daten des Verhaltensanteiles Latenz im "novel object"-Test [Dauer in sec.]

DG	Gruppe	Test 1		Test 2		Test 3		DG	Gruppe	Diff 1/2		Diff 1/3	
		LS Mean	SE	LS Mean	SE	LS Mean	SE			LS Mean	SE	LS Mean	SE
1	v	355,00	20,77	317,80	11,99	321,20	13,84	1	v	-37,20	26,70	-33,80	27,04
1	k	366,63	16,42	332,25	9,48	328,13	10,94	1	k	-34,38	26,70	-38,50	27,04
2	v	338,38	16,42	317,38	9,48	323,50	10,94	2	v	-21,00	26,70	-14,88	27,04
2	k	322,38	16,42	323,25	9,48	329,25	10,94	2	k	0,88	26,70	6,88	27,04
3	v	354,75	16,42	327,25	9,48	327,63	10,94	3	v	-27,50	26,70	-27,13	27,04
3	k	329,67	18,96	316,17	10,94	327,50	12,64	3	k	-13,50	26,70	-2,17	27,04
4	v	365,25	16,42	337,13	9,48	345,38	10,94	4	v	-28,13	26,70	-19,88	27,04
4	k	401,25	16,42	313,25	9,48	378,25	10,94	4	k	-88,00	26,70	-23,00	27,04
5	v	378,71	17,56	332,57	10,13	329,71	11,70	5	v	-46,14	28,54	-49,00	28,90
5	k	346,57	17,56	320,57	10,13	326,71	11,70	5	k	-26,00	26,70	-19,86	27,04
6	v	334,71	17,56	322,00	10,13	338,71	11,70	6	v	-12,71	28,54	4,00	28,90
6	k	349,86	17,56	320,86	10,13	331,43	11,70	6	k	-29,00	26,70	-18,43	27,04
7	v	355,00	16,42	330,88	9,48	331,13	10,94	7	v	-24,13	26,70	-23,88	27,04
7	k	394,57	17,56	334,57	10,13	336,71	11,70	7	k	-60,00	26,70	-57,86	27,04

Test	Gruppe	LS Mean	SE	t Value	Pr > t
Diff 1/2	v	-28,12	10,29	-0,76	0,4494
	k	-35,71	10,09		
Diff 1/3	v	-23,51	10,42	-0,04	0,9698
	k	-21,85	10,22		

Tab. A 6 Speichelkortisol [ng/ml]

DG	G	6. LW		7. + 8. LW		9. + 10. LW		11. + 12. LW		13. + 14. LW		15. + 16. LW		17. + 18. LW		19. + 20. LW	
		LSM	SEM	LSM	SEM	LSM	SEM	LSM	SEM	LSM	SEM	LSM	SEM	LSM	SEM	LSM	SEM
1	v	0,43	0,36	1,75	0,47	0,70	0,41	1,55	0,39	2,10	0,51	1,99	0,75	0,85	0,51	1,81	0,39
1	k	0,30	0,36	1,88	0,47	0,78	0,41	0,65	0,39	0,87	0,51	0,43	0,75	2,15	0,51	1,72	0,39
2	v	0,80	0,36	2,40	0,47	1,66	0,41	2,54	0,39	3,18	0,51	2,80	0,75	2,33	0,51	1,88	0,39
2	k	0,32	0,36	2,37	0,47	2,04	0,41	1,90	0,39	1,45	0,51	1,75	0,75	1,66	0,51	1,63	0,39
3	v	0,29	0,36	0,37	0,47	1,01	0,41	1,99	0,39	0,56	0,51	1,89	0,75	1,23	0,51	0,50	0,39
3	k	2,15	0,36	1,46	0,47	1,74	0,41	2,13	0,39	3,21	0,51	4,18	0,75	2,17	0,51	1,71	0,39
4	v	0,50	0,36	1,74	0,47	3,12	0,41	2,19	0,39	3,88	0,51	7,88	0,75	5,59	0,51	2,18	0,39
4	k	0,46	0,36	5,20	0,47	4,05	0,41	2,06	0,39	5,53	0,51	10,15	0,75	4,93	0,51	2,86	0,39
5	v	3,05	0,38	1,88	0,50	5,74	0,44	5,04	0,42	4,24	0,54	4,25	0,81	3,22	0,55	1,92	0,42
5	k	2,15	0,38	2,18	0,50	2,98	0,44	4,43	0,42	3,32	0,54	4,64	0,81	2,91	0,55	1,42	0,42
6	v	4,95	0,38	4,54	0,50	6,67	0,44	5,63	0,42	4,81	0,54	4,45	0,81	4,76	0,55	6,59	0,42
6	k	3,31	0,36	4,07	0,47	4,57	0,41	5,39	0,38	4,97	0,51	4,04	0,75	4,10	0,51	5,62	0,39
7	v	3,90	0,45	4,64	0,59	5,87	0,52	4,59	0,49	3,93	0,64	2,77	0,95	2,78	0,65	3,94	0,50
7	k	4,41	0,51	4,25	0,66	5,19	0,58	4,93	0,55	3,87	0,72	3,85	1,07	4,28	0,73	5,10	0,56

Gruppe	6. LW		7. + 8. LW		9. + 10. LW		11. + 12. LW		13. + 14. LW		15. + 16. LW		17. + 18. LW		19. + 20. LW	
	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k
LSM	1,99	1,87	2,47	3,06	3,54	3,05	3,36	3,07	3,24	3,32	3,72	4,15	2,97	3,17	2,69	2,87
SEM	0,14	0,15	0,19	0,19	0,16	0,17	0,16	0,16	0,20	0,21	0,30	0,31	0,21	0,21	0,16	0,16
t Value	-0,56		2,17		-2,09		-1,30		0,26		0,98		0,70		0,79	
Pr > t	0,577		0,033		0,040		0,196		0,7980		0,328		0,489		0,431	

DG = Durchgang; Diff. = Differenz zwischen Test 1 u. 2 oder 1 u. 3; G. = Gruppe; k = Kontrolltiere; LS Mean (LSM) = least squares mean; LW = Lebenswoche; SE = standard error; v = Versuchstiere

Tab. A 7 Art und Dauer der aufgetretene Erkrankungen der Versuchs- und Kontrolltiere, sowie zur Therapie eingesetzte Medikamente.

DG	Gruppe	Anzahl	Versuchstag	Diagnose	Medikament
1	v	1	81-83	Lahm	Dexamethason-Injektionslösung (3ml)
2	-	-	-	-	-
3	v	k	20	Durchfall	Nux vomica-Homaccord + Veratrum-Homaccord, 1:1 (5ml)
	v	1	79	Husten	Trimetox 240 (3 ml)
	v	1	99-100	Hautläsion	Zinkoxid-Salbenspray
4	v	1	27	Stoffwechselstörung	Catosal (4ml)
	v	8	77-78	Hautläsion	Zinkoxid-Salbenspray
5	v	1	48	Klauenverletzung	Zinkoxid-Salbenspray
6	-	-	-	-	-
7	v	1	34	Husten	Trimetox 240 (3 ml)
	v	1	49-50	Stoffwechselstörung	Catosal (4ml)
	v	1	80	Fieber	Metapyrin (3,5ml)
	k	1	78-79	Lahm	Dexamethason-Injektionslösung (2,5ml) Vetriproc 30 (3ml)

Tab. A 7.1 Die zur Krankheitstherapie verwendeten Medikamente

Catosal ®, BayerVital GmbH & Co. KG, 51368 Leverkusen

Dexamethason-Injektionslösung ad us. Vet, Medistar Arzneimittel-Vertrieb GmbH, 59439 Holzwickede

Metapyrin ®, Serum-Werk Bernburg AG,

Nux vomica-Homaccord ® ad us. Vet., Biologische Heilmittel Heel GmbH, 76532 Baden-Baden

Trimetox ® 240, Veyx-Pharma GmbH, 34639 Schwarzenborm

Veratrum-Homaccord ® ad us. Vet., Biologische Heilmittel Heel GmbH, 76532 Baden-Baden

Vetriproc ® 30, Ceva Tiergesundheit GmbH, 40472 Düsseldorf

Zinkoxid - Salbenspray, Selectavet, Dr. Otto Fischer, 83629 Weyarn - Holzolling

DG = Durchgang; k = Kontrolltiere; v = Versuchstiere

Tab. A 8 Wundheilung, Gesamtfläche [cm²]

DG	G.	1. Tag		2. Tag		3. Tag		4. Tag		5. Tag		6. Tag		7. Tag		8. Tag		9. Tag		10. Tag	
		LS Mean	SEM																		
1	k	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	v	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	k	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	v	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	k	1,69	0,31	1,97	0,22	2,12	0,37	2,48	0,32	2,29	0,34	3,26	0,41	3,50	0,72	4,29	0,62	5,23	0,85	4,65	0,87
3	v	1,75	0,31	2,01	0,22	2,43	0,37	2,48	0,32	1,53	0,34	1,81	0,41	1,54	0,72	1,58	0,62	1,61	0,85	1,72	0,87
4	k	3,09	0,31	3,40	0,22	3,58	0,37	3,21	0,32	1,82	0,34	2,11	0,41	2,76	0,72	2,50	0,62	2,05	0,85	1,75	0,87
4	v	2,17	0,31	2,92	0,22	3,75	0,37	3,54	0,32	2,49	0,34	2,50	0,41	2,52	0,72	2,15	0,62	1,77	0,85	1,35	0,87
5	k	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	v	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	k	3,16	0,31	3,07	0,22	3,15	0,37	3,79	0,32	3,60	0,34	3,90	0,41	4,60	0,72	2,28	0,62	1,58	0,85	1,55	0,87
6	v	3,74	0,35	3,58	0,26	2,76	0,43	3,12	0,37	2,54	0,39	2,87	0,47	2,02	0,84	1,85	0,72	1,93	0,99	1,64	1,01
7	k	2,56	0,31	3,57	0,22	4,79	0,37	3,59	0,32	2,85	0,34	2,94	0,41	3,92	0,72	2,50	0,62	1,75	0,85	1,61	0,87
7	v	3,53	0,33	3,74	0,24	4,03	0,40	3,82	0,34	2,63	0,36	1,86	0,44	1,94	0,77	1,68	0,66	1,70	0,91	1,55	0,93

Gruppe	1. Tag		2. Tag		3. Tag		4. Tag		5. Tag		6. Tag		7. Tag		8. Tag		9. Tag		10. Tag	
	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v
LS Mean	2,62	2,80	3,00	3,03	3,41	3,24	3,27	3,24	2,64	2,30	3,05	2,26	3,70	2,01	2,89	1,82	2,65	1,75	2,39	1,56
SEM	0,15	0,16	0,11	0,12	0,19	0,20	0,16	0,17	0,17	0,18	0,20	0,22	0,36	0,38	0,31	0,33	0,43	0,45	0,44	0,46
t Value	-0,78		-0,20		0,62		0,12		1,37		2,67		3,20		2,39		1,45		1,30	
Pr > t	0,442		0,844		0,535		0,908		0,176		0,010		0,002		0,021		0,153		0,199	

DG = Durchgang; G. = Gruppe; k = Kontrolltiere; LS Mean = least squares mean; SEM = standard error mean; v = Versuchstiere
 - = Fehldaten in Fotoserie aufgrund von technischen Problemen. Aufgrund der SAS „repeated measurement ANOVA“ blieb der gesamte DG 1,2 u.5 unberücksichtigt.
 Die Fehldaten sind bei der Berechnung des Gruppenvergleichs mittels multipler post hoc Analysen (Tukey-Test) berücksichtigt.

Tab. A 8.1 Wundheilung, Einschusskanal [cm²]

DG G.	1. Tag		2. Tag		3. Tag		4. Tag		5. Tag		6. Tag		7. Tag		8. Tag		9. Tag		10. Tag		
	LS Mean	SEM																			
1	k	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	v	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2	k	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	v	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3	k	0,66	0,04	0,71	0,03	0,65	0,04	0,69	0,04	0,77	0,04	0,63	0,06	0,69	0,07	0,64	0,07	0,64	0,07	0,57	0,08
	v	0,60	0,04	0,64	0,03	0,66	0,04	0,76	0,04	0,69	0,04	0,69	0,06	0,79	0,07	0,77	0,07	0,75	0,07	0,68	0,08
4	k	0,74	0,04	0,75	0,03	0,82	0,04	0,84	0,04	0,76	0,04	0,73	0,06	0,81	0,07	0,81	0,07	0,66	0,07	0,59	0,08
	v	0,68	0,04	0,73	0,03	0,78	0,04	0,76	0,04	0,74	0,04	0,74	0,06	0,82	0,07	0,81	0,07	0,71	0,07	0,60	0,08
5	k	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	v	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	k	0,88	0,04	0,86	0,03	0,88	0,04	0,80	0,04	0,80	0,04	0,80	0,06	0,95	0,07	0,97	0,07	0,88	0,07	0,80	0,08
	v	0,85	0,04	0,90	0,03	0,93	0,05	0,89	0,04	0,79	0,05	0,83	0,06	0,73	0,07	0,70	0,08	0,76	0,08	0,62	0,09
7	k	0,74	0,04	0,92	0,03	0,96	0,04	1,00	0,04	0,90	0,04	0,71	0,06	1,04	0,07	0,98	0,07	0,94	0,07	0,87	0,08
	v	0,77	0,40	0,85	0,03	1,00	0,05	0,98	0,04	0,95	0,05	0,93	0,06	0,93	0,07	0,93	0,08	0,95	0,08	0,84	0,09

Gruppe	1. Tag		2. Tag		3. Tag		4. Tag		5. Tag		6. Tag		7. Tag		8. Tag		9. Tag		10. Tag	
	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v
LS Mean	0,76	0,72	0,81	0,78	0,83	0,84	0,83	0,85	0,81	0,79	0,74	0,80	0,87	0,82	0,85	0,80	0,78	0,79	0,71	0,68
SEM	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
t Value	1,18		1,27		-0,52		-0,71		0,55		-1,39		1,09		0,92		-0,25		0,37	
Pr > t	0,244		0,208		0,607		0,481		0,582		0,171		0,283		0,364		0,806		0,713	

DG = Durchgang; G. = Gruppe; k = Kontrolltiere; LS Mean = least squares mean; SEM = standard error mean; v = Versuchstiere
 - = Fehlzeiten in Fotoserie aufgrund von technischen Problemen. Aufgrund der SAS „repeated measurement ANOVA“ blieb der gesamte DG 1,2 u.5 unberücksichtigt.
 Die Fehlzeiten sind bei der Berechnung des Gruppenvergleichs mittels multipler post hoc Analysen (Tukey-Test) berücksichtigt.

Tab. A 8.2 Wundheilung, Korona [cm²]

DG G.	1. Tag		2. Tag		3. Tag		4. Tag		5. Tag		6. Tag		7. Tag		8. Tag		9. Tag		10. Tag		
	LS Mean	SEM	LS Mean	SEM	LS Mean	SEM	LS Mean	SEM	LS Mean	SEM	LS Mean	SEM									
1	k	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	v	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2	k	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	v	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3	k	1,03	0,30	1,25	0,22	1,47	0,36	1,79	0,31	1,52	0,32	2,64	0,40	2,82	0,72	3,65	0,59	4,59	0,82	4,08	0,85
	v	1,15	0,30	1,36	0,22	1,77	0,36	1,72	0,31	0,84	0,32	1,12	0,40	0,76	0,72	0,82	0,59	0,86	0,82	1,03	0,85
4	k	2,35	0,30	2,65	0,22	2,76	0,36	2,37	0,31	1,06	0,32	1,38	0,40	1,95	0,72	1,70	0,59	1,39	0,82	1,17	0,85
	v	1,49	0,30	2,09	0,22	2,97	0,36	2,78	0,31	1,75	0,32	1,76	0,40	1,70	0,72	1,34	0,59	1,05	0,82	0,76	0,85
5	k	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	v	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	k	2,27	0,30	2,21	0,22	2,26	0,36	2,99	0,31	2,80	0,32	3,10	0,40	3,65	0,72	1,31	0,59	0,69	0,82	0,75	0,85
	v	2,89	0,35	2,67	0,26	1,83	0,41	2,22	0,36	1,78	0,37	2,06	0,65	1,29	0,83	1,07	0,69	1,18	0,50	1,01	0,98
7	k	1,82	0,30	2,65	0,22	3,84	0,36	2,59	0,31	1,94	0,32	2,13	0,40	2,88	0,72	1,53	0,59	0,81	0,82	0,74	0,85
	v	2,76	0,32	2,89	0,24	3,02	0,38	2,84	0,34	1,68	0,35	0,93	0,43	1,01	0,77	0,75	0,63	0,75	0,88	0,70	0,91
Gruppe	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	
LS Mean	1,87	2,07	2,19	2,25	2,58	2,40	2,44	2,39	2,44	1,83	1,51	2,31	1,47	2,83	1,19	2,04	0,99	1,87	0,96	1,68	0,88
SEM	0,15	0,16	0,11	0,12	0,18	0,19	0,16	0,17	0,16	0,16	0,17	0,20	0,21	0,36	0,38	0,30	0,31	0,41	0,42	0,43	0,45
t Value	-0,93		-0,37		0,71		0,21		0,21	1,34		2,88		3,14		2,44		1,52		1,30	
Pr > t	0,355		0,713		0,480		0,837		0,837	0,185		0,006		0,003		0,018		0,135		0,199	

DG = Durchgang; G. = Gruppe; k = Kontrolltiere; LS Mean = least squares mean; SEM = standard error mean; v = Versuchstiere
 - = Fehlzeiten in Fotoserie aufgrund von technischen Problemen. Aufgrund der SAS „repeated measurement ANOVA“ blieb der gesamte DG 1, 2 u.5 unberücksichtigt.
 Die Fehlzeiten sind bei der Berechnung des Gruppenvergleichs mittels multipler post hoc Analysen (Tukey-Test) berücksichtigt.

Tab. A 8.3 Orale Wundmanipulation [Häufigkeit]

DG	1	2	3	4	5	6	7	LW	Gruppe	LS Mean	SEM	t Value	Pr > t
v	55	159	113	82	179	32	98	19	k	113,71	16,93	0,6807	0,5215
k	105	148	50	127	187	90	89		v	102,57	20,01		

DG = Durchgang; G. = Gruppe; k = Kontrolltiere; LS Mean = least squares mean; SEM = standard error mean; v = Versuchstiere

Tab. A 9 Differentialblutbild, Lymphozyten [%]

DG	G.	13. Tag		21. Tag		34. Tag		48. Tag		62. Tag		76. Tag		90. Tag		104. Tag		111. Tag	
		LS Mean	SE	LS Mean	SE	LS Mean	SE												
1	v	46,44	3,77	57,75	3,40	51,75	3,14	54,69	2,65	45,13	2,92	60,50	3,49	65,69	3,31	49,88	3,25	60,88	3,60
	k	49,14	4,03	56,79	3,64	50,64	3,36	56,07	2,83	56,86	3,12	58,71	3,73	69,86	3,54	58,21	3,47	59,64	3,85
2	v	47,44	3,77	54,00	3,40	54,13	3,14	57,56	2,65	50,44	2,92	57,94	3,49	59,88	3,31	59,38	3,25	58,19	3,60
	k	46,63	3,77	60,63	3,40	51,25	3,14	64,75	2,65	55,88	2,92	60,63	3,49	59,88	3,31	55,75	3,25	51,69	3,60
3	v	52,08	4,36	68,42	3,93	46,58	3,63	56,33	3,06	58,42	3,37	64,25	4,03	61,17	3,82	51,67	3,75	53,67	4,16
	k	56,43	4,03	66,07	3,64	49,71	3,36	55,86	2,83	57,14	3,12	54,07	3,73	54,43	3,54	65,57	3,47	53,50	3,85
4	v	43,57	4,03	53,93	3,64	54,66	3,36	60,14	2,83	58,14	3,12	60,21	3,73	56,79	3,54	51,00	3,47	60,36	3,85
	k	53,14	4,03	58,21	3,64	63,71	3,36	65,64	2,83	58,36	3,12	58,57	3,73	59,00	3,54	46,93	3,47	57,79	3,85
5	v	59,21	4,03	59,21	3,64	58,14	3,36	57,79	2,83	57,64	3,12	58,21	3,73	56,21	3,54	61,07	3,47	61,21	3,85
	k	52,56	3,77	57,06	3,40	56,06	3,14	59,13	2,65	55,56	2,92	56,38	3,49	57,13	3,31	69,88	3,25	59,25	3,60
6	v	59,65	4,03	56,71	3,64	54,57	3,36	54,07	2,83	63,93	3,12	64,00	3,73	63,21	3,54	66,43	3,47	72,50	3,85
	k	58,69	3,77	60,13	3,40	54,44	3,14	59,68	2,65	65,81	2,92	65,50	3,49	71,13	3,31	61,13	3,25	64,13	3,60
7	v	48,79	4,03	54,29	3,64	53,36	3,36	63,21	2,83	58,43	3,12	57,07	3,73	74,93	3,54	63,64	3,47	55,57	3,85
	k	52,06	3,77	47,81	3,40	53,06	3,14	58,06	2,65	62,19	2,92	50,75	3,49	72,19	3,31	59,63	3,25	53,94	3,60
Gruppe	v	51,02	52,66	57,76	58,10	53,34	54,13	57,69	59,89	56,02	58,83	60,31	57,80	62,55	63,37	57,58	59,58	60,34	57,13
	k	1,52	1,47	1,37	1,32	1,26	1,22	1,06	1,03	1,17	1,14	1,40	1,36	1,33	1,29	1,30	1,26	1,45	1,40
t Value		0,78		0,18		0,45		1,49		1,72		-1,29		0,44		1,10		-1,59	
Pr > t		0,439		0,858		0,656		0,141		0,089		0,202		0,660		0,273		0,115	

DG = Durchgang; G. = Gruppe; k = Kontrolltiere; LS Mean (LSM) = least squares mean; LW = Lebenswoche; SE = standard error; v = Versuchstiere

Tab. A 9.1 Differentialblutbild, Monozyten [%]

DG	G.	13. Tag		21. Tag		34. Tag		48. Tag		62. Tag		76. Tag		90. Tag		104. Tag		111. Tag	
		LS Mean	SE	LS Mean	SE	LS Mean	SE												
1	v	1,25	0,33	0,38	0,26	0,69	0,26	1,00	0,23	1,19	0,29	0,88	0,34	0,94	0,28	1,19	0,29	0,88	0,29
	k	0,93	0,35	0,57	0,27	0,57	0,28	0,86	0,24	0,64	0,31	0,50	0,36	0,21	0,30	1,36	0,31	0,43	0,32
2	v	1,13	0,33	0,88	0,26	0,94	0,26	1,00	0,23	0,94	0,29	1,38	0,34	1,00	0,28	1,06	0,29	0,88	0,29
	k	0,81	0,33	0,69	0,26	1,25	0,26	0,75	0,23	1,56	0,29	0,88	0,34	0,81	0,28	1,00	0,29	0,31	0,29
3	v	0,50	0,38	0,42	0,30	0,50	0,30	1,00	0,26	0,17	0,34	1,25	0,39	0,83	0,33	0,50	0,33	0,50	0,34
	k	0,29	0,35	0,57	0,27	0,93	0,28	0,36	0,24	0,93	0,31	1,64	0,36	0,64	0,30	1,64	0,31	0,93	0,32
4	v	1,86	0,35	0,57	0,27	1,57	0,28	1,43	0,24	1,50	0,31	1,79	0,36	2,14	0,30	1,36	0,31	1,14	0,32
	k	1,07	0,35	1,71	0,27	1,64	0,28	1,57	0,24	2,36	0,31	2,21	0,36	1,86	0,30	1,43	0,31	2,21	0,32
5	v	0,86	0,35	1,57	0,27	0,43	0,28	1,14	0,24	1,36	0,31	0,71	0,36	1,07	0,30	0,79	0,31	2,29	0,32
	k	1,25	0,33	0,56	0,26	0,56	0,26	0,69	0,23	1,25	0,29	0,63	0,34	0,38	0,28	0,69	0,29	2,19	0,29
6	v	1,71	0,35	1,29	0,27	1,43	0,28	1,86	0,24	1,00	0,31	1,57	0,36	1,07	0,30	0,57	0,31	0,57	0,32
	k	1,25	0,33	1,75	0,26	1,69	0,26	1,31	0,23	1,25	0,29	1,19	0,34	0,44	0,28	0,44	0,29	1,19	0,29
7	v	1,29	0,35	0,64	0,27	1,00	0,28	1,00	0,24	0,86	0,31	0,86	0,36	0,36	0,30	2,00	0,31	0,36	0,32
	k	1,00	0,33	1,25	0,26	1,00	0,26	0,56	0,23	1,63	0,29	1,56	0,34	0,44	0,28	1,19	0,29	0,50	0,29
Gruppe		v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k
LS Mean		1,23	0,94	0,82	1,02	0,94	1,09	1,20	0,87	1,00	1,37	1,20	1,23	1,06	0,68	1,07	1,11	0,94	1,11
SE		0,13	0,13	0,10	0,10	0,10	0,10	0,09	0,09	0,12	0,11	0,14	0,13	0,11	0,11	0,12	0,11	0,12	0,11
t Value		-1,54		0,36		1,07		-2,63		2,26		0,14		-2,37		0,25		1,00	
Pr > t		0,126		0,176		0,288		0,010		0,026		0,893		0,020		0,806		0,321	

DG = Durchgang; G. = Gruppe; k = Kontrolltiere; LS Mean (LSM) = least squares mean; LW = Lebenswoche; SE = standard error; v = Versuchstiere

Tab. A 9.2 Differentialblutbild, basophile Granulozyten [%]

DG	G.	13. Tag		21. Tag		34. Tag		48. Tag		62. Tag		76. Tag		90. Tag		104. Tag		111. Tag			
		LS Mean	SE	LS Mean	SE	LS Mean	SE	LS Mean	SE												
1	v	0,00	0,09	0,13	0,14	0,06	0,13	0,13	0,13	0,13	0,10	0,00	0,14	0,31	0,15	0,13	0,11	0,06	0,12		
	k	0,07	0,10	0,00	0,15	0,00	0,14	0,07	0,14	0,07	0,10	0,43	0,15	0,07	0,16	0,07	0,12	0,00	0,13		
2	v	0,06	0,09	0,38	0,14	0,19	0,13	0,13	0,13	0,10	0,13	0,00	0,14	0,00	0,15	0,31	0,11	0,00	0,12		
	k	0,06	0,09	0,13	0,14	0,25	0,13	0,88	0,13	0,10	0,13	0,13	0,14	0,25	0,15	0,13	0,11	0,06	0,12		
3	v	0,00	0,11	0,33	0,16	0,25	0,15	0,08	0,15	0,11	0,08	0,16	0,08	0,17	0,00	0,12	0,08	0,14			
	k	0,00	0,10	0,21	0,15	0,14	0,14	0,14	0,14	0,10	0,14	0,21	0,15	0,36	0,16	0,29	0,12	0,07	0,13		
4	v	0,21	0,10	0,07	0,15	0,07	0,14	0,07	0,14	0,10	0,07	0,14	0,14	0,29	0,16	0,00	0,12	0,21	0,13		
	k	0,29	0,10	0,14	0,15	0,00	0,14	0,00	0,14	0,10	0,00	0,15	0,29	0,21	0,16	0,00	0,12	0,07	0,13		
5	v	0,00	0,10	0,00	0,15	0,00	0,14	0,07	0,14	0,10	0,07	0,14	0,00	0,16	0,00	0,12	0,21	0,13			
	k	0,00	0,09	0,00	0,14	0,13	0,13	0,06	0,13	0,10	0,00	0,14	0,06	0,13	0,13	0,11	0,06	0,12			
6	v	0,14	0,10	0,15	0,15	0,36	0,14	0,07	0,14	0,10	0,21	0,14	0,14	0,29	0,16	0,14	0,12	0,50	0,13		
	k	0,13	0,09	0,25	0,14	0,25	0,13	0,44	0,13	0,10	0,19	0,14	0,25	0,13	0,15	0,25	0,11	0,25	0,12		
7	v	0,21	0,10	1,07	0,15	0,07	0,14	0,00	0,14	0,10	0,36	0,14	0,50	0,43	0,16	0,43	0,12	0,50	0,13		
	k	0,19	0,09	0,31	0,14	0,75	0,13	0,19	0,13	0,10	0,25	0,14	0,63	1,06	0,15	0,25	0,11	0,75	0,12		
Gruppe		v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k
LS Mean		0,09	0,10	0,29	0,15	0,14	0,22	0,14	0,21	0,15	0,12	0,15	0,28	0,20	0,32	1,44	0,16	0,22	0,18		
SE		0,04	0,04	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,06	0,05	0,06	0,06	0,04	0,04	0,05	0,05		
t Value		0,27		-1,80		1,04		0,89		-0,55		1,76		1,39		0,23		-0,64			
Pr > t		0,788		0,075		0,303		0,376		0,584		0,081		0,168		0,817		0,524			

DG = Durchgang; G. = Gruppe; k = Kontrolltiere; LS Mean (LSM) = least squares mean; LW = Lebenswoche; SE = standard error; v = Versuchstiere

Tab. A 9.3 Differentialblutbild, neutrophile Granulozyten [%]

DG	G.	13. Tag		21. Tag		34. Tag		48. Tag		62. Tag		76. Tag		90. Tag		104. Tag		111. Tag			
		LS Mean	SE	LS Mean	SE	LS Mean	SE	LS Mean	SE												
1	v	51,06	3,80	40,56	3,29	45,75	3,11	43,13	2,55	53,19	2,85	37,50	3,46	31,00	3,19	46,44	3,25	36,19	3,57		
	k	47,93	4,06	41,79	3,51	47,36	3,32	42,43	2,72	41,43	3,05	39,64	3,70	27,36	3,41	38,64	3,47	37,71	3,81		
2	v	49,88	3,80	43,19	3,29	43,75	3,11	39,94	2,55	47,75	2,85	39,31	3,46	36,56	3,19	37,88	3,25	38,75	3,57		
	k	50,56	3,80	37,88	3,29	46,50	3,11	32,81	2,55	41,75	2,85	37,06	3,46	37,81	3,19	41,69	3,25	46,25	3,57		
3	v	46,08	4,38	30,00	3,79	50,83	3,59	40,67	2,94	40,58	3,30	32,58	4,00	36,42	3,69	45,17	3,75	44,33	4,12		
	k	41,86	4,06	31,71	3,51	48,64	3,32	42,50	2,72	40,86	3,05	42,71	3,70	42,57	3,41	30,21	3,47	42,29	3,81		
4	v	52,07	4,06	43,79	3,51	42,21	3,32	37,64	2,72	39,50	3,05	36,43	3,70	38,64	3,41	45,79	3,47	36,86	3,81		
	k	44,93	4,06	38,14	3,51	33,57	3,32	31,64	2,72	37,93	3,05	37,07	3,70	37,00	3,41	50,79	3,47	37,57	3,81		
5	v	39,21	4,06	38,07	3,51	40,14	3,32	40,14	2,72	40,07	3,05	39,93	3,70	41,07	3,41	36,36	3,47	34,50	3,81		
	k	44,00	3,80	41,69	3,29	42,63	3,11	38,81	2,55	42,25	2,85	40,44	3,46	40,94	3,19	27,75	3,25	36,50	3,57		
6	v	37,50	4,06	40,71	3,51	41,86	3,32	43,00	2,72	32,29	3,05	33,07	3,70	31,43	3,41	28,57	3,47	21,07	3,81		
	k	37,69	3,80	35,75	3,29	42,56	3,11	37,25	2,55	31,88	2,85	31,56	3,46	25,88	3,19	34,44	3,25	32,44	3,57		
7	v	48,00	4,06	42,43	3,51	44,50	3,32	35,00	2,72	39,21	3,05	40,21	3,70	21,29	3,41	32,36	3,47	40,86	3,81		
	k	45,19	3,80	49,25	3,29	44,19	3,11	40,31	2,55	34,38	2,85	45,94	3,46	24,25	3,19	37,31	3,25	41,94	3,57		
Gruppe	v																				
	k																				
LS Mean		46,26	44,59	39,82	39,46	44,11	43,64	39,93	37,97	41,80	38,64	37,01	39,20	33,77	33,69	38,94	37,26	36,08	39,24		
SE		1,53	1,48	1,32	1,28	1,25	1,21	1,02	0,99	1,15	1,11	1,39	1,35	1,28	1,24	1,30	1,26	1,43	1,39		
t Value		-0,78		-0,20		-0,27		-1,38		-1,98		1,13		-0,05		-0,92		1,59			
Pr > t		0,435		0,844		0,788		0,171		0,051		0,259		0,961		0,359		0,116			

DG = Durchgang; G. = Gruppe; k = Kontrolltiere; LS Mean (LSM) = least squares mean; LW = Lebenswoche; SE = standard error; v = Versuchstiere

Tab. A 9.4 Differentialblutbild, eosinophile Granulozyten [%]

DG	G.	13. Tag		21. Tag		34. Tag		48. Tag		62. Tag		76. Tag		90. Tag		104. Tag		111. Tag	
		LS Mean	SE	LS Mean	SE	LS Mean	SE												
1	v	1,25	0,46	1,19	0,37	1,75	0,34	1,06	0,29	0,38	0,35	1,13	0,37	2,06	0,48	2,38	0,49	2,00	0,66
	k	1,93	0,49	0,86	0,39	1,43	0,36	0,57	0,31	1,00	0,37	0,71	0,39	2,50	0,51	1,71	0,52	2,21	0,70
2	v	1,50	0,46	1,56	0,37	1,31	0,34	1,31	0,29	0,75	0,35	1,38	0,37	2,56	0,48	1,38	0,49	2,19	0,66
	k	1,94	0,46	0,69	0,37	0,75	0,34	1,44	0,29	0,63	0,35	1,33	0,37	1,25	0,48	1,43	0,49	1,69	0,66
3	v	1,33	0,53	0,83	0,43	1,83	0,39	1,75	0,34	0,75	0,40	1,67	0,42	1,50	0,55	2,67	0,57	1,42	0,76
	k	1,43	0,49	1,43	0,39	0,57	0,36	1,07	0,31	0,93	0,37	1,36	0,39	2,00	0,51	2,29	0,52	3,21	0,70
4	v	2,29	0,49	1,64	0,39	1,29	0,36	0,57	0,31	0,79	0,37	1,43	0,39	2,14	0,51	1,86	0,52	1,43	0,70
	k	0,57	0,49	1,79	0,39	1,07	0,36	0,93	0,31	1,36	0,37	1,86	0,39	1,93	0,51	0,86	0,52	2,36	0,70
5	v	0,71	0,49	1,14	0,39	1,29	0,36	0,79	0,31	0,86	0,37	1,14	0,39	1,64	0,51	1,79	0,52	1,79	0,70
	k	2,19	0,46	0,69	0,37	0,63	0,34	1,31	0,29	0,94	0,35	2,50	0,37	1,44	0,48	1,56	0,49	2,00	0,66
6	v	1,00	0,49	1,21	0,39	1,79	0,36	1,00	0,31	2,57	0,37	1,21	0,39	4,00	0,51	4,29	0,52	5,36	0,70
	k	2,25	0,46	2,13	0,37	1,06	0,34	1,31	0,29	0,88	0,35	1,50	0,37	2,44	0,48	3,75	0,49	2,00	0,66
7	v	1,71	0,49	1,57	0,39	1,07	0,36	0,79	0,31	1,14	0,37	1,36	0,39	3,00	0,51	1,57	0,52	2,71	0,70
	k	1,56	0,46	1,38	0,37	1,00	0,34	0,88	0,29	1,56	0,35	1,13	0,37	2,06	0,48	1,63	0,49	2,88	0,66

Gruppe	13. Tag		21. Tag		34. Tag		48. Tag		62. Tag		76. Tag		90. Tag		104. Tag		111. Tag	
	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k
LS Mean	1,40	1,70	1,31	1,28	1,47	0,93	1,04	1,07	1,03	1,04	1,33	1,48	2,42	1,95	2,27	1,89	2,41	2,34
SE	0,19	0,18	0,15	0,14	0,14	0,13	0,12	0,11	0,14	0,14	0,15	0,14	0,19	0,19	0,20	0,19	0,26	0,26
t Value	1,15		-0,14		-2,88		0,21		0,04		0,74		-1,77		-1,40		-0,21	
Pr > t	0,2547		0,8855		0,0050		0,8330		0,9688		0,4631		0,0807		0,1647		0,8342	

DG = Durchgang; G. = Gruppe; k = Kontrolltiere; LS Mean (LSM) = least squares mean; LW = Lebenswoche; SE = standard error; v = Versuchstiere

Tab. A 9.5 Differentialblutbild, neutrophile Granulozyten / Lymphozyten, Verhältnis (N/L)

DG	G.	13. Tag		21. Tag		34. Tag		48. Tag		62. Tag		76. Tag		90.Tag		104. Tag		111. Tag	
		LS Mean	SE	LS Mean	SE	LS Mean	SE												
1	v	1,24	0,19	0,77	0,10	0,92	0,12	0,82	0,08	1,26	0,09	0,64	0,11	0,48	0,09	1,09	0,12	0,65	0,12
	k	1,07	0,20	0,79	0,11	1,01	0,12	0,78	0,08	0,75	0,10	0,75	0,12	0,44	0,10	0,67	0,13	0,69	0,13
2	v	1,12	0,19	0,83	0,10	0,88	0,12	0,74	0,08	0,97	0,09	0,70	0,11	0,66	0,09	0,70	0,12	0,70	0,12
	k	1,17	0,19	0,67	0,10	0,95	0,12	0,52	0,08	0,79	0,09	0,64	0,11	0,67	0,09	0,76	0,12	0,98	0,12
3	v	1,01	0,21	0,49	0,12	1,12	0,13	0,76	0,09	0,70	0,11	0,54	0,13	0,62	0,11	1,03	0,14	0,90	0,14
	k	0,84	0,20	0,53	0,11	1,04	0,12	0,78	0,08	0,73	0,10	0,84	0,12	0,81	0,10	0,50	0,13	0,85	0,13
4	v	1,49	0,20	0,85	0,11	0,84	0,12	0,66	0,08	0,73	0,10	0,68	0,12	0,70	0,10	0,92	0,13	0,67	0,13
	k	0,99	0,20	0,76	0,11	0,56	0,12	0,49	0,08	0,70	0,10	0,68	0,12	0,63	0,10	1,15	0,13	0,71	0,13
5	v	0,68	0,20	0,70	0,11	0,70	0,12	0,73	0,08	0,73	0,10	0,75	0,12	0,78	0,10	0,61	0,13	0,58	0,13
	k	0,96	0,19	0,74	0,10	0,83	0,12	0,70	0,08	0,80	0,09	0,82	0,11	0,77	0,09	0,43	0,12	0,65	0,12
6	v	0,64	0,20	0,73	0,11	0,77	0,12	0,80	0,08	0,52	0,10	0,54	0,12	0,58	0,10	0,44	0,13	0,31	0,13
	k	0,69	0,19	0,61	0,10	0,85	0,12	0,63	0,08	0,50	0,09	0,50	0,11	0,38	0,09	0,58	0,12	0,54	0,12
7	v	1,04	0,20	0,81	0,11	0,86	0,12	0,57	0,08	0,71	0,10	0,75	0,12	0,29	0,10	0,53	0,13	0,81	0,13
	k	0,91	0,19	1,05	0,10	0,87	0,12	0,72	0,08	0,57	0,09	0,93	0,11	0,35	0,09	0,64	0,12	0,83	0,12
Gruppe		v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k
LS Mean		1,03	0,95	0,74	0,73	0,87	0,87	0,72	0,66	0,80	0,69	0,66	0,74	0,59	0,58	0,76	0,68	0,66	0,75
SE		0,07	0,07	0,04	0,04	0,05	0,05	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05
t Value		-0,83		-0,12		0,06		-1,51		-2,10		1,29		-0,16		-1,26		1,30	
Pr > t		0,411		0,904		0,953		0,134		0,038		0,200		0,870		0,210		0,196	

DG = Durchgang; G. = Gruppe; k = Kontrolltiere; LS Mean (LSM) = least squares mean; LW = Lebenswoche; SE = standard error; v = Versuchstiere

Tab. A 10 Spontane Lymphozytenproliferation [OD]

DG	G.	13. Tag		21. Tag		34. Tag		48. Tag		62. Tag		76. Tag		90. Tag		104. Tag		111. Tag	
		LS Mean	SE	LS Mean	SE	LS Mean	SE												
1	v	0,49	0,05	0,46	0,03	0,47	0,03	0,53	0,03	0,51	0,02	0,52	0,05	0,49	0,04	0,44	0,05	0,44	0,03
	k	0,48	0,05	0,41	0,03	0,42	0,03	0,48	0,03	0,47	0,02	0,47	0,05	0,55	0,04	0,42	0,06	0,43	0,04
2	v	0,60	0,04	0,98	0,02	0,45	0,03	0,44	0,03	0,49	0,02	0,42	0,04	0,69	0,04	0,65	0,05	0,64	0,03
	k	0,60	0,04	0,88	0,02	0,45	0,03	0,40	0,03	0,41	0,02	0,38	0,04	0,57	0,04	0,59	0,05	0,60	0,03
3	v	0,51	0,06	0,39	0,03	0,46	0,04	0,32	0,04	0,35	0,03	0,61	0,06	0,53	0,05	0,67	0,07	0,59	0,04
	k	0,39	0,05	0,37	0,03	0,37	0,03	0,30	0,03	0,32	0,02	0,54	0,05	0,50	0,04	0,62	0,05	0,45	0,03
4	v	0,45	0,05	0,38	0,03	0,33	0,03	0,33	0,03	0,38	0,02	0,62	0,05	0,65	0,04	0,57	0,05	0,41	0,03
	k	0,50	0,04	0,36	0,02	0,31	0,03	0,31	0,03	0,31	0,02	0,64	0,04	0,60	0,04	0,59	0,05	0,41	0,03
5	v	0,42	0,05	0,36	0,03	0,41	0,03	0,35	0,03	0,38	0,02	0,73	0,05	0,52	0,04	0,59	0,05	0,51	0,03
	k	0,51	0,04	0,33	0,02	0,31	0,03	0,33	0,03	0,37	0,02	0,73	0,04	0,47	0,04	0,57	0,05	0,46	0,03
6	v	0,30	0,05	0,32	0,03	0,28	0,03	0,38	0,03	0,30	0,02	0,63	0,05	0,52	0,04	0,50	0,05	0,54	0,03
	k	0,33	0,05	0,46	0,03	0,32	0,03	0,32	0,03	0,32	0,02	0,75	0,05	0,67	0,04	0,62	0,06	0,57	0,04
7	v	0,32	0,05	0,32	0,03	0,30	0,03	0,34	0,03	0,31	0,02	0,53	0,05	0,53	0,04	0,40	0,05	0,45	0,03
	k	0,30	0,04	0,32	0,02	0,32	0,03	0,32	0,03	0,30	0,02	0,55	0,04	0,52	0,04	0,39	0,05	0,43	0,03

Gruppe	13. Tag		21. Tag		34. Tag		48. Tag		62. Tag		76. Tag		90. Tag		104. Tag		111. Tag	
	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k
LS Mean	0,44	0,44	0,46	0,45	0,38	0,36	0,38	0,35	0,39	0,36	0,58	0,58	0,56	0,55	0,55	0,54	0,51	0,48
SE	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
t Value	0,11		-0,67		-1,78		-2,19		-2,87		-0,04		-0,32		-0,2		-1,69	
Pr > t	0,916		0,504		0,078		0,031		0,005		0,969		0,748		0,840		0,095	

DG = Durchgang; G. = Gruppe; k = Kontrolltiere; LS Mean (LSM) = least squares mean; LW = Lebenswoche; SE = standard error; v = Versuchstiere

Tab. A 10.1 Mitogeninduzierte Lymphozytenproliferation mittels ConA [PI]

DG	G.	13. Tag		21. Tag		34. Tag		48. Tag		62. Tag		76. Tag		90. Tag		104. Tag		111. Tag	
		LS Mean	SE	LS Mean	SE	LS Mean	SE												
1	v	2,70	0,19	3,11	0,12	2,59	0,13	2,84	0,19	2,69	0,12	2,51	0,16	1,82	0,13	2,86	0,17	3,09	0,14
	k	2,46	0,20	3,20	0,13	2,35	0,14	2,79	0,20	2,85	0,13	2,62	0,17	1,71	0,14	2,88	0,18	2,94	0,15
2	v	2,27	0,24	1,19	0,16	2,82	0,17	3,21	0,24	2,06	0,15	3,47	0,20	1,92	0,17	2,01	0,21	2,33	0,18
	k	2,08	0,19	1,24	0,12	2,83	0,13	2,80	0,19	2,97	0,12	3,17	0,16	2,06	0,13	2,05	0,17	2,31	0,14
3	v	2,50	0,22	2,61	0,14	2,82	0,15	4,10	0,21	3,14	0,14	2,43	0,18	2,60	0,15	2,71	0,19	2,84	0,16
	k	2,78	0,20	2,49	0,13	2,57	0,14	4,07	0,20	3,07	0,13	2,22	0,17	2,52	0,14	2,50	0,18	3,03	0,15
4	v	3,07	0,20	2,98	0,13	3,72	0,14	3,32	0,20	2,33	0,13	1,68	0,17	1,75	0,14	2,50	0,18	1,46	0,15
	k	2,50	0,19	3,01	0,12	3,88	0,13	3,34	0,19	2,88	0,12	1,73	0,16	1,95	0,13	2,51	0,17	1,46	0,14
5	v	2,70	0,20	4,04	0,13	4,20	0,14	3,22	0,20	2,81	0,13	1,67	0,17	2,80	0,14	2,14	0,18	2,13	0,15
	k	2,14	0,19	4,28	0,12	3,95	0,13	3,00	0,19	3,11	0,12	1,66	0,16	2,70	0,13	2,00	0,17	2,16	0,14
6	v	3,97	0,20	2,70	0,13	2,48	0,14	3,89	0,20	4,23	0,13	1,51	0,17	2,34	0,14	2,74	0,18	2,48	0,15
	k	3,48	0,22	1,98	0,14	2,04	0,15	3,81	0,21	3,99	0,14	1,25	0,18	1,49	0,15	2,16	0,19	2,36	0,16
7	v	0,94	0,20	1,64	0,13	1,30	0,14	0,93	0,20	1,39	0,13	1,32	0,17	0,91	0,14	1,29	0,18	0,88	0,15
	k	0,92	0,19	1,36	0,12	1,26	0,13	0,78	0,19	1,30	0,12	1,25	0,16	0,94	0,13	0,89	0,17	0,81	0,14
Gruppe		v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k
LS Mean		2,59	2,33	2,61	2,51	2,85	2,70	3,07	2,94	2,81	2,88	2,08	1,99	2,02	1,91	2,32	2,14	2,17	2,15
SE		0,08	0,08	0,05	0,05	0,05	0,05	0,08	0,07	0,05	0,05	0,07	0,06	0,05	0,05	0,07	0,07	0,06	0,06
t Value		-2,3600		-1,43		-1,99		-1,24		1,03		-1,07		-1,45		-1,89		-0,025	
Pr > t		0,021		0,157		0,050		0,217		0,306		0,287		0,151		0,063		0,806	

DG = Durchgang; G. = Gruppe; k = Kontrolltiere; LS Mean (LSM) = least squares mean; LW = Lebenswoche; SE = standard error; v = Versuchstiere

Tab. A 10.2 Mitogeninduzierte Lymphozytenproliferation mittels LPS [PI]

DG	G.	13. Tag		21. Tag		34. Tag		48. Tag		62. Tag		76. Tag		90. Tag		104. Tag		111. Tag	
		LS Mean	SE	LS Mean	SE	LS Mean	SE												
1	v	1,60	0,12	1,57	0,08	1,44	0,07	1,65	0,62	1,55	0,07	1,44	0,06	1,51	0,09	1,32	0,09	1,55	0,08
	k	1,42	0,12	1,40	0,08	1,53	0,07	1,71	0,11	1,53	0,07	1,50	0,06	1,23	0,09	1,46	0,09	1,59	0,08
2	v	2,22	0,28	1,06	0,20	1,58	0,17	1,70	0,26	1,46	0,18	1,63	0,15	1,19	0,21	1,01	0,22	1,01	0,20
	k	2,10	0,28	1,02	0,20	1,64	0,17	1,63	0,26	1,75	0,18	1,53	0,15	1,18	0,21	1,72	0,22	1,39	0,20
3	v	1,38	0,20	1,24	0,14	1,60	0,12	1,64	0,18	1,72	0,12	1,35	0,11	1,20	0,15	1,25	0,16	1,23	0,14
	k	1,71	0,12	1,44	0,08	1,63	0,07	2,98	0,11	2,18	0,07	1,46	0,06	1,55	0,09	1,55	0,09	1,84	0,08
4	v	1,88	0,13	1,85	0,09	1,74	0,08	1,73	0,12	1,64	0,08	1,20	0,07	1,18	0,10	1,28	0,10	1,20	0,09
	k	1,50	0,12	1,77	0,08	1,96	0,07	2,05	0,11	2,00	0,07	1,24	0,06	1,32	0,09	1,26	0,09	1,22	0,08
5	v	1,32	0,14	1,38	0,10	1,66	0,08	1,74	0,13	1,46	0,09	1,04	0,08	1,47	0,11	1,29	0,11	1,33	0,10
	k	1,37	0,16	2,09	0,11	2,15	0,10	2,15	0,15	1,94	0,10	1,25	0,09	1,51	0,12	1,34	0,13	1,43	0,11
6	v	1,71	0,16	1,57	0,11	1,66	0,10	1,34	0,15	1,76	0,10	1,10	0,09	1,37	0,12	1,45	0,13	1,58	0,11
	k	1,64	0,20	1,41	0,14	1,43	0,12	1,83	0,18	1,93	0,12	1,07	0,11	1,28	0,15	1,41	0,16	1,81	0,14
7	v	0,57	0,11	0,51	0,08	0,49	0,06	0,51	0,10	0,53	0,07	0,58	0,06	0,59	0,08	0,53	0,08	0,55	0,07
	k	0,61	0,10	0,61	0,07	0,68	0,06	0,46	0,09	0,82	0,06	0,58	0,05	0,58	0,08	0,47	0,08	0,54	0,07

Gruppe	13. Tag		21. Tag		34. Tag		48. Tag		62. Tag		76. Tag		90. Tag		104. Tag		111. Tag	
	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k
LS Mean	1,52	1,48	1,31	1,39	1,45	1,57	1,47	1,72	1,45	1,73	1,19	1,23	1,22	1,24	1,16	1,32	1,21	1,40
SE	0,06	0,06	0,05	0,04	0,04	0,04	0,06	0,06	0,04	0,04	0,03	0,03	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04
t Value	-0,52		1,22		2,26		2,95		5,13		0,84		0,27		2,19		3,12	
Pr > t	0,604		0,227		0,029		0,005		<,0001		0,404		0,786		0,034		0,003	

DG = Durchgang; G. = Gruppe; k = Kontrolltiere; LS Mean (LSM) = least squares mean; LW = Lebenswoche; SE = standard error; v = Versuchstiere

Tab. A 10.3 Mitogeninduzierte Lymphozytenproliferation mittels PWM [PI]

DG	G.	13. Tag		21. Tag		34. Tag		48. Tag		62. Tag		76. Tag		90. Tag		104. Tag		111. Tag	
		LS Mean	SE	LS Mean	SE	LS Mean	SE												
1	v	1,87	0,22	1,92	0,17	2,49	0,17	2,23	0,23	2,40	0,15	1,86	0,13	1,49	0,14	1,78	0,13	2,06	0,14
	k	1,49	0,20	2,13	0,16	2,03	0,15	2,19	0,21	2,31	0,14	1,97	0,12	1,37	0,13	2,05	0,12	2,05	0,13
3	v	1,63	0,20	1,81	0,16	1,69	0,15	2,24	0,21	2,32	0,14	1,71	0,12	1,66	0,13	1,44	0,12	1,65	0,13
	k	1,94	0,24	1,54	0,19	1,92	0,19	2,68	0,26	2,47	0,17	1,65	0,15	1,71	0,15	1,78	0,15	2,06	0,16
4	v	2,57	0,20	1,80	0,16	2,59	0,15	2,60	0,21	2,12	0,14	1,42	0,12	1,42	0,13	1,76	0,12	1,30	0,13
	k	1,78	0,18	1,99	0,15	2,28	0,14	2,45	0,20	2,48	0,13	1,58	0,11	1,61	0,12	1,80	0,11	1,26	0,12
5	v	2,40	0,18	3,30	0,15	2,68	0,14	2,50	0,20	2,12	0,13	1,18	0,11	1,94	0,16	1,71	0,11	1,80	0,12
	k	2,23	0,28	3,34	0,22	2,71	0,21	2,61	0,30	2,33	0,20	1,50	0,17	1,78	0,18	1,59	0,17	1,75	0,19
6	v	2,40	0,18	1,99	0,15	2,20	0,14	2,81	0,20	3,11	0,13	1,29	0,11	1,76	0,12	1,96	0,11	1,94	0,12
	k	2,51	0,22	1,72	0,17	1,78	0,17	3,21	0,23	3,23	0,15	1,24	0,13	1,55	0,14	1,89	0,13	2,27	0,14
7	v	0,77	0,20	1,07	0,16	0,99	0,15	0,79	0,21	1,05	0,14	1,04	0,12	0,81	0,13	0,95	0,12	0,79	0,13
	k	0,69	0,17	1,00	0,14	1,01	0,13	0,68	0,18	1,02	0,12	1,09	0,11	0,80	0,11	0,78	0,10	0,77	0,11

Gruppe	13. Tag		21. Tag		34. Tag		48. Tag		62. Tag		76. Tag		90. Tag		104. Tag		111. Tag	
	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k
LS Mean	1,94	1,77	1,98	1,95	2,10	1,95	2,19	2,30	2,18	2,30	1,41	1,50	1,51	1,47	1,60	1,65	1,59	1,69
SE	0,08	0,09	0,06	0,07	0,06	0,07	0,09	0,10	0,06	0,06	0,05	0,06	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,06
t Value	-1,38		-0,3		-1,65		0,83		1,42		1,18		-0,57		0,69		1,3	
Pr > t	0,172		0,765		0,104		0,409		0,161		0,242		0,573		0,493		0,200	

DG = Durchgang; G. = Gruppe; k = Kontrolltiere; LS Mean (LSM) = least squares mean; LW = Lebenswoche; SE = standard error; v = Versuchstiere

Tab. A 11 Gesamteiweiß [g/l]

DG	G.	13. Tag		21. Tag		34. Tag		48. Tag		62. Tag		76. Tag		90. Tag		104. Tag		111. Tag	
		LS Mean	SE	LS Mean	SE	LS Mean	SE												
1	v	51,18	1,17	56,90	1,36	57,24	1,55	55,78	1,45	62,09	1,65	60,88	1,52	68,46	1,60	69,38	1,50	74,93	1,62
	k	50,77	1,17	52,09	1,36	56,64	1,55	56,30	1,45	60,58	1,65	59,80	1,52	69,64	1,60	68,17	1,50	73,33	1,62
2	v	48,61	1,17	52,43	1,36	56,02	1,55	61,89	1,45	58,43	1,65	62,18	1,52	68,75	1,60	67,64	1,50	65,90	1,62
	k	47,99	1,17	52,96	1,36	53,22	1,55	61,04	1,45	55,73	1,65	61,61	1,52	65,54	1,60	62,44	1,50	61,07	1,62
3	v	52,41	1,26	60,81	1,46	62,76	1,66	66,15	1,55	72,49	1,76	67,90	1,63	79,97	1,71	79,79	1,60	84,06	1,73
	k	52,79	1,17	61,14	1,36	65,65	1,55	67,56	1,45	69,77	1,65	67,09	1,52	76,22	1,60	76,35	1,50	77,79	1,62
4	v	54,88	1,26	59,65	1,46	59,78	1,66	61,15	1,55	70,35	1,76	72,11	1,63	68,99	1,71	74,70	1,60	76,43	1,73
	k	57,88	1,17	61,82	1,36	61,52	1,55	68,11	1,45	69,44	1,65	69,16	1,52	69,82	1,60	71,25	1,50	70,84	1,62
5	v	47,65	1,26	51,66	1,46	55,91	1,66	59,24	1,55	60,69	1,76	72,70	1,63	72,53	1,71	69,35	1,60	73,22	1,73
	k	64,31	1,17	49,39	1,36	55,33	1,55	55,58	1,45	61,15	1,65	70,80	1,52	73,09	1,60	71,41	1,50	71,71	1,62
6	v	48,18	1,26	55,46	1,46	55,53	1,66	61,52	1,55	60,32	1,76	70,42	1,63	77,69	1,71	75,89	1,60	81,08	1,73
	k	48,37	1,17	54,09	1,36	55,23	1,55	59,75	1,45	57,94	1,65	68,76	1,52	69,52	1,60	72,49	1,50	76,09	1,62
7	v	51,98	1,26	59,23	1,46	62,48	1,66	66,46	1,55	66,57	1,76	67,10	1,63	74,37	1,71	78,02	1,60	83,60	1,73
	k	50,28	1,17	58,34	1,36	66,02	1,55	66,16	1,45	67,13	1,65	61,57	1,52	73,01	1,60	73,85	1,50	76,38	1,62
Gruppe	v	50,70	50,63	56,59	55,69	58,53	59,09	61,74	62,07	64,42	63,11	67,61	65,54	72,96	70,98	73,54	70,85	77,03	72,46
	k	0,47	0,44	0,54	0,51	0,61	0,59	0,57	0,55	0,65	0,62	0,60	0,58	0,64	0,61	0,59	0,57	0,64	0,61
t Value		-0,11		-1,21		0,66		0,42		-1,46		-2,49		-2,26		-3,27		-5,16	
Pr > t		0,915		0,230		0,513		0,679		0,149		0,015		0,026		0,002		<,0001	

DG = Durchgang; G. = Gruppe; k = Kontrolltiere; LS Mean (LSM) = least squares mean; LW = Lebenswoche; SE = standard error; v = Versuchstiere

Tab. A 11.1 Immunglobulin G (IgG), [g/l]

DG	G.	13. Tag		21. Tag		34. Tag		48. Tag		62. Tag		76. Tag		90. Tag		104. Tag		111. Tag			
		LS Mean	SE	LS Mean	SE	LS Mean	SE	LS Mean	SE	LS Mean	SE	LS Mean	SE	LS Mean	SE	LS Mean	SE	LS Mean	SE	LS Mean	SE
1	v	9,00	0,74	10,66	0,83	14,40	0,81	13,86	0,97	13,84	0,83	14,21	0,78	16,71	0,77	15,10	0,85	19,11	0,80		
	k	7,51	0,74	7,28	0,83	12,45	0,81	12,03	0,97	13,43	0,83	13,37	0,78	14,61	0,77	12,96	0,85	14,81	0,80		
2	v	5,86	0,74	7,64	0,83	11,93	0,81	12,19	0,97	14,39	0,83	14,88	0,78	14,60	0,77	13,67	0,85	14,30	0,80		
	k	5,48	0,74	6,97	0,83	10,05	0,81	9,68	0,97	11,84	0,83	12,10	0,78	12,77	0,77	11,85	0,85	11,95	0,80		
3	v	5,76	0,79	7,73	0,89	11,80	0,87	15,51	1,04	17,35	0,89	17,86	0,83	16,56	0,82	19,56	0,91	19,28	0,86		
	k	5,61	0,74	6,68	0,83	10,09	0,81	13,47	0,97	16,19	0,83	15,51	0,78	15,12	0,77	16,73	0,85	16,46	0,80		
4	v	10,48	0,79	13,43	0,89	15,91	0,87	19,78	1,04	22,62	0,89	23,01	0,83	25,33	0,82	27,84	0,91	29,21	0,86		
	k	9,50	0,74	13,32	0,83	14,30	0,81	16,16	0,97	19,15	0,83	21,66	0,78	23,80	0,77	24,02	0,85	23,13	0,80		
5	v	10,78	0,79	11,19	0,89	16,02	0,87	16,99	1,04	17,88	0,89	18,13	0,83	19,68	0,82	20,27	0,91	18,72	0,86		
	k	10,12	0,74	12,20	0,83	16,82	0,81	16,22	0,97	15,05	0,83	16,21	0,78	17,55	0,77	19,97	0,85	17,37	0,80		
6	v	6,07	0,79	8,19	0,89	11,00	0,87	14,02	1,04	15,59	0,89	14,58	0,83	16,89	0,82	16,45	0,91	17,27	0,86		
	k	6,10	0,74	7,33	0,83	11,23	0,81	13,51	0,97	16,23	0,83	16,30	0,78	16,83	0,77	19,42	0,85	18,90	0,80		
7	v	7,15	0,79	9,98	0,89	11,02	0,87	11,51	1,04	13,95	0,89	14,21	0,83	15,85	0,82	17,73	0,91	18,39	0,86		
	k	6,53	0,74	8,79	0,83	10,48	0,81	12,87	0,97	14,89	0,83	15,70	0,78	17,03	0,77	15,14	0,85	19,56	0,80		
Gruppe		v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k
LS Mean		7,87	7,26	9,83	8,94	13,15	12,20	14,84	13,42	16,52	15,25	16,70	15,84	17,95	16,81	18,66	17,15	19,47	17,45		
SE		0,29	0,28	0,33	0,31	0,32	0,31	0,39	0,37	0,33	0,31	0,31	0,29	0,30	0,29	0,34	0,32	0,32	0,30		
t Value		-1,50		-1,97		-2,14		-2,65		-2,77		-2,03		-2,69		-3,23		-4,57			
Pr > t		0,1381		0,0523		0,0352		0,0094		0,0068		0,0455		0,0085		0,0017		<,0001			

DG = Durchgang; G. = Gruppe; k = Kontrolltiere; LS Mean (LSM) = least squares mean; LW = Lebenswoche; SE = standard error; v = Versuchstiere

Tab. A 12 Lebendmasse [kg]

DG	G.	1. Lebenstag		8. Lebenstag		15. Lebenstag		22. Lebenstag		31. Lebenstag		38. Lebenstag		45. Lebenstag		52. Lebenstag		59. Lebenstag	
		LS Mean	SE	LS Mean	SE	LS Mean	SE	LS Mean	SE	LS Mean	SE	LS Mean	SE	LS Mean	SE	LS Mean	SE	LS Mean	SE
1	v	1,42	0,11	4,67	0,22	6,68	0,28	7,95	0,30	9,65	0,32	12,05	0,46	13,44	0,57	16,24	0,77	17,15	0,88
	k	1,43	0,01	4,71	0,24	6,61	0,30	7,95	0,32	9,51	0,34	11,93	0,49	14,01	0,61	15,93	0,82	17,00	0,94
2	v	1,50	0,11	4,73	0,22	6,52	0,28	7,96	0,30	9,30	0,32	11,60	0,46	13,45	0,57	17,10	0,77	18,23	0,88
	k	1,60	0,11	5,13	0,22	6,85	0,28	8,24	0,30	9,99	0,32	12,66	0,46	14,44	0,57	17,15	0,77	18,25	0,88
3	v	1,36	0,11	4,91	0,22	7,01	0,28	8,26	0,30	9,54	0,32	12,49	0,46	14,29	0,57	18,60	0,77	20,75	0,88
	k	1,42	0,11	4,92	0,22	6,92	0,28	8,21	0,30	9,66	0,32	12,14	0,46	13,49	0,57	18,45	0,77	19,83	0,88
4	v	1,73	10,53	5,24	0,24	7,23	0,30	8,93	0,32	10,29	0,34	13,21	0,49	15,61	0,61	20,50	0,82	22,40	0,94
	k	1,75	0,11	5,52	0,22	7,39	0,28	9,05	0,30	10,30	0,32	13,27	0,46	15,01	0,57	20,05	0,77	22,18	0,88
5	v	1,39	0,11	4,63	0,26	6,27	0,32	7,61	0,35	9,23	0,37	12,90	0,53	15,43	0,66	18,97	0,89	20,35	10,12
	k	1,44	0,11	4,38	0,22	6,07	0,28	7,61	0,30	9,34	0,32	11,69	0,46	13,40	0,57	17,48	0,77	18,99	0,88
6	v	1,59	0,11	5,25	0,26	7,15	0,32	9,09	0,35	11,26	0,37	14,27	0,53	16,95	0,66	21,48	0,89	23,45	1,01
	k	1,67	0,12	5,14	0,22	7,11	0,28	8,88	0,30	10,75	0,32	14,26	0,46	16,51	0,57	20,56	0,77	22,10	0,88
7	v	1,70	0,11	4,63	0,24	6,96	0,30	8,41	0,32	10,51	0,34	13,53	0,49	16,04	0,61	19,40	0,82	23,24	0,94
	k	1,58	0,11	4,36	0,22	6,57	0,28	8,06	0,30	9,80	0,32	12,49	0,46	14,35	0,57	18,96	0,77	22,19	0,88

Gruppe	1. Lebenstag		8. Lebenstag		15. Lebenstag		22. Lebenstag		31. Lebenstag		38. Lebenstag		45. Lebenstag		52. Lebenstag		59. Lebenstag	
	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k	v	k
LS Mean	1,53	1,56	4,87	4,88	6,83	6,79	8,32	8,28	9,97	9,91	12,86	12,63	15,03	14,46	18,90	18,37	20,80	20,08
SE	0,04	0,04	0,09	0,09	0,11	0,11	0,12	0,12	0,13	0,12	0,19	0,18	0,23	0,22	0,31	0,29	0,35	0,33
t Value	0,48		0,11		-0,28		-0,18		-0,36		-0,89		-1,80		-1,24		-1,48	
Pr > t	0,633		0,913		0,777		0,854		0,720		0,374		0,074		0,219		0,142	

DG = Durchgang; G. = Gruppe; k = Kontrolltiere; LS Mean (LSM) = least squares mean; LW = Lebenswoche; SE = standard error; v = Versuchstiere

Tab. A 12 Fortsetzung Lebendmasse [kg]

DG	G.	66. Lebenstag		73. Lebenstag		80. Lebenstag		87. Lebenstag		94. Lebenstag		101. Lebenstag		108. Lebenstag		115. Lebenstag		122. Lebenstag	
		LS Mean	SE	LS Mean	SE	LS Mean	SE	LS Mean	SE	LS Mean	SE								
1	v	20,69	1,07	22,80	1,19	25,48	1,34	29,78	1,86	34,36	1,71	38,41	1,87	41,89	2,19	48,69	2,53	54,61	2,88
	k	20,86	1,14	23,44	1,27	26,60	1,44	30,14	1,99	34,94	1,83	39,16	2,00	45,53	2,35	49,81	2,71	53,27	3,08
2	v	22,20	1,07	26,00	1,19	28,53	1,34	33,13	1,86	36,46	1,71	43,90	1,87	49,01	2,19	54,01	2,53	60,58	2,88
	k	21,85	1,07	25,91	1,19	28,95	1,34	33,40	1,86	39,89	1,71	42,99	1,87	47,49	2,19	52,59	2,53	59,34	2,88
3	v	24,88	1,07	27,08	1,19	30,23	1,34	34,34	1,86	38,99	1,71	43,24	1,87	47,91	2,19	52,79	2,53	56,81	2,88
	k	24,84	1,07	27,65	1,19	30,31	1,34	33,55	1,86	38,80	1,71	43,44	1,87	48,24	2,19	54,15	2,53	58,61	2,88
4	v	27,10	1,14	31,67	1,27	34,81	1,44	39,11	1,99	44,36	1,83	47,70	2,00	51,14	2,35	56,30	2,71	61,24	3,08
	k	26,55	1,07	30,03	1,19	33,48	1,34	37,96	1,86	42,86	1,71	45,86	1,87	49,94	2,19	54,83	2,53	57,03	2,88
5	v	24,23	1,24	27,57	1,37	31,25	1,55	36,40	2,15	40,18	1,98	45,87	2,16	50,32	2,53	53,88	2,93	59,25	3,32
	k	23,98	1,07	27,08	1,19	29,94	1,34	35,68	1,86	39,89	1,71	45,04	1,87	50,99	2,19	54,76	2,53	60,33	2,88
6	v	26,85	1,24	30,80	1,37	32,97	1,55	39,95	2,15	44,93	1,98	50,03	2,16	56,08	2,53	61,53	2,93	67,00	3,32
	k	27,44	1,07	30,54	1,19	34,23	1,34	39,80	1,86	42,61	1,71	49,04	1,87	55,09	2,19	59,30	2,53	63,58	2,88
7	v	25,49	1,14	29,13	1,27	32,57	1,44	31,31	1,99	40,97	1,83	45,66	2,00	51,44	2,35	56,63	2,71	62,21	3,08
	k	25,60	1,07	28,93	1,19	31,55	1,34	35,65	1,86	40,09	1,71	45,04	1,87	50,21	2,19	55,61	2,53	60,93	2,88
Gruppe	v	24,56	24,44	27,86	27,65	30,83	30,72	34,86	35,17	40,04	39,87	44,97	44,37	49,75	49,64	54,83	54,44	60,24	59,01
	k	0,43	0,41	0,48	0,45	0,54	0,51	0,75	0,71	0,69	0,65	0,75	0,71	0,88	0,84	1,02	0,97	1,59	1,10
t Value		-0,19		-0,32		-0,15		0,30		-0,18		-0,59		-0,09		-0,28		-0,77	
Pr > t		0,851		0,750		0,882		0,765		0,860		0,560		0,930		0,778		0,442	

DG = Durchgang; G. = Gruppe; k = Kontrolltiere; LS Mean (LSM) = least squares mean; LW = Lebenswoche; SE = standard error; v = Versuchstiere

Tab. A 13 Biuret-Reaktionslösung:

- 1,5 g Kupfersulfat x 5 H₂O und
- 6,0 g Kaliumnatrium-Tatrat
- in 500 ml Aqua dest. Lösen,
- 300 ml 10 %-ige NOH zugeben und
- mit Aqua dest. Auf 1000 ml auffüllen

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all denen herzlich bedanken, die zum Zustandekommen dieser Arbeit beigetragen haben.

Herrn Prof. Dr. Gerhard Manteuffel danke ich sehr für die Überlassung des Themas, für die Förderung und für die stets gewährte Unterstützung bei der Anfertigung der Arbeit. Herrn Dr. Birger Puppe gilt mein besondere Dank für die fachliche Betreuung bei der Durchführung der Untersuchung sowie bei der Auswertung und Diskussion der Ergebnisse.

Den Mitarbeitern des Forschungsbereiches Verhaltensphysiologie des Forschungsinstituts für die Biologie landwirtschaftlicher Nutztiere in Dummerstorf danke ich für die freundliche Aufnahme im Institut. Frau Evelin Norman hat mit ihrem unermüdlichen Einsatz bei den Tierversuchen und im „Etho-Labor“, ebenso wie Kurt Wendland im technischen Bereich und Peter –Christian Schön in allen Software-Angelegenheiten, auf besondere Weise zu dem Gelingen der Arbeit beigetragen. Bei der Durchführung der Probenahmen und der Laborarbeiten erhielt ich jederzeit kompetente Hilfe und Unterstützung, wobei ich besonders Frau Birgit Sobczak und Frau Regina Wal und die gesamten Arbeitsgruppe von Dr. Magret Tuschscherer und Dr. Ellen Kanitz nennen möchte. Allen Mitarbeitern der Versuchsanlage „Schwein“ des Forschungsinstituts für die Biologie Landwirtschaftlicher Nutztiere in Dummerstorf danke ich ebenfalls für ihre Unterstützung bei der Betreuung der Versuchstiere. Bedanken möchte ich mich auch bei Frau Dr. Ilse Fiedler und Herrn Dr. Küchenmeister sowie allen Mitarbeitern des Forschungsbereichs Muskelbiologie und Wachstum für die fachübergreifende Zusammenarbeit. Herrn Dr. Armin Tuschscherer sei für die gewährte Hilfeleistung bei der statistischen Auswertung der Ergebnisse gedankt.

Der Deutschen Forschungsgemeinschaft danke ich für die mir gewährte finanzielle Unterstützung durch ein Stipendium.

Ganz besonders möchte ich mich bei meinem Freund Olaf Fuchs sowie meinen Eltern, meiner Schwester und meinen Freunden dafür bedanken, dass sie mich mit Hilfsbereitschaft, Verständnis, Ansporn und mit ihrem Rat durch alle Phasen der Arbeit hindurch begleitet haben.