**Aus dem Institut für Tierhygiene,
Tierschutz und Nutztierethologie
der Tierärztlichen Hochschule Hannover**

Belastungsreaktionen von Zucht- und Schlachtrindern im Straßen - Ferntransport

INAUGURAL – DISSERTATION

**Zur Erlangung des Grades einer Doktorin
der Veterinärmedizin
(Dr. med. vet.)
durch die Tierärztliche Hochschule Hannover**

Vorgelegt von
Stefanie B. Schmeiduch
aus Frankfurt am Main

Hannover 2002

wissenschaftliche Betreuung: Univ.-Prof. Dr. Jörg Hartung
Dr. Michael Marahrens (BgVV)

1. Gutachter: Univ.-Prof. Dr. Jörg Hartung
2. Gutachter: Priv.-Doz. Dr. Albrecht Pfeiffer

Tag der mündlichen Prüfung: 13. Juni 2002

Diese Arbeit wurde zu Teilen von der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Rinderzüchter (ADR) in Bonn und über das EU-Projekt „CATRA“ finanziert.

für meine Eltern

Wissenschaftliche Veröffentlichung

Hartung, J., Marahrens, M., Parvizi, N., Schmeiduch, S., Hiegemann, H., Aussel, M., Zerbe, F. und Ulbrich, H. (2000):
Zur Belastung von Rindern beim Straßentransport auf Langstrecken. In: Kongreßbericht Bundesverband der beamteten Tierärzte (BbT), Staffelstein, 03.-04.05.2000, 33-41

Hartung, J., Marahrens, M., Parvizi, N., Schmeiduch, S., Hiegemann, H. und Aussel, M.:
Belastung von Rindern auf dem Transport - Ergebnisse von Transportversuchen mit tragenden Rindern- auf dem Aktionstag Tiertransport am 02. und 03. Juni 2000 auf dem Lehr- und Forschungsgut Ruthe

Teile der vorliegenden Dissertation wurden bereits als **Bericht** für die Arbeitsgemeinschaft Deutscher Rinderzüchter erstellt:

Marahrens, M. und J. Hartung (2000): Untersuchung zum tierschutzgerechten LKW-Transport von Rindern auf Langstrecken Teil II

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
1 EINLEITUNG		1
2 LITERATURÜBERSICHT		
2.1 Kriterien der Belastungsbewertung		3
2.1.1	Belastungsmodelle bei Mensch und Tier	3
2.1.2	Stressoren	7
2.1.3	Regulation der Belastung	8
2.1.3.1	Hypothalamo-Hypophysär-Adrenale-Achse (HHA-Achse)	8
2.1.3.2	Endogene opioide Peptide	12
2.1.3.3	Sympatho-Adrenomedulläres System	13
2.2 Belastungsindikatoren		14
2.2.1	Cortisol	14
2.2.2	Creatinkinase	17
2.2.3	Energiehaushalt	18
2.2.3.1	Glucose	18
2.2.3.2	Unveresterte Fettsäuren	20
2.2.3.3	β-Hydroxybutyrat	21
2.2.4	Flüssigkeitshaushalt	23
2.2.5	Schilddrüsenhormone	25
2.2.6	Herzfrequenz	27
2.2.7	Körpertemperatur	29
2.2.8	Gewicht	29
2.2.9	Magnesium	30
2.2.10	Immunologie	30
2.3 Gesetzliche Grundlagen		33
2.4 Durchführung von Transporten unter Praxisbedingungen		36
3 EIGENE UNTERSUCHUNGEN		
3.1 Material und Methode		39
3.1.1	Transporte von Zuchtfärsen nach Spanien (1. Versuchsteil)	39
3.1.1.1	Transportorganisation	39
3.1.1.2	Transportfahrzeuge	40
3.1.1.3	Tiere	40
3.1.1.4	Transportroute und –zeit	41

3.1.2 Transporte von Schlachttieren nach Slowenien (2. Versuchsteil) 42
3.1.2.1 Transportorganisation 42
3.1.2.2 Transportfahrzeuge 43
3.1.2.3 Tiere 45
3.1.2.4 Transportroute und –zeit 46
3.1.3 Untersuchungsparameter 48
3.1.3.1 Blutparameter 48
3.1.3.2 Herzfrequenzmessungen 54
3.1.3.3 Körpertemperatur 56
3.1.3.4 Lebendgewicht 56
3.1.3.5 Temperatur und Feuchte 56
3.1.4 Statistische Auswertung der Befunde 57

3.2 Ergebnisse 60
3.2.1 Herzfrequenz 60
3.2.2 Körpertemperatur 63
3.2.3 Körpergewicht 65
3.2.4 Ladedichte 67
3.2.5 Cortisol 68
3.2.6 Creatinkinase 71
3.2.7 Energiehaushalt 74
3.2.7.1 Glucose 74
3.2.7.2 Unveresterte Fettsäuren 76
3.2.7.3 β-Hydroxybutyrat 79
3.2.8 Flüssigkeitshaushalt 84
3.2.8.1 Gesamtprotein 84
3.2.8.2 Natrium 87
3.2.8.3 Hämatokrit 91
3.2.9 Magnesium 94
3.2.10 Schilddrüsenhormone 98
3.2.10.1 Trijodthyronin (T_3) 98
3.2.10.2 Thyroxin (T_4) 100
3.2.11 Immunologie 102
3.2.11.1 Gesamtleukozyten 102
3.2.11.2 Differentialblutbild 104
3.2.12 Vergleichende Betrachtung der Transporte nach Slowenien und Spanien 108

4 DISKUSSION 118

4.1 Physiologische und biochemische Belastungsreaktion der Rinder während des Transports 119

4.2 Schlussfolgerung 140

5 ZUSAMMENFASSUNG 142

6 SUMMARY 145

7 LITERATURVERZEICHNIS 148

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Abb.	Abbildung
ACTH	Adreno-Corticotropes-Hormon
B	Bullen
BHB	β-Hydroxybutyrat
CK	Creatinkinase
CRH	Corticotropin-Releasing-Hormon
Es	Spanien
F	Färsen
GE	Gesamteiweiß
GnRH	Gonadotropin-Releasing-Hormon
HF	Herzfrequenz (Schläge/min)
HHA-Achse	Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse
HTK	Hämatokrit
l	Liter
min	Minuten
ml	Milliliter
mmol	Millimol
µmol	Mikromol
NEFA	freie Fettsäuren
ng	Nanogramm
O	Ochsen
PCV	packed cell volume
SAM	Sympatho-Adrenomedulläres System
Sl	Slowenien
Tab.	Tabelle

1 EINLEITUNG

Im Jahr 1999 wurden etwa 14,5 Millionen Nutztiere (Rinder, Schweine, Schafe, Ziegen und Pferde) zwischen den Mitgliedsstaaten der EU gehandelt. Ferner wurden 2,1 Millionen Tiere aus Drittländern importiert und 437.000 in Drittländer exportiert. Der Anteil der Rinder betrug im innergemeinschaftlichen Handel 3.245.037 Tiere, 518.415 Tiere wurden aus Drittländern importiert und 330.656 Tiere exportiert. Insgesamt wurden in dem Bezugsjahr 1999 4.094.108 Rinder in und von Staaten der Europäischen Union transportiert (Nagel, 2001). Dies bedeutete demnach für nahezu alle diese Tiere einen Langstreckentransport, wovon der weitaus überwiegende Teil auf der Straße abgewickelt wurde. Nicht mit erfaßt sind hierbei die innerstaatlichen Transporte (innerhalb eines Mitgliedstaates).

Transporte gelten generell als belastend für die Tiere. Vielfach wird ganz allgemein postuliert, dass alle Transporte Stress und unzumutbare Leiden bei Tieren, besonders im Langstreckentransport auslösen. Berichte im Fernsehen über verletzte und moribunde Schlachtrinder, Schafe und Pferde an den Aus- oder Umladestationen nach Langstreckentransporten, wie z.B. im Libanon, haben diesen Eindruck noch verstärkt und erhebliche Emotionen ausgelöst. Andererseits gibt es nur wenige Untersuchungen, die sich mit den ethologischen, physiologischen und biochemischen Parametern beschäftigen, die eine Stressbelastung beim Rind im Langstreckentransport unter Praxisbedingungen anzeigen.

Um die Belastung, der die Rinder bei Transporten ausgesetzt sind, besser beurteilen zu können wurden Untersuchungen an Zuchtrindern, Schlachtbullen und –ochsen unter Praxisbedingungen im Langstreckentransport durchgeführt. Die Ferntransporte tragender Zuchtfärsen nach Spanien wurden von der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Rinderzüchter unterstützt. Die Schlachttiertransporte nach Slowenien wurden im Rahmen eines EU Forschungsprojektes durchgeführt. Dabei wurden Verhaltensbeobachtungen (Videoaufnahmen während der Fahrt und im Wartestall der Abladestationen) durchgeführt sowie physiologische (Herzfrequenz und Körpertemperatur) und

biochemische (Blutuntersuchungen auf verschiedene Inhaltsstoffe) Parameter an repräsentativen Tiergruppen je Transportfahrt erhoben.
Die vorgelegte Arbeit gibt eine Einschätzung der Veränderungen der physiologischen und biochemischen Belastungsindikatoren bei Zuchtrindern und Schlachttieren vor, während und nach Straßentransporten von etwa 29 bis 84 Stunden Transportdauer mit besonderer Berücksichtigung der Gestaltung der Fahrt- und Pausenintervalle, der Ladedichte sowie der Versorgung der Tiere.

2 LITERATURÜBERSICHT

2.1 Kriterien der Belastungsbewertung

2.1.1 Belastungsmodelle bei Mensch und Tier

Schon vor über 70 Jahren etablierte der amerikanische Physiologe Walter B. CANNON (1928, 1929) sein Modell des „Fight and Flight Syndrome“, wonach es durch die Bedrohung eines Individuums zu einer gesteigerten Sympathikusaktivität und damit zu einem Anstieg der Adrenalinkonzentration im Blut kommt. Dies führt zu einer gesteigerten Herz- und Lungentätigkeit sowie einer erhöhten Freisetzung von Glucose und freien Fettsäuren. Durch diese Aktivierung der Körperfunktionen kommt es zu einer gesteigerten Energie- und Sauerstoffversorgung der Skelettmuskulatur und des Gehirns, was dem Individuum zu einer verbesserten Reaktionsbereitschaft und damit besseren Überlebenschance verhilft.

SELYE (1936, 1950) entdeckte, dass eine Vielzahl unterschiedlicher Umweltreize komplexe, aber unspezifische und uniform erfolgende Reaktionen des Organismus hervorrufen, die eine adrenale Hypertrophie, eine lymphatische Hypotrophie und gastrointestinale Ulcerationen (die sogenannte „Stresstrias“) bewirken können. Dieses unspezifische Reaktionssyndrom auf schädliche Reize nannte er eine „Alarmreaktion“, die hauptsächlich durch eine Aktivierung des peripher sympathischen Nervensystems und der im Vordergrund stehenden Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrindenachse gekennzeichnet ist. Bei fortgesetzter Einwirkung des Reizes geht die „Alarmreaktion“ in die „Widerstandsphase“ mit lokalen, neuroendokrin gesteuerten Adaptationsprozessen über. Dem schließt sich das „Stadium des Zusammenbruchs“, eine Erschöpfung der Widerstandskraft, an. SELYE (1936, 1950) fasste diese drei Stadien der Körperreaktionen als „General Adaptation Syndrome“ (Allgemeines Adaptationssyndrom) zusammen; erst später führte er den Terminus „Stress“ und noch später den Begriff „Stressor“ für den Stressreiz ein. Davon ausgehend, dass auf jeden einwirkenden Stimulus obligat eine Stressreaktion erfolgt, un-

terschied er den sogenannten Eustress (physiologisch, heilsam, trainierend) von dem sogenannten pathologischen Disstress.

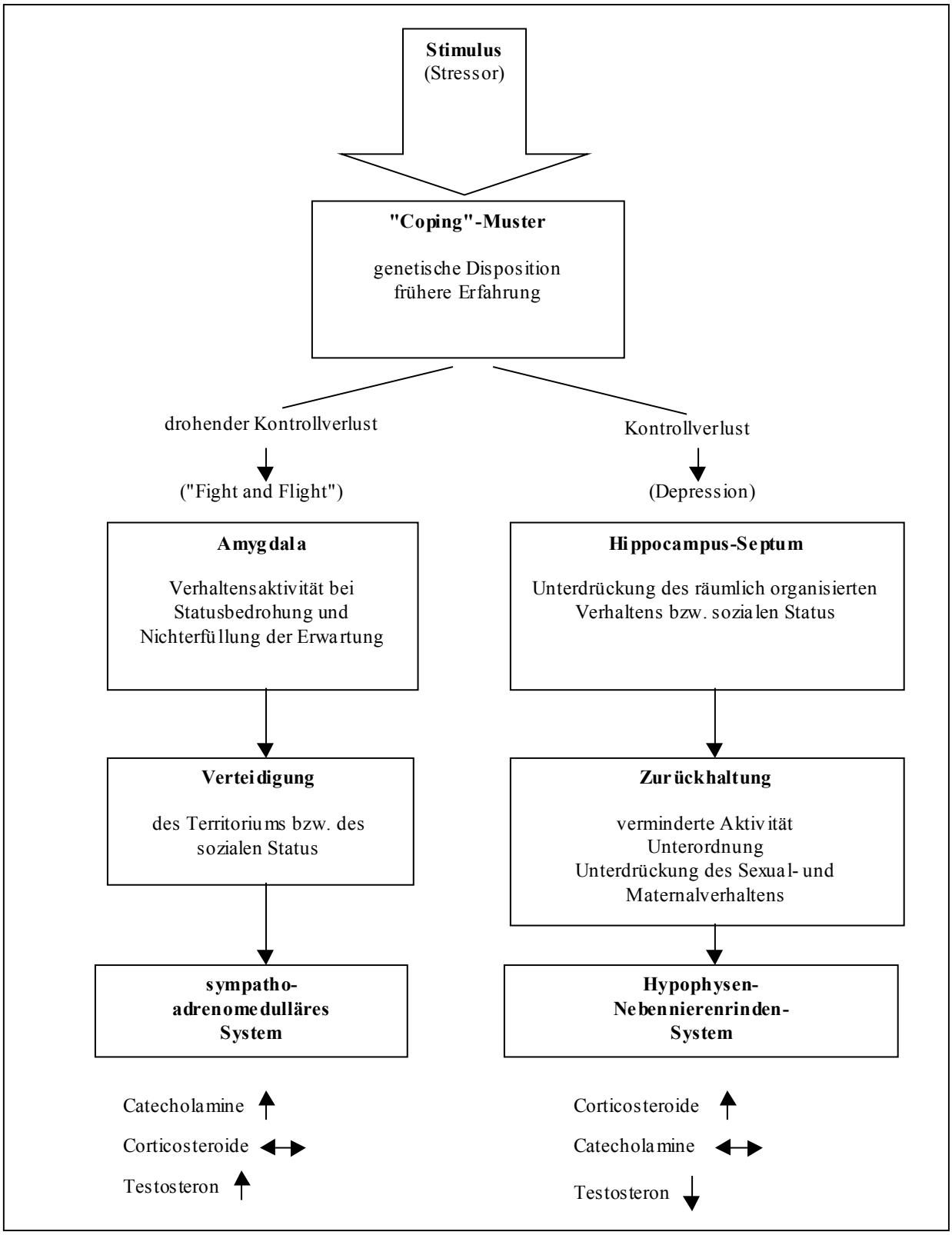
Mit der Entwicklung verfeinerter Analyseverfahren gilt Selyes Stressmodel als überholt (DANTZER u. MORMÉDE 1983). Die Arbeiten von MASON (1975) haben gezeigt, dass die physiologische Reaktion auf Stressoren sehr viel variabler ist, als von Selye angeführt wurde und vor allem, dass viele Stressoren nur zu Stressreaktionen führen, wenn das Bewusstsein davon beeinflusst wird. Somit wäre die Stressreaktion nicht als unspezifische Antwort auf Stress zu betrachten, sondern sie erfolgt auch spezifisch auf psychologische Zustände. Diese Erkenntnisse werden als sogenannte „Kognitive-Mediator-Theorie“ bezeichnet (BROOM u. JOHNSON 1993, LADEWIG 1994, MOBERG 2000).
Die Grundidee dieser Theorie wurde von vielen Wissenschaftlern aufgegriffen und erweitert, wodurch sie ein fester Bestandteil des heute gebräuchlichen Verständnisses des Begriffs „Stress“ geworden ist (DANTZER u. MORMÉDE 1983).

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. Die Maßnahmen und Mechanismen, die notwendig sind, um den Anforderungen gerecht zu werden, welche Interaktionen zwischen Individuum und Umweltfaktoren hervorrufen, wurden mit dem Begriff „Coping-Strategien“ belegt. Demnach bedingt sich Stress durch die Beziehung zwischen Input und eigenen Forderungen, Meinungen und Zielen sowie Verpflichtungen und Fähigkeiten, diese Forderungen zu erfüllen oder zu verändern (LAZARUS u. LAUNIER 1978, LAZARUS 1981, LAZARUS u. FOLKMAN 1984, LAZARUS et al. 1985).

HENRY und STEPHENS entwickelten 1977 ihr Model der neuroendokrinen Reaktionskette, dem sogenannten „Coping-Predictability-Konzept“. Versucht ein Tier durch aktives Handeln eine Stresssituation unter Kontrolle zu bringen, dominiert eine Aktivierung des sympatho-adrenomedullären Systems; dabei kommt es zu einer erhöhten Catecholaminfreisetzung als Unterstützung der lebensnotwendigen Verhaltens-

weisen. Ist der Kontrollverlust eingetreten, so dominiert die Aktivierung des Hypophysen-Nebennierenrinden-Systems, charakterisiert durch eine vermehrte ACTH- und Corticosteroidfreisetzung, was eine Depression von Verhalten nach sich zieht.
Unter ‚Coping' versteht man die Fähigkeit eines Organismus, eine gegebene belastende Situation zu überwinden. Dies wird von einer Vielzahl von Faktoren wie beispielsweise genetischen Anlagen und körperlicher Verfassung beeinflusst (DHABHAR et al. 1997).
Der zweite Gesichtspunkt ist die „Predictability" („Vorhersehbarkeit"). Hierbei ist davon auszugehen, dass bei zunehmenden Wiederholungen von ähnlichen Belastungen eine Änderung der Stressreaktion auftritt, wobei die Reaktion des Hypophysen-Nebennierenrinden-Systems geringer ausfällt, die Aktivierung des sympatho-adrenomedullären Systems dagegen verstärkt wird. Dies soll die „Coping Fähigkeit" des Organismus begünstigen (LADEWIG 1994, WIEPKEMA u. KOOLHAAS 1993, LADEWIG 2000, WIEPKEMA u. KOOLHAAS 1992, HOPSTER 1998).

Das gegenwärtige Stressmodell wird von zahlreichen Forschern anhand des sogenannten „Stundenglas-Modells" beschrieben. Bei diesem Modell wird davon ausgegangen, dass ein breites Spektrum an extraindividuellen Ereignissen (Stressoren) eine schmale Bandbreite individueller Filterungen und Interpretationen passiert und der Organismus wiederum mit einem breiten Spektrum an intraindividuellen Reaktionen (Stressreaktionen) antwortet (VEITH-FLANIGAN u. SANDMAN 1985).
Diese Prozesse finden beim höher entwickelten Vertebraten hauptsächlich in neuronalen Strukturen der Großhirnrinde und des limbischen Systems statt (HUETHER 1996).
Dabei sind hormonelle und verhaltensbedingte Reaktionen bei der Auseinandersetzung mit Stresssituationen eng mit einander verknüpft (DANTZER u. MORMÉDE 1983).



<u>Abb 2.1.:</u> Schematische Darstellung des „Coping-Konzeptes“ und der Aktivierung des sympatho-adrenomedullären bzw. Hypophysen-Nebennierenrinden-Systems nach HENRY u. STEPHENS (1977) in LADEWIG (1994)

2.1.2 Stressoren

‚Extraindividuelle' Ereignisse, die zu Stressreaktionen führen, lassen sich nach quantitativen und qualitativen Kriterien unterteilen. Qualitative Stressoren sind durch physikalische Eigenschaften (thermisch, chemisch, elektrisch etc.) gekennzeichnet oder die ‚Gesamtsituation' betreffend (z.B. Immobilisation, soziale Isolation). Hinsichtlich quantitativer Kriterien sind die Stress-Stimuli nach der Dauer (akut, chronisch und chronisch intermittierend), der Intensität (z.B. in Grad, Ampère etc.) und ihrer Einwirkung zu begutachten. Zum einen ist diese Unterteilung zur Beurteilung des Stressreizes sinnvoll und notwendig, da die Stressreaktionen davon abhängen. Zum anderen beinhaltet sie auch Schwierigkeiten, da sowohl mehrere qualitative Faktoren gleichzeitig auftreten, als auch unterschiedliche Stressoren die gleiche Reaktion hervorrufen können.
Auch bei der Einteilung nach quantitativen Kriterien treten Schwierigkeiten auf. Lässt sich beispielsweise die Intensität von Hitzestress durch Temperaturmessung noch annähernd erfassen, so gestaltet sich die Einschätzung anderer Stressoren, wie Immobilisation oder soziale Isolation als äußerst schwierig (LADEWIG 1994).

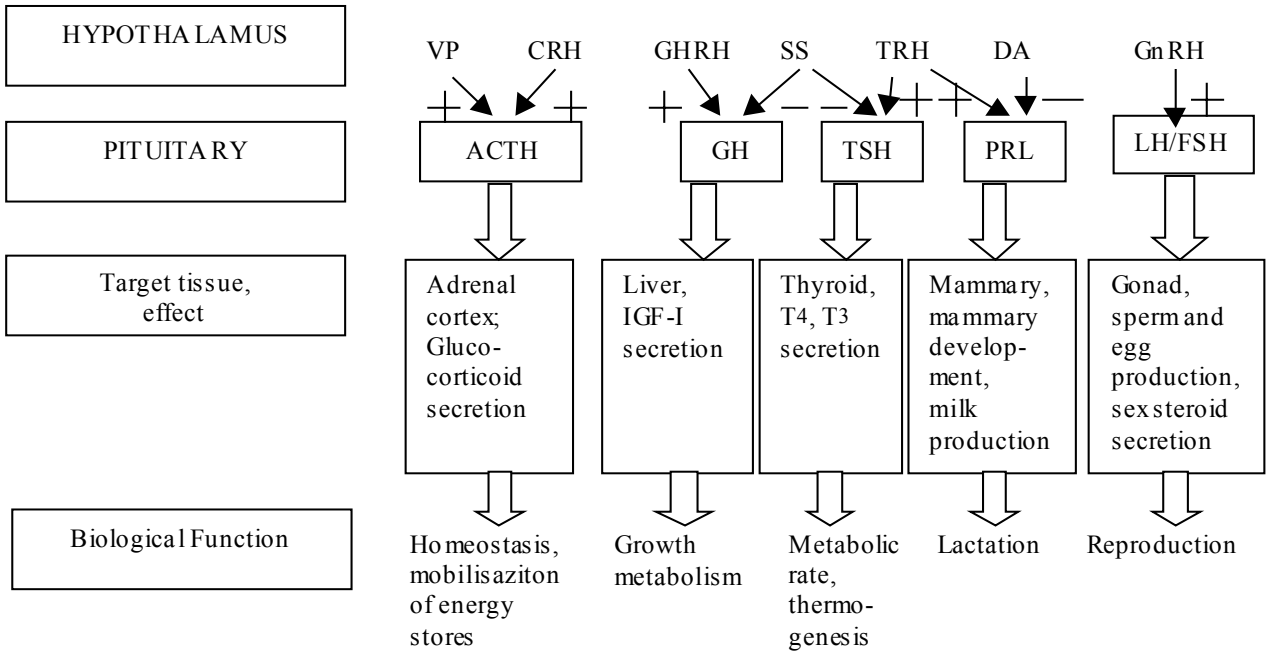
Die Stressreaktion nimmt nach DeBOER et al. (1990) bei Wiederholungen wenig intensiver Stressoren ab, bis keine Reaktion mehr wahrnehmbar ist. Ähnlich dem Phänomen der Habituation tritt dies um so schneller ein, je weniger intensiv der Stressor, je häufiger die Wiederholung und je kürzer das Wiederholungsintervall ist (BURCHFIELD 1979, DANTZER u. MORMÉDE 1983).
Umgekehrt zeigt sich bei intensiven Stressoren (wie beispielsweise Elektroschocks) die Stressreaktion auch nach Wiederholungen unverändert. Es kann sogar eine Sensibilisierung des Organismus einsetzen, wodurch sich bei Wiederholungen die Reaktion noch intensiver äußert (DANTZER u. MORMÉDE 1983, KONARSKA et al. 1990). So zeigt sich am Beispiel der Cortisolausschüttung eine abgestufte Reaktion in Abhängigkeit von der Stärke des Stressors (KVETNANSKY et al. 1984).

2.1.3 Regulation der Belastung

Wie ein Tier seine Umwelt erlebt, ist für den Menschen derzeit nicht wirklich nachvollziehbar. Objektiv erhobene ethologische und physiologische Daten können jedoch Anhaltspunkte dafür liefern, auf welche Art und Weise ein Tier seine Umwelt verarbeitet (BROOM 2000, SCHWARZE et al. 1991).
Eine zentrale Rolle bei den gegenwärtigen Diskussionen zum Tierschutz spielen neben ethologischen Untersuchungen vor allem auch Nachweise endokriner Stressreaktionen (LADEWIG 1994).
Zu den endokrinen Systemen, die auf Stressoren reagieren, zählen die Hypothalamo-Hypophysär-Adrenale-Achse (HHA-Achse) (siehe Kap. 2.1.3.1), die endogenen opioiden Peptide (Endorphine, Dynorphine und Enkephaline) (Kap. 2.1.3.2) und das Sympatho-Adrenomedulläre-System (Kap. 2.1.3.3) sowie andere Hypophysenhormone.

2.1.3.1 Hypothalamo-Hypophysär-Adrenale-Achse (HHA-Achse)

Der Hypothalamus stellt den basalen Abschnitt des Zwischenhirns dar und gehört somit dem Hirnstamm mit an. Über ihr Infundibulum ist die an der Schädelbasis sitzende Hypophyse morphologisch wie funktionell mit dem Hypothalamus verbunden. Sie lässt sich unterteilen in die Neurohypophyse und Adenohypophyse (NICKEL et al. 1992). Die Hormone der Neurohypophyse (Vasopressin und Oxytocin) werden im Hypothalamus gebildet und an die Neurohypophyse abgegeben, wo sie gespeichert, freigesetzt und über die Blutbahn an die Zielorgane abgegeben werden. Die Hormone der Adenohypophyse werden von spezialisierten Epithelzellen gebildet; dies sind die direkt wirkenden Effektorhormone Somatotropin (STH), Melanotropin und die indirekt wirkenden sogenannten glandotropen Hormone FSH (follikelstimulierendes Hormon), LH (Luteinisierungshormon), LTH (luteotropes Hormon), Prolaktin, Tyreotropin (TSH) und Corticotropin (adrenocorticotropes Hormon, ACTH) (MATTERI et al. 2000, NICKEL et al. 1992).



Schematic representation of hypothalamic-pituitary neuroendocrine axes, and major biological actions. Hypothalamic factors: CRH, corticotropin releasing hormone; DA, dopamine; GHRH, growth hormone-releasing hormone; SS, somatostatin; TRH, thyrotropin-releasing hormone; VP, vasopressin.
+, stimulatory hypothalamic factor; -, inhibitory hypothalamic factor.
Pituitary hormones: ACTH, adreno-corticotropic hormone; FSH, follicle-stimulating hormone; GH, growth hormone; LH, luteinizing hormone; PRL, prolactin; TSH, thyroid-stimulating hormone; IGF, insuline-like growth factor.

Abb. 2.2: **Schematische Darstellung der HHA-Achse und den wichtigsten biologischen Funktionen nach MATTERI et al. (2000).**

Das im Hypothalamus gebildete Corticotropin-Releasing Hormon (CRH) gilt als der wichtigste zentrale Regulator der endokrinen Belastungsreaktion des Organismus und ist zudem auch als Modulator von Verhaltensweisen bekannt. Die Sekretion von CRH wird durch zentrale Neurotransmitter reguliert: Noradrenalin und Gamma-Amino-Buttersäure (GABA) hemmen die Freisetzung, Acetylcholin und 5-Hydroxytryptamin regen sie an (THUN u. SCHWARZ-PORSCHE 1994). CRH ist im ganzen Zentralnervensystem nachzuweisen, seine höchsten Konzentrationen sind u.a. in Kerngebieten des Hypothalamus (im Nucleus paraventricularis, PVN) anzutreffen. Aus den terminalen Axonen der neurosekretorischen Zellen des PVN gelangt

CRH in das venöse Portalsystem des Hypophysenvorderlappens (HVL) und stimuliert dort die Sekretion von ACTH, β-Endorphin und anderen Proopiomelanocortin (POMC)-Derivaten. Eine Regulation der CRH-Ausschüttung bzw. Rückkopplung zu den übergeordneten Zentren wird durch die Glucocorticoidkonzentration im Plasma veranlasst, wobei ein ansteigender Glucocorticoidspiegel hemmend auf die CRH-Sekretion wirkt (negatives Feedback) (THUN u. SCHWARZ-PORSCHE 1994, MATTERI et al. 2000).

ACTH ist ein Polypeptid, das in den basophilen Zellen des HVL synthetisiert wird. Es entsteht durch enzymatische Abspaltung aus einem größeren Precursormolekül, dem Proopiomelanocortin (POMC). ACTH gelangt über das Kreislaufsystem zur Nebennierenrinde und stimuliert dort die Sekretion der Glucocorticoide. Cortisol wiederum inhibiert die Freisetzung von ACTH. Seine Plasmakonzentration unterliegt tageszeitlichen Schwankungen (THUN 1987, THUN u. SCHWARZ-PORSCHE 1994).

Auch scheint die Adrenalinfreisetzung die ACTH-Sekretion zu stimulieren, was bei der initialen Reaktion der HHA-Achse von Bedeutung ist; außerdem erhöht die sympathische Aktivierung die Sensibilität der Nebennierenrinde (NNR) gegenüber ACTH (CHARLTON 1990, DELBENDE et al. 1992).

Erhöhte Blutwerte an ACTH sind bei Stress und Erkrankungen des hypophysär-adrenalen Systems anzutreffen. Der ACTH-Abbau erfolgt hauptsächlich über die Leber. Die Angaben über die biologische Halbwertszeit von ACTH schwanken zwischen 4 und 30 Minuten je nach Versuchsanordnung (THUN u. SCHWARZ-PORSCHE 1994).

Da ACTH relativ schnell aus dem Plasma eliminiert wird, müssen zur Untersuchung Proben innerhalb weniger Minuten gewonnen werden, da sich ansonsten keine aussagekräftigen Ergebnisse erzielen lassen (BROOM u. JOHNSON 1993).

Die Ausschüttung von Glucocorticoiden aus der NNR bildet bei physischer und psychischer Belastung des Organismus den letzten Schritt einer neuroendokrinen Kaskade, die ihren Anfang im Hypothalamus genommen hat (ALLEN et al. 1973). Hierbei ist ACTH der wichtigste physiologische Regulator der Nebennierenrindenfunktion und der Ausschüttung von Glucocorticoiden aus der Zona fasciculata. Da die NNR nicht in der Lage ist, größere Mengen an Glucocorticoiden zu speichern, reagiert sie

bei vermehrtem Bedarf mit erhöhter Biosynthese, die neben ACTH auch durch Catecholamine, Neuropeptid Y, CRH und das Vasoaktive Intestinale Peptid (VIP) über den Nervus splanchnicus stimuliert wird (THUN u. SCHWARZ-PORSCHE 1994).
Da andererseits Glucocorticoide in der Lage sind, das Nebenierenmark zu erhöhter Produktion und Sezernierung von Catecholaminen (v.a. Adrenalin) in den Kreislauf zu stimulieren, kommt es auch auf der Ebene der Nebennieren zu einer gegenseitigen positiven Beeinflussung der sympathischen und corticoiden Belastungsantwort (VOIGT 1995).
Glucocorticoide, ACTH und CRH werden, wie die meisten anderen Hormone auch, nicht kontinuierlich, sondern episodisch sezerniert, d.h. neben der basalen Sekretion erscheinen im Plasma vorübergehende Schübe (Episoden) erhöhter Hormonkonzentrationen, die sich in unregelmäßigen, nicht voraussehbaren Zeitintervallen wiederholen. Je nach Amplitude und Frequenz wird ein für das entsprechende Hormon charakterisches Sekretionsmuster erkennbar (THUN u. SCHWARZ-PORSCHE 1994). Die episodische Cortisolsekretion wird jedoch deutlich von einem circadianen Rhythmus überlagert. Beim Rind wird Cortisol in einer schnellen Folge sekretorischer Episoden freigesetzt, wobei Frequenz und Amplitude der Schwankungen im Verlauf von 24 Stunden starke individuelle Unterschiede aufzeigen können. Trotz der großen Variabilität einzelner Sekretionsmuster bleibt die Tagesrhythmik von Cortisol erhalten. Als charakteristisch gelten große Schübe in den frühen Morgenstunden zwischen 3:00 h und 5:00 h, die kontinuierliche Abnahme der Gipfelkonzentrationen während des Tages, sowie die am Abend zwischen 17:00 und 20:00 h zu beobachtenden Tiefstwerte. Der steile frühmorgendliche Cortisolanstieg korreliert eng mit dem Licht–Dunkel-Wechsel, hat aber keinerlei Beziehung zum Schlafrhythmus.
In Belastungssituationen kann es über Aktivierung der HHA-Achse zu einer gesteigerten Cortisolsekretion und damit zu einem Durchbrechen der biologischen Rhythmik kommen. Hierbei wird Cortisol auch in diesen Situationen in kurzen und raschen Schüben sezerniert. Eine zuverlässige Aussage über die Aktivität der NNR in Ruhe- und in Belastungssituationen ist daher nur mittels belastungsarmer und wiederholter oder kontinuierlicher Blutentnahme möglich (THUN 1987, THUN u. SCHWARZ-PORSCHE 1994, LADEWIG 1994).

2.1.3.2 Endogene opioide Peptide

Die endogenen Opioide (Enkephaline, Endorphine und Dynorphine) spielen bei annähernd allen physiologischen Vorgängen im Körper eine Rolle. Als Neurotransmitter üben sie eine modulierende Funktion bei der Reizübertragung zwischen Nervenzellen aus, sie werden aber wiederum auch als Hormone von Nervenzellen bzw. endokrinen Zellen ausgeschüttet (PARVIZI 1994). Hinsichtlich der Rolle, die ihnen im Stressgeschehen zukommt, sind die endogenen Opioide an einer stressinduzierten Analgesie beteiligt (DANTZER et al. 1988, LADEWIG 1994, RUSHEN u. LADEWIG 1991).

Die enge Beziehung zwischen Stress und Opioiden wird in den Untersuchungen von GROSSMAN (1988) deutlich: die endogenen Opioide werden zum Teil gleichzeitig mit den Hormonen der HHA-Achse freigesetzt (β-Endorphin und ACTH; Enkephalin und Adrenalin), aber auch zusammen gespeichert (Dynorphin und CHR in Hypothalamusneuronen).

2.1.3.3 Sympatho-adrenomedulläres System

Hinsichtlich seiner Morphologie und Physiologie kann das Nebennierenmark als modifiziertes sympathisches Ganglion aufgefasst werden. Das Nebennierenmark wird, im Gegensatz zu den meisten anderen endokrinen Drüsen der Peripherie, nicht auf humoralem, sondern ausschließlich auf nervalem Wege stimuliert (DÖCKE u. KEMPER 1994). Die stressbedingte Aktivierung des sympatho-adrenomedulären Systems, mit resultierender Catecholaminfreisetzung ist schon seit CANNON (1928, 1929) bekannt (LADEWIG 1994). Allerdings liegt eine gewisse Schwierigkeit darin, Noradrenalin oder Adrenalin als Untersuchungsparameter heranzuziehen, da eine Aktivierung des Nebennierenmarks nur kurzzeitige Belastungen widerspiegelt und sie daher für Untersuchungen über einen längeren Belastungszeitraum von wenig praktischer Bedeutung sind (BROOM u. JOHNSON 1993). Hierfür sind unter anderem die relative schnelle Freisetzung und der schnelle Abbau der Catecholamine mitverantwortlich (DÖCKE u. KEMPER 1994). Von Interesse sind jedoch die zahlreichen Körperfunktionen, die durch die erhöhte Sekretion der Catecholamine beeinflusst werden, wie beispielsweise die Regulation der Herzfrequenz.

2.2 Belastungsindikatoren

Zur möglichst objektiven Beurteilung der Stressbelastung, der Tiere beim Transport ausgesetzt sind, können neben ethologischen Untersuchungen vor allem physiologische Indikatoren erfolgreich herangezogen werden. So zeigen beispielsweise erhöhte Cortisol- und Blutglucosespiegel eine Aktivierung der HHA-Achse an, während eine erhöhte Herzfrequenz und ein Anstieg der freien Fettsäuren im Blut eine Aktivierung des sympatho-adrenomedullären Systems reflektieren (TARRANT u. GRANDIN 2000).

2.2.1 Cortisol

Wie bei Mensch, Schwein und Hund stellt auch beim Rind Cortisol das wichtigste Glucocorticoid dar. Dieses wird in der Zona fasciculata der Nebenniere produziert und in nicht gebundener Form ins Blut sezerniert. Dort sind die Glucocorticoide dann zum größten Teil an Proteine gebunden; biologisch wirksam ist jedoch nur freies, nicht an Protein gebundenes Cortisol. Die Bindungskapazität und somit der an Plasmaproteine gebundene Cortisolanteil zeigt Schwankungen bedingt durch Alter, Tierart, Geschlecht und physiologischen Zustand (Broom 2000, THUN u. SCHWARZ-PORSCHE 1994). Wiederkäuer haben die geringsten Bindungskapazitäten und die niedrigsten Cortisolkonzentrationen; diese verändern sich ähnlich wie auch bei Schwein und Hund mit fortschreitender Trächtigkeitsdauer nur gering (THUN 1987).

Der Abbau der adrenalen Steroide erfolgt vorwiegend in der Leber, kann aber auch teilweise in den Nieren und Speicheldrüsen stattfinden. Die Regulation der Cortisolkonzentration im Plasma erfolgt durch negatives Feedback (THUN u. SCHWARZ-PORSCHE 1994).
Glucocorticoide wirken auf den Kohlenhydrat-, Eiweiß- und Fettstoffwechsel, sie verfügen über entzündungshemmende und immunsuppressive Eigenschaften. So fördern sie die Gluconeogenese in der Leber und hemmen die Glucoseutilisation in der Peripherie. Im Proteinstoffwechsel haben die Glucocorticoide eine katabole Wirkung, d.h. sie fördern den Proteinabbau im peripheren Gewebe und wirken hemmend auf

die Proteinsynthese. Den Fettstoffwechsel betreffend verfügen sie über lipolytische Eigenschaften, was zu einer vermehrten Zirkulation von Fettsäuren im Blut führt. Aufgrund ihrer vielfältigen Effekte kommt den Glucocorticoiden im Stressgeschehen eine wichtige Funktion zu; wegen der Rolle, die das Gehirn bei der Steuerung der Cortisolausschüttung spielt, wird die Cortisolkonzentration gerne als Indikator für den psychologischen Zustand eines Tieres in bestimmten Situationen interpretiert (KNOWLES u WARRISS 2000, THUN u. SCHWARZ-PORSCHE 1994).

Bei Betrachtungen zur stressbedingten Aktivierung der hypothalamo-hypophysären-adrenalen Achse gilt es jedoch zu bedenken, dass die Hormone der HHA-Achse nicht kontinuierlich, sondern episodisch sezerniert werden. Beim Rind wird Cortisol in einer schnellen Folge sekretorischer Episoden freigesetzt. Zwar können große individuelle Schwankungen hinsichtlich Frequenz und Amplitude auftreten, trotz dieser Variabilität bleibt aber dennoch eine charakteristische Tagesrhythmik erhalten.

Eine stressbedingte Aktivierung der HHA-Achse, die zu einer gesteigerten Cortisolsekretion führt, kann dann jedoch die circadianen Schwankungen durchbrechen (THUN 1987, LADEWIG 1994).

Als Standardwerte für das männliche Rind gibt THUN (1987) in seinen Untersuchungen einen Bereich von 0,4 bis 10 ng/ml (bei Tagesmittelwerten von 1,3 bis 2,6 ng/ml) an; für weibliche nicht brünstige Tiere liegen die Plasmawerte zwischen 0,3 und 8,5 ng/ml.

Generell gilt, dass die stressbedingte erhöhte Cortisolausschüttung einer großen Variabilität unterliegt, da zahlreiche Faktoren (Spezies, Alter, Geschlecht, genetische Komponenten, individuelle Einflüsse etc.) die endokrinen Veränderungen beeinflussen. So beobachteten beispielsweise DANTZER und MORMÉDE (1983), dass in einer Gruppe von Schweinen die rangniederen Tiere erheblich höhere Cortisolspiegel hatten als die dominanten Tiere. Dabei stellten sie fest, dass hormonelle und verhaltensbedingte Reaktionen bei der Auseinandersetzung mit Stresssituationen eng miteinander verknüpft sind; hierbei soll sowohl eine Veränderung des Cortisolspiegels das Verhalten modifizieren, als auch umgekehrt Verhalten Einfluss auf den Cortisolspiegel haben. Zusammenhänge zwischen der hierarchischen Stellung innerhalb

einer Gruppe und der Cortisolausschüttung wurden auch von ZANELLA et. al. (1998) beobachtet.
Verladevorgänge und erhöhte Geräuschpegel verursachten bei Kälbern ansteigende Cortisolwerte (AGNES et al. 1990), während bei Schafen ein Einfluss von Lärm auf den Cortisolspiegel nicht ausgemacht werden konnte (HALL et al. 1998).
In Versuchen mit Jungbullen führte sowohl das Umgruppieren der Tiere als auch der Aufenthalt in einem Transportfahrzeug zu einem Anstieg des Cortisolgehaltes, wobei dieser auf einem sich bewegenden Fahrzeug höher war als bei einem stehenden Fahrzeug (TARRANT u. LACOURT 1984). Auch bei Kälbern zeigten sich im Anschluss an Transporte erhöhte Cortisolspiegel (LOCATELLI et al. 1989, STEINHARDT u. THIELSCHER 1998 u.1999).

Zu beachten sind auch die Umstände der Blut- bzw. Probennahme. So kommt es bei Kühen allein nach Katheterisierung der Vena jugularis innerhalb 30 Minuten zu einem Anstieg des Plasmacortisolspiegels (LEFEBVRE et al. 1990); ähnliches wurde bei Rindern nach Fixierung und Immobilisation im Klauenstand beobachtet (HERD 1989, KOLB u. SEEHAWER 2000). HOPSTER et al. (1999) stellten aber fest, dass die Reaktion auf die Blutentnahme im wesentlichen dadurch beeinflusst wird, in wie fern das Tier bereits an Handlungen seitens des Menschen gewöhnt ist; so kommen sie zu dem Schluss, dass bei einer Milchkuh durchaus eine einzelne Blutprobe repräsentativ sein kann, während bei einer Färse die Aktion der Blutentnahme eher zu einer Erhöhung des Cortisolgehaltes führt. Daraus wird ersichtlich, dass zur Beurteilung von Stresssituationen mehrere Blutproben eines Tieres sinnvoll und die relativen Veränderungen zwischen den einzelnen Proben relevanter sein können als die absoluten Werte.

2.2.2 Creatinkinase

Das Enzym Creatinkinase (CK) katalysiert die reversible Phosphorylierung des Creatins zum Creatinphosphat. Dieses ist die wichtigste Speicherform der hochenergetischen Phosphate im Zytosol der quergestreiften Muskulatur (KRAMER 1989). Daher hat die CK eine hohe gewebsspezifische Aktivität in den Zellen der Herz- und Skelettmuskulatur. Unter physiologischen Bedingungen tritt die Creatinkinase nur im Rahmen der natürlichen Zellmauser ins Blutplasma über. Kritische Situationen wie eine mangelnde Sauerstoffversorgung, motorische Überbeanspruchung, Lähmungen oder Festliegen, können Störungen des Zell- und Gewebestoffwechsels verursachen. Diese führen dazu, dass die Funktionalität der Zellmembran zerstört wird und zytoplasmatische Enzyme wie CK ins Blut gelangen, wobei die Halbwertszeit etwa 1,5 bis 3 Stunden beträgt. Unter physiologischen Bedingungen liegt der CK-Wert unter 200 U/l (BICKHARDT 1992). Da erhöhte CK-Spiegel im Plasma bei verstärkter motorischer Belastung anzutreffen sind, kann CK im Kontext mit anderen Parametern als Indikator für die physische Belastung von Tieren herangezogen werden (BROOM 2000).

Aus diesem Grund werden häufig bei Untersuchung zu Transportbelastungen auch die CK-Werte analysiert. Zahlreiche Autoren fanden dabei signifikant erhöhte Werte bei Rindern, vor allem durch Neugruppierung der Tiere, Verladung auf ein stehendes Fahrzeug oder Entladung im Stall; während des Transports sanken die Werte teilweise, wofür die herabgesetzte motorische Aktivität als Ursache angenommen wird (KENNY u. TARRANT 1987a u. 1987b, TARRANT et al. 1992). Während des Transportes scheint die Ladedichte Einfluss auf den CK-Gehalt zu haben (TARRANT et al. 1988).

2.2.3 Energiehaushalt

2.2.3.1 Glucose

Glucose stellt beim Wiederkäuer wie auch beim Monogastrier die essentielle Energieform dar, weshalb man versucht, über Messung des Blutzuckerspiegels Rückschlüsse auf die Versorgungslage des Tieres zu ziehen.
Kohlenhydrate unterliegen hinsichtlich ihres ständigen Auf-, Ab- und Umbaus im Organismus einer feinregulierten Kontrolle. Für ihre wechselseitige Umwandlung im tierischen Organismus zwischen monomerer Transport- und Substratform (Glucose) und polymerer Speicherform (Glykogen) sind vor allem auch die hormonellen Regelmechanismen bedeutungsvoll (HARTMANN et al. 1977).
Da die Kohlenhydrate im Pansen dem mikrobiellen Umsatz zu flüchtigen Fettsäuren unterliegen, ist der Wiederkäuer auf die Gluconeogenese zur Aufrechterhaltung seines Blutglucosespiegels angewiesen; hierbei stellt die Propionsäure den wichtigsten Ausgangsstoff für die Gluconeogenese dar (SCHOLZ 1990, KANEKO 1989).

Da viele Einflussfaktoren auf den Blutglucosespiegel einwirken, sollte dieser Parameter zur Beurteilung des Energiehaushalts nur im Kontext mit anderen Parametern des Energiestoffwechsels und seiner Regulation interpretiert werden.
Mit mehreren Regelkreisen versucht der Organismus einem sinkenden Glucosespiegel entgegenzusteuern, wodurch der wahre Versorgungszustand verdeckt werden kann (SCHOLZ 1990). Glucagon, Adrenalin und Glucocorticoide steigern als indirekt wirkende Gegenspieler zum Insulin im Bedarfsfall die Glycogenmobilisation aus Leber und Muskulatur, sowie die Gluconeogenese aus Glyzerin, Fettsäuren, Laktat und Aminosäuren und bewirken so einen Anstieg des Glucosespiegels innerhalb weniger Minuten (BICKHARDT u. WIRTZ 1978, KANEKO 1989).
Als physiologischer Bereich des Blutglucosespiegels wird 2,2 bis 3,3 mmol/l angegeben (KRAFT u. DÜRR 1999).
Stressreaktionen, für die Konzentrationssteigerungen von Glucocorticoiden und Catecholaminen im Blut charakteristisch sind, führen zu einer erhöhten Intensität des

Energiestoffwechsels, was am intravasalen Konzentrationsanstieg energieliefernder Substrate wie der Glucose erkennbar wird (MUDRON et al. 1994, MOBERG 1985).
So beobachteten MUDRON et. al. (1994), dass die Belastung im Zusammenhang mit einer operativen Behebung einer linksseitigen Labmagenverlagerung einen raschen Anstieg des Glucosespiegels zur Folge hat, wobei dieser unmittelbar post operationem um etwa 50% über dem Ausgangswert lag und dann eine sinkende Tendenz aufwies.
Erhöhte Blutglucosespiegel sind als Folge der Wirkung von Catecholaminen und Glucocorticoiden anzusehen. Sie stellen eine der wichtigsten Stoffwechselantworten auf Belastungen dar und versetzen den Organismus in die Lage, die Energie vor allem für den erhöhten Stoffwechselbedarf der Erythrozyten und des Gehirns bereitzustellen (NOCKELS 1990). LOMAX und BAIRD (1983) konstatieren eine positive Korrelation zwischen dem „Glucose-output" der Leber und der Energieaufnahme sowohl bei Schafen als auch beim Rind.

Nach Kälbertransporten über unterschiedlich lange Zeiträume beobachteten MORMÉDE et al. (1982), dass die Tiere einen stark hypoglycämischen Zustand aufwiesen. Dies führten sie nicht nur auf ein fehlendes Nahrungsangebot zurück, sondern viel mehr auf einen relativen Futtermangel infolge erhöhten Bedarfs, hervorgerufen durch den Transport und die Manipulation an den Tieren. Die Hypoglycämie war in der Tiergruppe mit der längeren Transportdauer stärker ausgeprägt.
Andere Versuche mit Kälbern konnten keine signifikante Einwirkung der Belastung durch den Transport auf den Glucosespiegel feststellen (LOCATELLI et al. 1989, STEINHARDT u. THIELSCHER 1999).
Dem gegenüber stellen jedoch KNOWLES et al. (1997) bei Kälbern im Anschluss an den Transport erhöhte Glucosespiegel im Gegensatz zur Kontrollgruppe fest. Einen Anstieg des Glucosegehaltes beobachteten ebenfalls KENNY und TARRANT (1987) beim Umgruppieren und Transport von Jungbullen sowie TARRANT und McVEIGH (1979) allein schon durch das "handling" ihrer Versuchsbullen. Dies weist auf eine stressinduzierte Aktivierung des Stoffwechsels hin.

2.2.3.2 Unveresterte Fettsäuren

Der Organismus bevorratet Energie hauptsächlich im Fettgewebe. Werden diese Energiespeicher in Mangelsituationen mobilisiert, stellen die freien unveresterten Fettsäuren (non esterified fatty acids – NEFA) quasi das Mobilisierungsprodukt des aktivierten Stoffwechsels dar. Bei kataboler Stoffwechsellage steigt ihre Konzentration im Blut rasch an, so dass sich der Gehalt an freien Fettsäuren im Plasma als klinischer Index für den Umfang der Lipomobilisation gut heranziehen lässt (SCHOLZ 1990, BARTLEY 1989) .

Bei Mangel an Kohlenhydraten können die NEFA jedoch nicht in den Zitratzyklus eingeschleust werden. Statt dessen kondensieren sie zu Ketokörpern wie β-Hydroxybutyrat. Der NEFA-Gehalt steigt jedoch nicht nur in Futtermangelsituationen an; Stress und stressähnliche Umstände lassen die NEFA-Gehalte im Blut ebenfalls innerhalb von Minuten ansteigen (SCHOLZ 1990). Als physiologischer Bereich werden Werte unter 600 µmol/l im Blutplasma angesehen. Die Werte für den physiologischen Normbereich beruhen auf den Referenzangaben des Labors der Klinik für Rinderkrankheiten der Tierärztliche Hochschule Hannover.

Energiemangel bewirkt eine Reduktion des Plasma-Insulinspiegels und der Glucosekonzentration. Dies führt unter Einfluss von Glucagon zu einer vermehrten Freisetzung von freien Fettsäuren aus dem Fettgewebe und einer Steigerung der Oxidation der freien Fettsäuren in der Leber. Meist ist die verminderte Gluconeogenese und Insulinsekretion sowie die erhöhten NEFA-Konzentrationen, anders als ketotische Stoffwechsellagen in der frühen Laktation, nur mittelgradig ausgeprägt; die Kühe zeigen häufig keine Krankheitssymptome und beginnen mit der Futteraufnahme bei entsprechendem Angebot (HOLTENIUS u. HOLTENIUS 1996). Daraufhin sinkt die Konzentration an freien Fettsäuren und β-Hydroxybutyrat im Blut rasch wieder ab (LOMAX u. BAIRD 1983).

Zur schnellen Energiebereitstellung werden hormonsensitive Lipasen im Fettgewebe aktiviert. Dies geschieht durch Catecholamine, ACTH, Cortisol und Glucagon. Auf diese Weise repräsentieren die dadurch in veränderten Konzentrationen anfallenden

Stoffwechselprodukte einen Teil der Belastungsreaktion des Organismus (BARTLEY 1989).
Befinden sich Kühe unter Stresseinfluss, ist der Transport von NEFA in die Leber verstärkt, Plasma-Glucose und Insulin sind erhöht, was zu vermehrter Fettsynthese und damit auch zur Entstehung von Fettlebern führen kann (HOLTENIUS u HOLTENIUS 1996, HOLTENIUS 1997).
Als Einfluss von Belastungssituationen auf den Energiestoffwechsel beobachteten einige Autoren ansteigende NEFA-Werte während Langzeittransporten von Rindern, wobei die erhöhten NEFA-Werte teilweise bereits innerhalb der ersten 4 Stunden der Erhohlungsphase wieder auf das Niveau der Kontrollgruppe zurückgingen (KNOWLES et al. 1999a u. 1999b). Ähnliches beobachten KNOWLES et al. (1995 u. 1997) bei Kälbern und bei Lämmern, wobei hier ein Rückgang der NEFA Werte auf Ausgangsniveau innerhalb von 24 Stunden nach Transport auftrat. Bereits Verladen und erhöhte Geräuschpegel als Teil jedes Transportablaufs, verursachen einen Anstieg der NEFA-Konzentration (AGNES et al. 1990).

2.2.3.3 β-Hydroxybutyrat

Neben einem vermehrten Auftreten freier Fettsäuren im Blutplasma weisen auch erhöhte Ketonkörperkonzentrationen auf eine Energiemobilisation aus dem Fettgewebe und damit auf eine katabole Stoffwechsellage hin. Zur Gruppe der Ketonkörper gehören Aceton, Acetacetat und β-Hydroxybutyrat (BHB).
Die Hauptquelle der Ketonkörper sind die langkettingen Fettsäuren, die aufgrund der Lipolyse aus dem Fettgewebe freigesetzt werden (BRUSS 1989).

Die freien Fettsäuren werden in den Mitochondrien mittels β-Oxidation zu Acetyl-CoA umgesetzt, welches im Zitronensäurezyklus zu Citrat oxidiert werden kann, vorausgesetz, es steht genügend Oxalacetat zur Verfügung (HOLTENIUS u. HOLTENIUS 1996, BRUSS 1989, COOK et al. 1996)
Steht nun in Energiemangelsituationen der Gluconeogenese zu wenig Proprionat zur Verfügung, so kann dies zu einer Substratverarmung im Zitratzyklus (Oxalacetat)

führen. Dadurch können die freien Fettsäuren nun nicht mehr dem Zitratzyklus zugeführt werden; statt dessen werden sie zu Acetacetat kondensiert und anschliessend zu BHB reduziert (BICKHARDT et al. 1988, BRUSS 1989).

Die Ketonkörper werden nicht in der Leber verstoffwechselt, sondern dienen anderen Geweben wie dem Herzmuskel als Energiequelle. In absoluten und relativen Energiemangelsituationen kommt ihnen insofern eine wichtige Bedeutung zu, als dass sie Glucose einsparen helfen. Aufgrund einer Reduktion der Zitratzyklusaktivität in der Leber kann jedoch Acetyl-CoA in den Zellen akkumulieren und die Ketonkörperbildung derart erhöhen, so dass schließlich eine Ketose und eine metabolische Azidose entstehen (COOK et al. 1996).
Als Normbereich für BHB werden Plasmawerte unter 1,0 mmol/l von der Klinik für Rinderkrankheiten der Tierärztliche Hochschule Hannover angegeben.

An Ketose erkrankte Schafe verfügten über einen stark verminderten Blutglucosespiegel bei einer gleichzeitig stark erhöhten Konzentration an BHB im Plasma. Generell ist der Konzentrationsanstieg der BHB im Plasma ein sehr empfindlicher Indikator für Störungen der Fettsäuremetabolisierung in der Leber (BICKHARDT et al. 1988).
BICKHARDT et al. (1989) stellten beim kleinen Wiederkäuer fest, dass Belastungen des Energiestoffwechsels durch die Plasmakonzentration der BHB erheblich deutlicher wiedergegeben werden, als durch die Glucosekonzentration (BICKHARDT et al. 1989).

KNOWLES et al. (1999a) berichten, dass auf Langzeittransporten von Kälbern ein Anstieg der BHB-Konzentration beobachtet wurde, der während des Transportes begann und etwa 8 Stunden nach Beginn der Ruhepause eine weitere Zunahme erfuhr. Bei Untersuchungen beobachteten KNOWLES et al. (1997) ansteigende BHB-Werte während Langzeittransporten von Kälbern, wobei hier ein Rückgang der BHB-Werte auf Ausgangsniveau innerhalb von 24 Stunden nach Beginn der Erhohlungsphase festzustellen war. Ähnliches stellten KNOWLES et al. (1995) auch bei Lämmern fest.

2.2.4 Flüssigkeitshaushalt

Die Proteinfraktion des Blutplasmas (**Gesamtprotein**) setzt sich vorwiegend aus Albumin, Immunglobulinen und Fibrinogen sowie Transportproteinen, Gerinnungsfaktoren und Enzymen zusammen. Gemeinsam mit der Konzentration der Plasma-Elektrolyte (vornehmlich Natrium) und dem Hämatokrit gilt die Konzentration des Gesamteiweißes als Maßstab für den Hydratationsstatus des Organismus (GAEHTGENS 1996). Er ist abhängig von der Futter- und Wasseraufnahme, der Wärmeproduktion und der motorischen Belastung des Körpers. Da die Tiere während eines Transportes meistens nur eingeschränkt fressen und Flüssigkeit aufnehmen, können hier Beeinträchtigungen des Hydratationsstatusses auftreten.
So wurde von zahlreichen Autoren ein unterschiedliches Maß einer Dehydration, charakterisiert durch einen erhöhten Gehalt an Plasmaproteinen, beobachtet, je nach Transportdauer und Ladedichte (KENT u. EWBANK 1983, MORMÉDE et al. 1982, TARRANT et al. 1992)
Untersuchungen mit verschiedenen Zusammensetzungen der Tränke während des Transportes ergaben bei Kälbergruppen mit Glucose- und Elektrolytränke, niedrigere Gesamteiweiß- und Albuminwerte. Bei diesen Tieren war die Dehydration weniger stark ausgeprägt. Tiere, die nur mit Wasser getränkt worden waren, hatten auch im Vergleich zu der Kontrollgruppe höhere Gesamteiweißwerte (KNOWLES et al. 1999a).
KNOWLES et al. (1996 u. 1997) beobachteten auch, dass die Gesamtprotein- und Albuminwerte im Anschluss an Langzeittransporte bei Kälbern und Schafen erhöht waren, jedoch ein Rückgang auf Ausgangsniveau innerhalb von 24 Stunden nach Transportende stattfand.

Das extrazelluläre Kation **Natrium** bestimmt wesentlich die Serumosmolalität. Aufgrund einer verminderten Wasseraufnahme und/oder hoher Wasserverluste kann eine hypertone Dehydration die Folge sein, bei der der Na^+-Spiegel erhöht ist (KLINKE u. SILBERNAGEL 1996).

Neben dem Plasmaproteingehalt und der Natrium-Konzentration im Plasma gibt der **Hämatokrit** (HTK) als Anteil der zellulären Bestandteile an der Blutflüssigkeit ein zuverlässiges Bild des Hydratationsstatus der Tiere wieder. Der Hämatokrit erhöht sich jedoch nicht nur bei Störungen des Flüssigkeitshaushalts, sondern kann in akuten Belastungssituationen aufgrund einer sympathikusvermittelten Milzentspeicherung (Hämokonzentration durch Erhöhung der zirkulierenden Erythrozytenzahl) einen deutlichen Anstieg innerhalb weniger Minuten erfahren (BICKHARDT 1992). Die Klinik für Rinderkrankheiten der Tierärztlichen Hochschule Hannover gibt 0,25 l/l bis 0,35 l/l als physiologischen Bereich beim Rind an.

Zahlreiche Autoren untersuchten den Hämatokrit von Wiederkäuern beim Transport und gelangten zu unterschiedlichen Ergebnissen. BROOM et al. (1996) und HALL et al. (1998) registrierten bei Schafen ein Absinken des HTK; PARROTT et al. (1998) bei Schafen einen initialen Anstieg, der im Verlauf des Transports wieder absank und TARRANT et al. (1992) und WARRISS et al. (1995) beobachteten bei Ochsen einen Anstieg des HTK.

2.2.5 Schilddrüsenhormone

Die Schilddrüsenhormone Trijodthyronin und Thyroxin (T_3 und T_4) sind Teil einer Hormonkaskade, die ihren Ursprung im Hypothalamus hat. Dort wird das Thyrotropin-Releasing-Hormon (TRH) in das venöse Portalsystem abgegeben, gelangt zum Hypohysenvorderlappen, wo es zur Produktion und Sekretion von Thyroid-Stimulating-Hormon (TSH) anregt (MATTERI et al. 2000).

Wie schon beim Cortisol unterliegen auch die Schilddrüsenhormone rhythmischen Schwankungen. Vom TSH ist ein circadianer Rhythmus bekannt, der von damit parallel einhergehenden Veränderungen der Serumspiegel der Schilddrüsenhormone begleitet wird. Hierbei werden bei Tage Minimalkonzentrationen und nachts Maximalwerte erreicht. Auch jahreszeitliche Schwankungen sind bei unseren Haustieren anzutreffen, wobei beispielsweise bei Milchkühen die Thyroxinsekretionsrate im Sommer auf etwa 30 % der Winterwerte zurückgeht. Generell stimulieren niedrigere Umgebungstemperaturen die sekretorische Aktivität der Schilddrüse, während Hitze sie stark drosselt. Diese Vorgänge machen die Bedeutung der Schilddrüse bei der Thermoregulation deutlich. Die vermehrte Bildung von T_4 erfolgt zur Bewältigung der metabolischen Anforderungen bei Kälte oder Abkühlung (SLEBODZINSKI 1994, MATTERI et al. 2000).

Die kalorigene Wirkung der Schilddrüsenhormone ist deren wichtigster Effekt beim Warmblüter, wobei jedoch nicht alle Gewebe metabolisch auf die Schilddrüsenhormone reagieren. Skelettmuskulatur, Herz, Leber, Nieren und Speicheldrüsen sind diesbezüglich als Effektororgane anzusehen. Heute geht man davon aus, dass der primäre Mechanismus zur Wärmebildung durch die Schilddrüsenhormone in der Stimulation der Na^+/K^+-ATPase-Aktivität zu suchen ist. Der gesteigerte O_2-Verbrauch durch die Na^+-Pumpe spielt bei dieser thermogenen Reaktion eine zentrale Rolle und wird durch den T_4-Spiegel im Blut geregelt (SLEBODZINSKI 1994).

Die Schilddrüsenhormone nehmen bei zahlreichen weiteren physiologischen Abläufen eine wichtige Rolle ein. Die hormonale Aktivität der Schilddrüse beeinflusst die Hautfunktion, die der Milchdrüse und ist bezüglich der Aufrechterhaltung des Wachstums von Jungtieren von eminenter Bedeutung. Eine weitere wichtige Funktion nehmen die Schilddrüsenhormone hinsichtlich des Energiestoffwechsels ein. Sie stimu-

lieren hier sowohl die Gluconeogenese als auch die Fettsynthese (anaboler Effekt), verstärken die Lipolyse und die Glykogenolyse in der Leber (kataboler Effekt) und regulieren Synthese und Abbau von Triglyceriden und Cholesterol. Im Eiweiß-, Lipid- und Kohlenhydratstoffwechsel wird der Einfluss von T_3 und T_4 durch andere Hormone moduliert, so wird beispielsweise die kalorigene Wirkung der Schilddrüsenhormone durch Catecholamine verstärkt. Einen signifikanten Einfluss auf die Schilddrüse und ihre Hormone üben auch die Steroidhormone aus; so rufen Glucocorticoide in hohen Dosen einen sofortigen Abfall der T_3 Konzentration im Serum hervor und reduzieren die Bindungsproteine für Schilddrüsenhormone im Plasma sowie die hypophysäre Reaktion auf TRH und damit auch die TSH-Sekretion (SLEBODZINSKI 1994).

Im Vergleich zu den anderen Hormonen des HVL ist über den Einfluss psychischen Stresses auf die TSH-Sekretion relativ wenig bekannt. Hinzu kommt auch, dass eine große Bandbreite an Variationen zwischen den verschiedenen Spezies vorzuliegen scheint; so wurden in unterschiedlichen Studien zum Beispiel auf kurzfristigen Kältestress beim Menschen ein vorübergehender TSH-Anstieg beobachtet, bei Nagetieren jedoch ein Abfall der TSH-Sekretion (MATTERI et al. 2000).

Allgemein ist festzuhalten, dass die Schilddrüsenhormone für die Thermoregulation relevant sind und somit Veränderungen bei ihrer Produktion und Sekretion auftreten, wenn der Organismus chronischen Veränderungen seiner klimatischen Umweltbedingungen ausgesetzt wird. Kalte Temperaturen erhöhen dabei die Schilddrüsenaktivität (JOSEPH-BRAVO et al. 1998). Ernährungsbedingter Stress senkt im allgemeinen die Schilddrüsenaktivität; es wird vermutet, dass die erhöhte Aktivität der HHA-Achse bei chronischer alimentärer Unterversorgung zur Unterdrückung der Schilddrüsenaktivität beiträgt (CHILLIARD et al. 1998, SAMUELS u. McDANIEL 1997). Im Anschluss an Transporte stellten STEINHARDT und THIELSCHER (1999) bei Kälbern signifikant erniedrigte T_3-, freie T_3- und frei T_4- Werte fest. Untersuchungen haben gezeigt, dass chronischer Stress bei Tieren zu erniedrigten Blutspiegeln an Schilddrüsenhormonen führt, wobei besonders T_3 eine signifikante Rolle zukommt. Die Autoren vermuten in diesem Zusammenhang, dass auch die Schilddrüsenhor-

mone am suppressiven Effekt von Stress auf das Immunsystem beteiligt sein können (CREMASCHI et al. 2000).

2.2.6 Herzfrequenz

Die Innervation des Herzens erfolgt durch sympathische und parasympathische (N. vagus) Nervenendigungen, deren postsynaptische Transmitter Noradrenalin und Acetylcholin in antagonistischer Weise die Frequenz des Sinusknotens beeinflussen (SELLER 1996).

Der Einfluss humoraler Faktoren auf die Herzfrequenz ist schon lange bekannt; eine Aktivierung des sympathischen Nervensystems im Zusammenhang mit Stress führt zu einer Zunahme der zirkulierenden Catecholamine, welche eine Steigerung der Herzfrequenz unter Belastung bewirken. Nicht nur auf humoralem Wege wird Einfluss auf die Herzfrequenz genommen; die übergeordnete Regulation erfolgt z. B. in emotionalen Belastungssituationen in neocorticalen Strukturen des Gehirns, wobei aufgrund einer Zunahme der sympathischen und einer Abnahme der parasympathischen Aktivität eine Erhöhung der Herzfrequenz zu beobachten ist (SHAPIRO et al. 1993).

Die Herzfrequenz bewegt sich bei adulten Rindern physiologischerweise zwischen 60 und 80 Schlägen pro Minute (ROSENBERGER 1990).

Problematisch bei der Beurteilung der Belastung anhand der Herzfrequenz sind die großen individuellen Schwankungen, die hierbei auftreten. So kann der gleiche äußere Reiz bedingt durch verschiedene individuelle Verhaltensmuster, frühere Erfahrungen, physische Unterschiede etc. gänzlich unterschiedliche Veränderungen der durchschnittlichen Herzfrequenz hervorrufen. Zwar ist die Herzfrequenz ein relativ zuverlässiger Untersuchungsparameter hinsichtlich der Erregungszustände und der Belastung von Tieren, jedoch gilt es zu bedenken, dass dieser Parameter nicht als einzelner Durchschnittswert betrachtet werden sollte, sondern erst in Relation zu anderen erhobenen Parametern wie Veränderungen von Hormonspiegeln und des Verhaltens erheblich an Aussagekraft gewinnt. Ferner ist eine bessere Interpretierbarkeit der Daten zu erzielen, wenn eher Verlauf und Abweichungen der cardialen Reaktion

als einzelne Mittelwerte verglichen werden (BROOM 2000, MANTECA u. DEAG 1993).

Bei Untersuchungen im Zusammenhang mit Transporten von Kälbern stellen TRUNKFIELD et al. (1990) fest, dass Verladevorgänge sowie Umgruppierung der Tiere die größte Belastung für die Tiere darstellt, was bei den Kälbern unter anderem durch eine Erhöhung der Herzfrequenz zu beobachten ist. Es zeigte sich aber auch, dass frühere Erfahrungen der Tiere bzw. ihre Gewöhnung an Umgang mit dem Menschen und derartige Situationen einen Einfluss auf die Reaktionsantwort haben (TRUNKFIELD u. BROOM 1990, LENSINK et al. 2001).
Transportuntersuchungen bei adulten Rindern zeigten ähnliche Veränderungen der Herzfrequenz wie bei Kälbern (KNOWLES 1999, KENNY u. TARRANT 1987, TENNESSEN et al. 1984). JACOBSON und COOK (1996 u. 1998) stellten bei verschiedenen Untersuchungen fest, dass die Herzfrequenzkurve bei Auf- und Abladevorgängen Spitzenwerte erreicht, während des Transports selbst jedoch teilweise sogar abnimmt.
Bei Schafen wurde ein Anstieg der Herzfrequenz durch die Bewegung des Transportfahrzeugs ausgelöst. Als besonders belastend erwiesen sich hier zahlreiche Beschleunigungs- und Abbremsmanöver. Im gleichen Experiment zeigte sich, dass eine zusätzliche Lärmbelastung der Tiere weitgehend ohne Beeinflussung der Herzfrequenz abläuft (HALL et al. 1998).

2.2.7 Körpertemperatur

Die Körpertemperatur steht aufgrund des Zusammenspiels physiologischer Regelkreise in enger Beziehung zur Thermoregulation, zur Wasseraufnahme, zum Energiestoffwechsel und zur motorischen Aktivität. Werden an den Organismus beispielsweise durch klimatische oder motorische Belastung erhöhte Anforderungen gestellt, so wird über Mechanismen zur erhöhten Wärmeabgabe (Schwitzen, Hecheln, Hautdurchblutung etc.) versucht, die Erhöhung der Körpertemperatur zu begrenzen. Der physiologische Bereich für Rinder liegt zwischen 37,5 und 39,5 °C (ROSENBERGER 1990). Sind die Anforderungen zu groß (z.B. lang andauernde motorische oder psychische Belastung, u.U. verbunden mit einer eingeschränkten Möglichkeit zur Wasseraufnahme bei hohen Umgebungstemperaturen), so kann die Regelgrenze überschritten werden und Hyperthermie die Folge sein (JESSEN 2000).

KNOWLES (1995) beschreibt eine größere Schwankung der Körpertemperatur junger Kälber bei Transporten im Winter als im Sommer; er vermutet, dass die jungen Tiere bei klimatischen Belastungen erhebliche Schwierigkeiten mit der Thermoregulation haben (KNOWLES 1995). Generell ist im Zusammenhang mit der Transportbelastung ein Anstieg der Körpertemperatur zu erwarten (ELDRIDGE et al. 1984, WARRISS 1990).

2.2.8 Gewicht

Ein Verlust an Körpergewicht kommt durch Evaporation (Flüssigkeitsabgabe zur Thermoregulation) und durch katabolen Gewebsabbau zustande. Ebenfalls trägt die Entleerung des Verdauungskanals zum Gewichtsverlust bei. Bei nahezu allen Untersuchungen im Zusammenhang mit Tiertransporten wird auch das Körpergewicht der Tiere mit erfasst. Generell werden dabei Gewichtsverluste im Verlauf des Transportes registriert, wobei ihr Ausmaß in Abhängigkeit von Transportdauer und von anderen Faktoren (wie Ladedichte, klimatische Bedingungen etc.) etwa in einer Größenordnung zwischen drei und elf Prozent variiert (KNOWLES et al. 1999 u. 1997,

WARRISS 1990, BROOM et al. 1996, TARRANT 1990, KENNY u. TARRANT 1990, WARRISS et al. 1995).

2.2.9 Magnesium

Das Kation Magnesium liegt zu 99 % intrazellulär vor. Bei der neuromuskulären Erregungsbildung und der synaptischen Reizübertragung in der Skelettmuskulatur erfüllt es wichtige Hemmfunktionen. Der Normbereich liegt im Blutplasma zwischen 0,7 und 1,2 mmol/l. Eine Hypomagnesämie zeigt sich bei Rindern klinisch als Weide- oder Transporttetanie. Als Ursache kommen dafür eine verminderte Mg^{2+} -Aufnahme (junges Gras), verminderte Mg^{2+}-Resorption (K^{+}-reiche und Na^{+}-arme Fütterung) oder Anstrengung und Stress in Frage (SZENTKUTI u. EHRLEIN 2000, ROSENBERGER 1978).

2.2.10 Immunologie

Es ist hinreichend bekannt, dass umweltbedingter, physischer und psychischer Stress zu einer erhöhten Krankheitsanfälligkeit führen kann und dass diese erhöhte Anfälligkeit zumindest zu großen Teilen in Veränderungen der Immunabwehr begründet liegt (ROTH u. PERINO 1998).

Wirken Stressoren mit ausreichender Intensität und Dauer auf ein Tier ein, so bewirkt sie eine endokrine Reaktion der Hypothalamo-Hypophysen-Nebennieren-Achse. Der Effekt von Corticosteroiden beinhaltet eine Reduktion der Gewebsmasse von lymphatischen Organen, eine Depression der zirkulierenden Lymphozyten sowie eine Zunahme der neutrophilen Granulozyten. Hierbei binden Corticosteroide an spezifische zytoplasmatische Rezeptoren lymphatischer Zellen und können so Veränderungen der intrazellulären Enzymaktivität und Beeinflussung des Nukleinsäurenmetabolismus nach sich ziehen (SIEGEL 1987).

Es wurden Interaktionen zwischen dem Nerven- und dem Immunsystem beschrieben, die zum einen auf direkter Innervation von lymphatischen Organen, zum ande-

ren auf humoralen Effekten der Hypothalamo-Hypophysen-Nebennieren-Achse beruhen (OLIVERIO 1987).
Der Einfluss emotionaler Stimuli auf das Immunsystem wurde z.B. bei Untersuchungen an Ratten nachgewiesen. Hierbei verfügen rangniedere Tiere über eine verminderte zelluläre Reaktivität. Die Stresssituation, die aufgrund des unterschiedlichen Sozialstatus entsteht, scheint demnach an der Modulation immunologischer Funktionen beteiligt zu sein (BALLIEUX u. HEIJNEN 1987).
BALLIEUX und HEIJNEN (1987) berichten auch von Stresstests, in deren Anschluss die Tiere geimpft wurden und daraufhin eine verminderte Antikörperbildung aufwiesen. Gleichzeitig führen die Autoren jedoch auf, dass mildere, kurzzeitige Stimuli auch einen anregenden Effekt auf das Immunsystem haben können, was sich in erhöhter Lymphozyten-Reaktivität zeigt.
MURATA et al. (1985) beobachteten nach einem einstündigen Transport eine verstärkte Lymphozyten- und Phagozytenaktivität bei Kälbern.
In anderen Untersuchungen wurde festgestellt, dass der Transport bei Kälbern ein Absinken der Monozyten und der neutrophilen Granulozyten bewirkte, jedoch ohne Einfluss auf den Immunglobulin-Plasmaspiegel blieb (KELLEY et al. 1981). SIEMENSEN et al. (1980) stellten allerdings im Zusammenhang mit Kälbertransporten zwar eine kurzzeitige, aber signifikante Veränderung des IgG Spiegels fest.
BENSCHOP et al. (1996) beobachten bezüglich des Einflusses von akuten psychischen Stresses auf die zirkulierenden Leukozyten, dass nach der Applikation von Catecholaminen erst eine schnelle kurzfristige Mobilisation von Lymphozyten (<30 Minuten) festzustellen ist, gefolgt von einer Zunahme an neutrophilen Granulozyten und einer Abnahme an Lymphozyten. Ferner schließen sie, dass Catecholamine vornehmlich einen Effekt auf Natural-Killer-Zellen und Granulozyten haben, B- und T-Lymphozyten dagegen relativ unberührt bleiben.
Bei Untersuchungen zum Einfluss von Glucocorticoiden auf das Immunsystem wurden Rinder mit Dexamethason behandelt. Dies bewirkte eine Erhöhung der Gesamtleukozytenzahl, die vornehmlich durch eine Neutrophilie zustande kam. Der relative Anteil der Lymphozyten und der eosinophilen Granulozyten hatte abgenommen, während der Monozytenanteil steigende Tendenz aufwies (ANDERSON et al. 1999).

Ähnliche Ergebnisse zeigten auch die Untersuchungen von MURDRON et al. (1994) und MORMÉDE et al. (1982)an Kälbern nach Transporten. Dies korreliert auch mit den Beobachtungen von MURATA (1989) et al. (1987), wonach durch Transportbelastung die B-Lymphozyten nicht betroffen zu sein scheinen, sehr wohl aber die Lymphozytenblastogenese unterdrückt und die T-Lymphozyten-Population verringert wurde.

Bei Kälbern, die chronischen Hitze- und Kältebelastungen ausgesetzt waren, zeigte sich, dass diese Stressoren sowohl Veränderungen der humoralen als auch der zellvermittelten Immunität bewirken (KELLEY et al. 1982).

Es wurden auch Einflüsse auf die unspezifische Abwehr, nämlich eine Abnahme der Aktivität der neutrophilen Granulozyten im Anschluss an Kälbertransporte festgestellt (MURATA 1995).

Neuere Studien zeigen, dass Belastungen in Abhängigkeit von Zeitdauer und Intensität der auf den Organismus einwirkenden Stressoren sowohl einen stimulierenden als auch einen suppressiven Effekt auf die immunologische Abwehrreaktion haben können. So scheint akuter Stress die Immunantwort zu fördern, wobei eine steigende Intensivierung eines akuten Stressors auch eine Verstärkung der Immunreaktion bewirkt. Chronischer Stress hingegen zeigt immunsuppressive Effekte (DHABHAR u. McEWEN 1997).

AMADORI et al. (1997) hält aufgrund eigener Experimente und denen anderer Autoren weitere immunologische Untersuchungen im Zusammenhang mit den Problemen der heutigen Nutztierhaltung von Nöten. Er geht davon aus, dass immunologische Parameter in Zukunft wichtige und nützliche Indikatoren zur Beurteilung von Tierschutzfragen darstellen können (AMADORI et al. 1997).

2.3 Gesetzliche Grundlagen

Aufgrund des Umfangs der Transporte von landwirtschaftlichen Nutztieren und der teilweise praktizierten Umstände des Tiertransportes wurde dieser Thematik in den letzten Jahren zunehmend gesellschaftliches und politisches Interesse zuteil. Dementsprechend ist der Gesetzgeber bestrebt, den wachsenden Anforderungen an den tierschutzgerechten Umgang mit Tieren auf nationaler und internationaler Ebene Rechnung zu tragen. Basierten die rechtlichen Vorschriften bisher überwiegend auf ethischen Gesichtspunkten, so beginnt nun deutlich zu werden, dass auch eine vermehrte Einbeziehung wissenschaftlicher Erkenntnisse von Nöten ist.

Mit der Novellierung des Tierschutzgesetzes (in der Fassung vom 25.05.1998; BGB1.I S.1105) kommt Deutschland seiner Verpflichtung zur nationalen Umsetzung des EG-Rechts nach. Die Gesetzesnovelle beinhaltet gegenüber der älteren Fassung Anforderungen an Sachkenntnis der Tierhalter, behördliche Erlaubnis zum Transport usw.
Die wichtigste gesetzliche Grundlage im Zusammenhang mit Tiertransporten stellt jedoch zweifelsohne die Tierschutztransportverordnung vom 25. Februar 1997 (BGB1. I S. 3489) dar. Mit ihr sollte der Tierschutz beim Transport von Tieren umfassend geregelt und verbessert werden. Inzwischen ist die Verordnung bereits zweimal geändert und an die Gemeinschaftsbestimmungen angepasst worden, zuletzt durch die Verordnung vom 23. Februar 1999 (BGB1. I S. 181).
Die Tierschutztransportverordnung wurde aufgrund des § 2a des Tierschutzgesetzes in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Februar 1993 und vom 25. Mai 1998 erlassen. Sie gilt in ihrer derzeitigen Fassung seit dem 01. Juli 1999.

Die Verordnung betrifft den Straßen-, Schienen-, Schiffs- und Lufttransport von Haus- und Nutztieren, sonstigen Säugetieren sowie Vögeln, wechselwarmen Wirbeltieren und wirbellosen Tieren.
Es werden in der Verordnung Vorgaben gemacht hinsichtlich der Transportdauer, der Pausenintervalle und der Versorgung der Tiere. Ferner beinhaltet die Verordnung Angaben zur Belüftung und Ladedichte, schreibt einen Sachkundenachweis der mit

dem Transport betrauten Personen vor und stellt Mindestanforderungen an die Ausrüstung der Transportfahrzeuge.
So dürfen Schlachttiere innerhalb Deutschlands in Normalfahrzeugen insgesamt maximal acht Stunden befördert werden; auch nach einer Pause dürfen solche Transporte nicht fortgesetzt werden.
Ein Transport von Nutztieren, der diese zeitlichen Beschränkungen sprengt, ist in der EU nur in Spezialfahrzeugen zulässig, die die geltenden Bestimmungen der Verordnung (EG) Nr. 411/98 des Rates vom 16. Februar 1998 mit zusätzlichen Tierschutzvorschriften für Straßenfahrzeuge zur Beförderung von Tieren erfüllen. An diese Fahrzeuge werden besondere Anforderungen hinsichtlich Einstreu, Fütterungs-, Tränke- und Zugangsmöglichkeiten, sowie Belüftung und Abtrennung gestellt.
Auch die Fahrt- und Ruhephasen auf Spezialfahrzeugen werden in der Tierschutztransportverordnung reglementiert.
So muss beispielsweise Rindern nach einer Transportphase von höchstens 14 Stunden eine mindestens einstündige Ruhephase gewährt werden, in der die Tiere zu tränken und ggf. zu füttern sind. Danach darf der Transport für maximal weitere 14 Stunden fortgesetzt werden. Nach diesen 29 Stunden sind die Tiere für mindestens 24 Stunden abzuladen, zu füttern und zu tränken, wobei die Entladung an einem zugelassenen Aufenthaltsort stattzufinden hat, der den Maßgaben der Verordnung (EG) Nr. 1255/97 entspricht.
Auch werden in der Tierschutztransportverordnung die Befugnisse der Behörden festgelegt. So wird zum Beispiel verlangt, dass vor Beginn eines Nutztiertransportes, der besagtes Limit von acht Stunden übertritt und bei dem eine Staatsgrenze überschritten wird, der zuständigen Behörde ein Transportplan zur Plausibilitätskontrolle vorgelegt wird. Aus dem Transportplan haben die Fahrtroute, die Ruhezeiten und die Möglichkeit des Fütterns und Tränkens hervorzugehen.
Werden Tiere in Drittländer exportiert, so müssen sie vor der Verladung hinsichtlich ihrer Transportfähigkeit amtstierärztlich untersucht werden. Waren die Tiere bis zum Verlassen des Gemeinschaftsgebietes schon mehr als acht Stunden unterwegs, so ist an der Grenzkontrollstelle eine weitere Kontrolle durch die zuständige Behörde vorgeschrieben. Hierbei soll der Grenztierarzt bei Verlassen der EU überprüfen, ob

alle Tiere transportfähig sind und ob das Transportmittel den Mindestanforderungen genügt. In der VO (EG) Nr. 615/98 wurde festgelegt, dass die Auszahlung der Exporterstattungen beim Rindertransport von der Einhaltung der tierschutzrechtlichen Bestimmungen abhängig gemacht wird.

Neben den gesetzlichen Regelungen, die den Tiertransport unter Berücksichtigung der zu transportierenden Tiere reglementieren, müssen auch die gesetzlichen Grundlagen betrachtet werden, die den Einsatz des Fahrpersonals regeln.
Die Sozialvorschriften für Beschäftigte im Straßenverkehr regeln zahlreiche Belange dieser Thematik; hier soll jedoch nur kurz auf die Regelungen hinsichtlich Lenkzeiten, Unterbrechungen und Ruhezeiten für die Fahrer eingegangen werden. Diese sind im Zusammenhang mit Langzeit-Tiertransporten von Bedeutung, da sie nicht selten Probleme bezüglich der Übereinstimmung mit den zeitlichen Vorgaben aus Tierschutzgesetz und Tierschutztransportverordnung ergeben. So gibt sowohl das europäische Übereinkommen über die Arbeit des im internationalen Straßenverkehr beschäftigten Fahrpersonals (AETR) (vom 31.Juli 1985 BGB1 II S. 889 geändert am 18.08.1997, BGB1 II S. 1550) als auch die Verordnung (EWG) Nr. 3820/85 des Rates über die Harmonisierung bestimmter Sozialvorschriften im Straßenverkehr konkrete Angaben hinsichtlich der Pausen- und Lenkzeiten. Demnach darf die Tageslenkzeit 9 Stunden nicht überschreiten (Ausnahmen auf bis zu 10 Stunden sind möglich); nach einer Lenkzeit von 4 1/2 Stunden ist eine Unterbrechung von mindestens 45 Minuten einzulegen. Es ist dabei vorgeschrieben, dass während der Lenkzeitunterbrechung keine Arbeiten ausgeführt werden dürfen. Das bedeutet im Falle eines Tiertransportes, dass die in der Tierschutztransportverordnung geforderte Versorgungspause der Tiere von mindestens einer Stunde (nach dem ersten 14-stündigen Transportintervall), für das Fahrpersonal nicht als Lenkzeitunterbrechung zählt.
Desweiteren werden Ruhezeiten von mindestens 11 Stunden pro 24 Stundenintervall (kann in Ausnahmen auf 9 Stunden verkürzt werden) vorgeschrieben. Diese Ruhezeit kann aufgesplittet werden, jedoch muss ein Teil mindestens 8 Stunden Ruhezeit am Stück enthalten.

Weit mehr Belang als die Ruhezeiten selbst hat die Reglementierung, dass die tägliche Ruhezeit zwar im Fahrzeug verbracht werden kann (bei entsprechender Schlafkabinenausstattung), das Fahrzeug dabei aber nicht gefahren werden darf. Bei der sogenannten "Zwei-Fahrer-Besatzung" muss jeder der Fahrer innerhalb eines 30 Stundenzeitraums eine Ruhezeit von 8 Stunden einhalten. Da die Ruhezeit nicht in einem fahrenden Fahrzeug stattfinden darf, müssen beide Fahrer die Ruhezeit gleichzeitig nehmen.
Das heißt aber, dass ein Transportfahrzeug sich theoretisch innerhalb eines Zeitraums von 30 Stunden maximal nur 22 Stunden bewegen kann. Hier zeigt sich eine deutliche Diskrepanz mit der Tierschutztransportverordnung.
Langstreckentransporte von Rindern, die nach der Tierschutztransportverordnung durchgeführt werden, mit behördlich genehmigten Transportplänen, gehen meist zu Lasten der Sozialvorschriften im Straßenverkehr und bewirken damit ein ordnungswidriges Verhalten des Fahrpersonals.

2.4 Durchführung von Transporten unter Praxisbedingungen

Es wurden bereits zahlreiche Untersuchungen zur Thematik des Tiertransportes durchgeführt. Die meisten dieser Untersuchungen fanden unter mehr oder minder experimentellen Bedingungen statt. D.h. sie wurden z.B. mit Versuchstieren durchgeführt, die bereits einige Zeit vor dem Transport in institutseigenen Stallungen o.ä. gesammelt wurden, die Verladevorgänge werden vermutlich unter einheitlicheren Bedingungen abgelaufen sein, was bedeutet, dass Belastungen durch Umgruppieren, eine ungewohnte Umgebung u.ä. nicht oder in abgemildeter Form auftreten. Die Durchführung und Dauer der experimentellen Transportes wird kaum von Verzögerungen wie beispielsweise die Überquerung von EU-Grenzen oder Verkehrsstaus behindert werden. Eine Vielzahl zusätzlicher Belastungen dieser Art stellen jedoch die Bedingungen dar, auf die ein Großteil der transportierten Tiere trifft.
Die ersten Belastungen treten in der Regel bereits vor dem Transport auf. Meistens beinhaltet ein Transport für Rinder, die exportiert werden, eine kurze Fahrt zur Sam-

melstation. Dort findet üblicherweise ein Umgruppieren der Tiere statt, was für diese eine erhebliche Belastung darstellt. Auch die Verladevorgänge selbst stellen für die Tiere eine Belastung dar, besonders für solche, die bisher wenig an den Umgang mit Menschen gewöhnt sind (KENNY u. TARRANT 1987, TARRANT 1990, TRUNKFIELD 1990, TRUNKFIELD u. BROOM 1990, WARRISS 1996, LENSINK, et al. 2001). Bereitet die Verladung an sich zwar eine physische Belastung und ggf. auch einen psychischen Stress für die Tiere, so stellen Verladerampen für Rinder kein großes Hindernis dar (TARRANT 1990)

Meist bedingt der Transport auch eine Futterumstellung für die Tiere. Bei verschiedenen Versuchen mit Kälbern wurde festgestellt, dass ein regelmäßiges Angebot an Eletrolyttränke einen positiven Einfluss auf die Dehydration, die im Verlauf von Transporten auftreten kann, hat. Dies ist allerdings nur unter dem Vorbehalt als günstig zu bewerten, wenn dafür keine Stopps eingelegt werden müssen, die die Gesamtdauer des Transportes erheblich verlängern KNOWLES et al. (1997 u. 1999a).

Hinsichtlich der Ausstattung der Spezialfahrzeuge, die bei Transporten über acht Stunden zum Einsatz kommen, gibt der Gesetzgeber nur Minimalanforderungen hinsichtlich Einstreu, Fütterung, Belüftung etc. vor. Als Lüftungssystem sind beim Rindertransport in der Praxis Zwangslüftungssysteme üblich. Diese können jedoch bei längeren Stopps, z.B. bei Verkehrstau und bei Fahrten in wärme klimatische Regionen ein Problem darstellen (TARRANT u. GRANDIN 2000, WARRISS 1996), da sie nicht unabhängig vom Motor des Fahrzeugs zu betreiben sind.

Hinsichtlich der Ladedichte gibt der Gesetzgeber Mindestanforderungen an. In verschiedenen experimentellen Untersuchungen wurde versucht, eine optimale Ladedichte zu ermitteln (KNOWLES 1999, TARRANT 1990, TARRANT u. GRANDIN 2000, TRUNKFIELD u. BROOM 1990), wobei TARRANT (1990) darauf verweist, dass diesbezüglich noch weiterführende Untersuchungen nötig sind.

Es wurden einige Transportversuche mit unterschiedlicher Transportdauer durchgeführt. Dabei wurde von der Mehrheit der Autoren festgestellt, dass mit zunehmender Transportdauer auch die Belastung der Tiere zunimmt, was sich in verschiedenen physiologischen Parametern widerspiegelt. Die einstündige Pause, die der Gesetz-

geber nach den ersten 14 Stunden Transport vorschreibt, wird als wenig effizient bewertet, da sie den Tieren kaum genügend Zeit zur ausreichenden Futter- und Wasseraufnahme bietet, jedoch insgesamt verlängernd auf die Transportdauer wirkt (KNOWLES et al. 1997 u. 1999b, KNOWLES 1999). Dagegen sehen TARRANT und GRANDIN (2000) in der Transportdauer nur ein geringeres Problem für die Tiere. Sie gehen davon aus, dass sobald eine gewisse Adaptation stattgefunden hat, die Dauer des Transportes gegenüber den anderen Konditionen des Transports wie der Fahrstil, die Straßenbeschaffenheit, die Ladedichten, die Fahrzeugausstattung etc. eine weniger gravierende Belastung darstellt.

Nach 29 Stunden Transportzeit wird eine 24-stündige Ruhephase in einer entsprechenden Versorgungsstation vorgeschrieben. Die Anforderungen an eine solche Einrichtung gibt der Gesetzgeber vor. Zur Einhaltung dieser Auflagen bedarf es entsprechenden Personals und Kontrollen (LINZ 1998).
Untersuchungen von KNOWLES et al. (1997 u. 1999b) zeigen, dass die meisten physiologischen Parameter innerhalb dieser 24-stündigen Ruhephase ihr Ausgangsniveau wieder erreichen. Hierbei ist jedoch zu bedenken, dass die Erholung, wie KNOWLES sie beschreibt, nur unter optimalen Bedingungen zu erreichen sein wird. Dazu müssten zusätzliche Belastung wie Umgruppieren, neue Umgebung ggf. mit anderen Tränkesystemen und Fütterungsweisen ausgeschlossen sein, was unter praxisbedingungen selten der Fall sein wird.

3 EIGENE UNTERSUCHUNGEN

3.1 Material und Methode

Die Untersuchungen gliederte sich in zwei Abschnitte. Im ersten Teil wurden Zuchttiere unter kommerziellen Bedingungen von Norddeutschland nach Spanien transportiert. Der zweite Versuchsteil beschäftigte sich mit Schlachttieren auf kommerziell durchgeführten Transporten von Norddeutschland nach Slowenien.

3.1.1 Transporte von Zuchtfärsen nach Spanien (1. Versuchsteil)

3.1.1.1 Transportorganisation

Die Untersuchungen zum Langstreckentransport von Zuchttieren aus Norddeutschland nach Spanien gliederten sich in zwei Transporte, wobei jeder mit jeweils zwei LKW durchgeführt wurde. Der erste Transport fand im September 1999 statt und wurde nach der in Deutschland üblichen „Zwei-Fahrerregelung“ durchgeführt. Ein LKW wurde mit 29, der andere mit 25 Tieren beladen, so dass eine Variation in der Ladedichte vorlag.

Der zweite Spanientransport wurde mit der sogenannten „Ein-Fahrerregelung“, wie sie in Holland üblich ist, durchgeführt. Auch hierbei wurde zwischen den beiden LKW die Ladedichte variiert (33 bzw. 29 Tiere/LKW).

LKW 1	Sep. 1999	„Pezzaioli“	29 Tiere	2 Fahrer
LKW 2	Sep. 1999	„Pezzaioli“	25 Tiere	2 Fahrer
LKW 3	Okt. 1999	„van de Wetering“	33 Tiere	1 Fahrer
LKW 4	Okt. 1999	„van de Wetering“	29 Tiere	1 Fahrer

3.1.1.2 Transportfahrzeuge

Der erste Spanientransport im September 1999 wurde mit zweistöckigen Sattelaufliegern mit Hubboden der Firma Pezzaioli durchgeführt.

Beim zweiten Spanientransport im Oktober 1999 kamen zwei doppelstöckige Spezialfahrzeuge der holländischen Firma van de Wetering zum Einsatz. Bei diesen Fahrzeugen handelte es sich um „Eigenkonstruktionen", bei denen der Zwischenboden fest eingebaut ist und nicht zum Be- und Entladen der Tiere auf Laderampenniveau gefahren werden kann. Infolge dessen mussten die Tiere in die obere Etage durch den sog. „Schwanenhals“ hinaufgetrieben werden.

3.1.1.3 Tiere

Auf dem Langstreckentransport nach Spanien wurden insgesamt 116 Tiere untersucht. Dabei handelte es sich um tragende Zuchtfärsen aus dem norddeutschen Raum. Die Tiere waren 7 bis 8 Monate tragend. Sowohl bei dem Transport im September, als auch bei der 2. Spanienfahrt im Oktober wurden die Tiere im Sammel- und Exportstall der ZEH (Zuchtrinder Erzeugergemeinschaft Hannover eG) in Verden innerhalb von 3 Tagen in Anbindehaltung aufgestallt. In den folgenden 3 Tage wurden die Tiere mit der Futterumstellung (gutes Wiesenheu und Wasser ad libitum, sowie etwa 1 kg Kraftfutter) auf den bevorstehenden Transport vorbereitet. In diesem Zeitraum wurden die Tiere klinisch untersucht und in Transportgruppen mit einer gleichmäßigen Verteilung hinsichtlich Gewicht und Herkunft eingeteilt. Einen Tag vor Transportbeginn wurden den Tieren zur Bestimmung der Ruhewerte erste Blutproben mittels Punktion der Vena jugularis externa entnommen. Im Anschluß daran wurden die Tiere mit Venenkathetern versehen.

Zur Messung der Herzfrequenz wurden Brustgurte angebracht und zur Messung und Speicherung der Körpertemperatur Monitore intravaginal eingelegt.

Unmittelbar vor Beginn der Verladung wurden erneut Katheter-Blutproben gezogen.

In allen LKW-Buchten, mit Ausnahme des Schwanenhalses, wurden jeweils vier Tiere mit Herzfrequenzgurten und intravaginal applizierten Loggern zur Messung der Körpertemperatur versehen (16 Tiere pro LKW). Von diesen Tieren wurden jeweils drei aus jeder LKW-Bucht zur Blutentnahme herangezogen (12 Tiere pro LKW).

3.1.1.4 Transportroute und -zeit

September 1999: Der Transport erfolgte nach den Bestimmungen der Verordnung der EWG Nr. 3820/85, dem „Europäischen Übereinkommen über die Arbeit des im internationalen Straßenverkehr beschäftigten Fahrpersonals“ -AETR- und dem Fahrpersonalgesetz vom 19.2.1987 für den Transport mit zwei Fahrern.
Die Route sahen wie folgt aus:

Transportabschnitt	**Entfernung**	**Probennahmen**
Verden	*(0 km)*	Ruhewerte 2 Proben
Ohey (Belgien)	570 km *(570 km)*	3. Probennahme (während 3-stündiger Versorgungspause)
Coulombiers bei Poitiers (Frankreich)	700 km *(1270 km)*	4. Blutentnahme (nach 1+2 Fahrtabschnitt); 12 Stunden Ruhepause, danach 5. Blutentnahme
Carabana bei Madrid (Spanien)	900 km *(2170 km)*	6. Blutentnahme (nach Fahrtabschnitt 3); 3 Stunden Pause
Torres de Cotilla bei Murcia (Spanien)	500 km *(2670 km)*	7. Blutentnahme (nach Fahrtabschnitt 4) im Fahrzeug; 8. Blutentnahme nach ca. 12 Stunden (im Stall)

Oktober 1999: Der Transport erfolgte hier nach den europäischen Sozialregelungen für Fahrten mit einem Fahrer. Die Fahrtzeiten betrugen hierbei in der Regel 8 bis 11 Stunden, woran sich Vorsorgungs- bzw. Ruhepausen von ca. 12 Stunden anschlossen.

Transportabschnitt	**Entfernung**	**Probennahmen**
Verden	*(0 km)*	2 Proben (Ruhewerte)
Brakel (Holland)	450 km *(450 km)*	nach 12-stündiger Pause 3. Blutentnahme
Coulombiers bei Poitiers (Frankreich)	600 km *(1050 km)*	4. Blutentnahme (nach Fahrtab. 2); ca. 12-stündige Pause, danach 5. Blutentnahme
Burgos (Spanien)	700 km *(1750 km)*	6. Blutentnahme (nach Fahrtab. 3); 12-stündige Ruhepause, danach 7. Blutentnahme
Torres de Cotilla bei Murcia (Spanien)	700 km *(2450 km)*	8. Blutentnahme (nach Fahrtab. 4); 9. Blutentnahme nach ca. 12 Stunden im Stall

3.1.2 Transporte von Schlachttieren nach Slowenien (2. Versuchsteil)

3.1.2.1 Transportorganisation

Zur Untersuchung der Belastung von Schlachttieren wurden drei Transporte mit jeweils 2 LKW begleitet. Der erste Transport fand im September 2000 statt, bei dem Bullen von Leer (Ostfriesland) nach Koper (Slowenien) transportiert wurden. Bei dem zweiten Transport wurden im November 2000 Weideochsen aus Nordenham nach Koper transportiert. Der dritte Transport fand im Januar 2001 statt; hierbei wurden wieder Bullen aus Ostfriesland exportiert. Die Transportdauer betrug bei allen drei Durchführungen etwa 29 Stunden. In Koper wurden die Tiere im Hafen in einer Ver-

sorgungsstation abgeladen, wobei in der Regel alle Tiere eines LKWs in eine Bucht kamen. Sie wurden dort bis zu ihrer Weiterreise bei Wasser und Heu aufgestallt. Die Aufenthaltsdauer im Hafen beträgt üblicherweise ein bis zwei Tage; gelegentlich verlängert sich die Aufenthaltsdauer im Hafen, bis alle Tiere für die entsprechende Schiffsladung eingetroffen sind. Überwiegend werden Schlachttiere weiter in den Nahen Osten oder Nordafrika exportiert. Die Tiere, die für unsere Untersuchungen herangezogen worden waren, wurden per Schiff weiter in den Libanon transportiert.

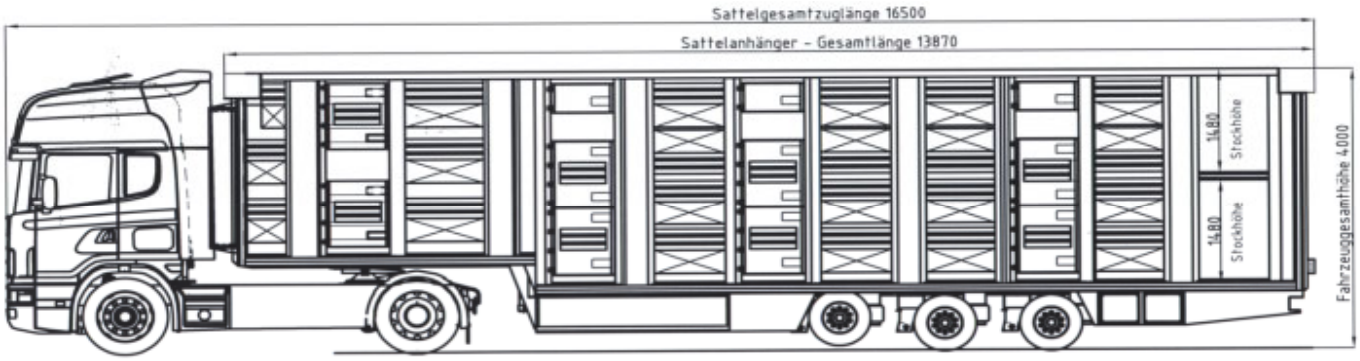
3.1.2.2 Transportfahrzeuge

Bei den Slowenientransporten kamen als Spezialfahrzeuge für den 29-stündigen Rindertransport Sattlelauflieger mit Hubboden der Fahrzeugbaufirmen „Michieletto“, „Finkl“ und „Pezzaioli“, sowie ein Pullman-System Auflieger der Firma „Finkl“ wie folgt zum Einsatz:

LKW 1	Sattelauflieger „Michieletto“	Bullen	33 Tiere
LKW 2	Sattelauflieger „Finkl“	Bullen	34 Tiere
LKW 3	Pullman System „Finkl“	Weideochsen	30 Tiere
LKW 4	Sattelauflieger „Finkl“	Weideochsen	34 Tiere
LKW 5	Pullman System „Finkl“	Bullen	34 Tiere
LKW 6	Sattelauflieger „Pezzaioli“	Bullen	34 Tiere

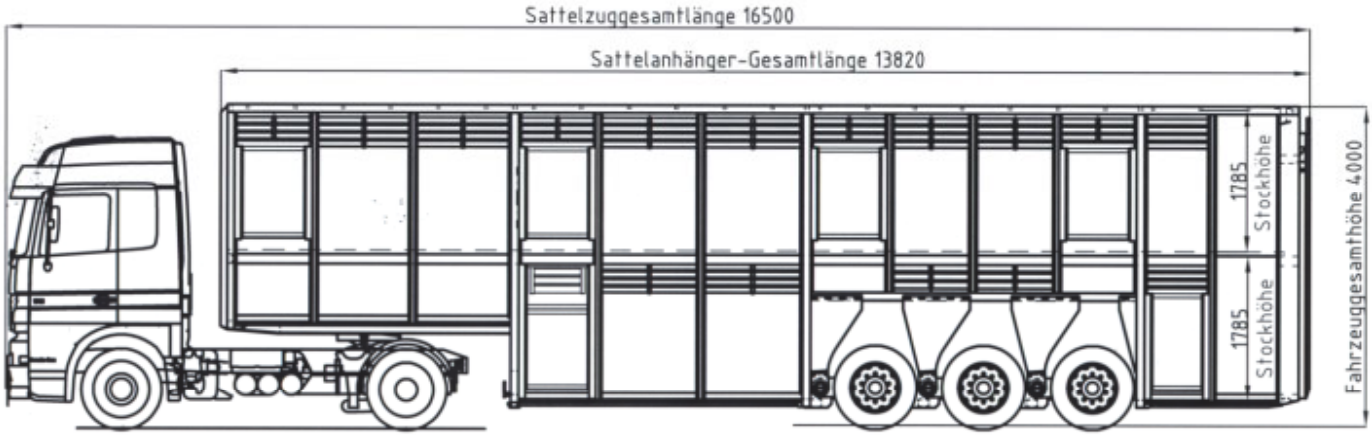
Der Pulman und der Sattelauflieger der Firma Finkl sind als Konstruktionszeichnung in Abbildung 3.1 dargestellt.

FINKL - EURO - Light > Kombi - Liner - XXL



Ladefläche Tiefbett: **Ladefläche Schwanenhals:**
Untere Etage: 23,20 m² **Untere Etage: 9,20 m²**
Obere Etage : 22,60 m² **Obere Etage : Lagerfläche für Heu und Stroh**
Gesamtladefläche: 23,20 m² + 22,60 m² + 9,20 m² = 55 m²
Ladehöhe Tiefbett:
Untere Etage: 1,48 m bei einer Fahrzeug - Gesamthöhe von 4,0 m + 0,25 m Dach ausfahrbar
Obere Etage : 1,48 m bei einer Fahrzeug - Gesamthöhe von 4,0 m + 0,25 m Dach ausfahrbar
Ladehöhe Schwanenhals:
Untere Etage: 1,75 m bei einer Fahrzeug – Gesamthöhe von 4,0 m
Obere Etage : 0,80 m bei einer Fahrzeug – Gesamthöhe von 4,0 m > Lagerfläche für Heu und Stroh

FINKL - Pullman - Tiertransportsystem



Ladefläche: **Ladehöhe:**
Untere Etage: 19,40 m² **Untere Etage: 1,785 m**
Obere Etage : 32,20 m² **Obere Etage : 1,785 m**
bei einer Fahrzeug - Gesamthöhe von 4,0 m

Gesamtladefläche: 19,40 m² + 32,20 m² = 51.60 m²

Abb. 3.1: nach Josef Finkl, 2001

3.1.2.3 Tiere

Im Gegensatz zu den Transporten von Zuchttieren, bei denen die Tiere bereits einige Tage vor Transportbeginn in der Sammelstation eintrafen, wurden die Schlachttiere erst am Tage der Verladung zur Sammmelstation gebracht. Dies hatte in diesem Versuch den Nachtteil, dass die Untersuchung und Vorbereitung der Tiere für den Transport extrem reduziert und weniger „vereinheitlicht“ stattfinden konnte. Für den ersten Transport (LKW 1 und 2) fand die Verladung im September 2000 in der Verladestation des VOST (Verein Ostfriesischer Stammviehzüchter) in Leer statt. Bei den Tieren handelte es sich um schwarzbunte Bullen im Alter von 15 bis 20 Monaten, die von unterschiedlichen Betrieben aus der Umgebung kamen. Aufgrund von räumlichen und zeitlichen Beschränkungen wurden das Anlegen der Herzfrequenzgurte und die erste Blutentnahme während des Verwiegens der Tiere direkt auf der Waage durchgeführt.

Der zweite Transport (LKW 3 und 4) fand im November 2000 statt und hatte seinen Ausgangspunkt in Nordenham. In diesem Fall handelte es sich bei den Tieren um Weideochsen mit einem Alter von 24 bis 28 Monaten. Die Weideochsen waren überwiegend schwarzbunte Tiere, bzw. schwarzbunte mit Einkreuzung von Fleischrassen.

Die Tiere wurden direkt von der Weide auf den Hof getrieben, gewogen und sofort verladen. Dementsprechend wurden die ersten Blutproben auf der Waage gezogen; die Herzfrequenzgurte wurden den Tieren unmittelbar nach Verlassen der Waage angelegt.

Der dritte Transport fand im Januar 2001 in der Verladestation des VOST in Aurich statt, wobei er hinsichtlich der Tiere und deren Vorbereitung für den Transport dem ersten ab Leer entsprach.

Aufgrund der bereits erwähnten ungünstigeren Bedingungen beim Verladen der Schlachttiere, konnten nicht so viele Tiere pro LKW mit Herzfrequenzgurten ausgestattet werden wie auf den Zuchttier-Transporten, auch konnten nur vereinzelt Blutentnahmen am Vortag genommen werden, da dieses im Herkunftbetrieb meist unmöglich war. Untersuchungen konnten in folgendem Umfang durchgeführt werden:

LKW	Tiere zur Blutent-nahme	mit Herzfrequenz-Gurten ausgestat-tete Tiere*	Blutentnahme am Vor-tag im Heimatstall
LKW 1	11	11	5
LKW 2	12	12	-
LKW 3	15	15	-
LKW 4	6	6	-
LKW 5	18	11	-
LKW 6	18	9	6

* Tieren, die zur Herzfrequenzmessung herangezogen wurden, wurde auch Blut entnommen (sie sind somit auch in der Spalte „Tiere zur Blutentnahme“ enthalten)

3.1.2.4 Transportroute und -zeit

Bei allen drei Transporten wurden die LKW jeweils von zwei Fahrern gefahren. Nach etwa 12 bis 14 Stunden Fahrt wurde für ein bis zwei Stunden halt gemacht, um der gesetzlich vorgeschriebenen Versorgungspause nachzukommen. Nach der Pause könnte laut Vorschrift die Fahrt für maximal weitere 14 Stunden fortgesetzt werden. Auf allen drei Transporten wurde der zweite Fahrtabschnitt jedoch durch Pausen von bis zu 6 Stunden an der EU Grenzkontrollstation unterbrochen. Nach Aussagen von Fahrern sollen weit längere Wartezeiten häufig vorkommen.

September 2000:

Transportabschnitt	Entfernung	Probennahmen
Leer	*(0 km)*	zum Teil 1 Blutentnahme im Herkunftsbe-trieb; 2.Blutentnahme vor Verladung in Leer
Erding (Bayern)	880 km *(880 km)*	
Prosecco EU-Grenze (Italien)	510 km *(1390 km)*	
Koper (Slowenien)	40 km *(1430 km)*	3. Blutentnahme bei Abladung 4. Blutentnahme nach 24 Stunden Ruhe-pause

November 2000:

Transportabschnitt	**Entfernung**	**Probennahmen***
Nordenham	*(0 km)*	2. Blutentnahme vor Verladung in Nordenham
Günzburg (Bayern)	790 km *(790 km)*	
Spielfeld EU-Grenze (Österreich)	690 km *(1480 km)*	
Koper (Slowenien)	250 km *(1730 km)*	3. Blutentn. bei Abladung 4. Blutentn. nach 24 Stunden Ruhepause

* Blutentnahme 1 (Vortag) war bei diesem Transport nicht möglich (kein Zugriff auf die Tiere, die sich noch auf der Weide befanden)

Januar 2001:

Transportabschnitt	**Entfernung**	**Probennahmen**
Aurich	*(0 km)*	zum Teil. 1 Blutentnahme im Herkunftsbetrieb; 2.Blutentnahme vor Verladung in Aurich
Bernau (Bayern)	920 km *(920 km)*	
Prosecco EU-Grenze (Italien)	430 km *(1350 km)*	
Koper (Slowenien)	40 km *(1390 km)*	3. Blutentn. bei Abladung 4. Blutentn. nach 24 Stunden Ruhepause

3.1.3 Untersuchungsparameter

3.1.3.1 Blutparameter

Blutentnahme:

Bei dem Versuch mit weiblichen Tieren (Spanientransport) wurden 12 Tiere, pro LKW zur Blutentnahme herangezogen. Dabei handelte es sich um Tiere, die auch gleichzeitig mit Herzfrequenzmessgeräten und intravaginalen Temperatur-Messinstrumenten ausgestattet waren. Die Tiere standen zur Blutentnahme unverändert in Anbindehaltung, wurden jedoch zusätzlich mit einem einfachen Strick-Halfter unter zur Seite Binden des Kopfes fixiert. Die Blutentnahme fand ausschließlich aus der Vena jugularis externa statt. Dazu wurden die Tiere zunächst mit einer Braunüle katheterisiert. Da diese jedoch sehr schnell verstopften, wurden die Braunülen durch Katheter ersetzt, die aus Kanülenkammern (1,2 G) und Silikontubes (1,2 mm Innendurchmesser) mit einer Länge von 30 cm selbst hergestellt wurden. Die Einlage der Katheter erfolgte durch Venenpunktion. Um Verstopfungen durch Blutgerinnsel zu vermeiden, wurden die Katheter nach jeder Blutentnahme mit heparinisierter 0,9 %iger Kochsalzlösung befüllt. Das Blut wurde in 10 ml Li-Heparin-Röhrchen *(Fa. Sarstedt)* überführt.

Bei den Bullen und Weideochsen fand die Blutentnahme mittels Punktion der Vena coccygea medialis statt. Dazu wurden die Tiere im Heimatstall vorab in Fressgittern fixiert (vier von diesen Bullen waren bereits eine Stunde vor Blutentnahme festgesetzt worden). Alle anderen Blutentnahmen fanden bei den Bullen und Ochsen während des Wiegevorgangs auf der Waage statt, wobei die Tiere dort nicht weiter fixiert wurden. Es wurde mit Blutentnahmeröhrchen des Vacutainer-Systems *(Becton Dickinson Vacutainer Systems Europe)* gearbeitet. Pro Tier und Blutentnahme wurden zwei Lithium-Heparin-Röhrchen (7,5 ml) und ein EDTA-(K^{3+})-Röhrchen (7,5 ml) befüllt.

Bei den Transporten beider Versuchsteile wurden alle entnommenen Blutproben umgehend in Eiswasser gekühlt und die Lithium-Heparin-Röhrchen innerhalb von 20

Minuten über einen Zeitraum von 10 Minuten (3000g) zentrifugiert *(Zentrifuge Z200H, Fa. Hermle)*. Danach wurde das Plasma in *Micro-Tubes (Firma Sarstedt)* mit Schraubverschluß (1,5 ml) pipettiert und umgehend in flüssigem Stickstoff eingefroren. Nach Rückkehr in das *Institut für Tierhygiene, Tierschutz und Nutztierethologie der Tierärztlichen Hochschule Hannover* wurden die Proben dort bis zur Analyse bei – 80°C gelagert.
Bei den Transporten nach Spanien wurde vor dem Zentrifugieren noch Mikrozentrifugations-Kapillaren zur Bestimmung des Hämatokritwertes befüllt.
Bei den Slowenien-Transporten wurde den EDTA-(K^{3+})-Proben Blut für die Bestimmung des Hämatokrits, sowie für den Blutausstrich für das Differenzialblutbild entnommen. Danach wurden sie bis zu ihrer Anyalyse in der *Klinik für Rinderkrankheiten der Tierärztlichen Hochschule* im Kühlschrank gelagert.

Biochemische Untersuchungen (Laboruntersuchungen):
Als Untersuchungsmaterial für die biochemischen Untersuchungen wurde ausschließlich das bei – 80°C tiefgefrorene Plasma verwendet. Allein die Analyse der Gesamtleukozytenzahl wurde mit den EDTA-(K^{3+})-Proben durchgeführt.
Die Blutproben wurden auf den Gehalt an Cortisol, Schilddrüsenhormonen Trijodthyronin (T_3) und Thyroxin (T_4), Creatinkinase, freien Fettsäuren (NEFA), Glucose, β-Hydroxybuttersäure, Gesamtprotein, Albumin, Gesamtleukozyten und Laktat sowie den Gehalt an Natrium, Kalium und Magnesium untersucht. Desweiteren wurden der Hämatokrit und das Verhältnis Neutrophile/Lymphozyten im Blutausstrich ermittelt.

Die Untersuchungen der Hormone Cortisol, Thyroxin und Trijodthyronin fanden in den Laboren der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) in Mariensee statt.

Cortisol:

Die Cortisolkonzentration wurde im Plasma mittels eines Enzymimmunoassays bestimmt. In dem Assay wurden Antikörper gegen Cortisol-21-Hemisuccinat-BSA, welche Kaninchen entstammten, eingesetzt.

Die Kreuzreaktionen betrugen:

Cortisol:	100%
Cortison:	45%
Corticosteron:	15%
Desoxycorticosteron:	8%
Progesteron:	8%
Testosteron:	3%

Die Inter- und Intra-Assayvarianzen lagen bei 8,9% bzw. 12,6%.

T3 und T4:

Die quantitative Bestimmung des Gesamt-Trijodthyronins (T_3) wurde mittels eines kompetitiven Radioimmunoassays (RIA) *(DYNOtest®T_3, Fa. Brahms Diagnostica GmbH)* durchgeführt. Dieser Test besteht aus radioaktiv markiertem Antigen (Tracer) und gebrauchsfertigen Teströhrchen, die mit Anti-T_3-Antiserum (polyklonal, Kaninchen) beschichtet sind. Die Intra-Assayvarianzen betrugen bei Werten bis zu einer T_3-Konzentration von 3,3 nmol/l 3,5%, bei höheren Konzentrationen 3,1%. Die Inter-Assayvarianzen betrugen bei Werten bis 3,0 nmol/l 3,5%, bei höheren Konzentrationen 3,9%.

Für die quantitative Bestimmung des Gesamt-Thyroxins (T_4) wurde der *DYNOtest®T_4 (Fa. Brahms Diagnostica GmbH)* eingesetzt. Bei diesem Test handelt es sich ebenfalls um einen kompetitiven Radioimmunoassay mit radioaktiv markiertem Antigen (Tracer) und Teströhrchen, die mit gebrauchsfertigem Anti-T_4-Antiserum (monoklonal, Maus) beschichtet sind. Bei diesem Untersuchungsparameter betrugen die Intra-Assayvarianzen bei Werten bis 150 nmol/l 3,7%, bei höheren Werten 2,9%. Die Inter-Assayvarianzen betrugen bei Werten bis zu 160 nmol/l 4,7%, bei höheren Konzerationen 5,1%.

Die Untersuchungen der übrigen Parameter aus Blut und Blutplasma (exklusiv Hämatokrit und Differentialblutbild) fanden im *Labor der Klinik für Rinderkrankheiten der Tierärztlichen Hochschule Hannover* statt.

Creatinkinase:
Die Bestimmung des Enzyms erfolgte im Analyseautomat *COBAS®-Mira Plus (Firma Hoffmann-LaRoche)*. Die Untersuchung der katalytischen Aktivität des Enzyms erfolgte mit einem kinetischen UV-Test *(CK-NAC-2-5, Fa. ABX Diagnostics)*, wobei CK durch N-Acetylcystein (NAC) aktiviert wird. Der Interassay-Variationskoeffizient der Mittelwerte von Standardproben lag konzentrationsabhängig in einem Bereich von 1,33 bis 3,67 %.

NEFA:
Zur Untersuchung des Gehalts an freien Fettsäuren (NEFA) im Blutplasma wurde im *COBAS* ein enzymatischer Farbtest *(NEFA C, Fa. Wako Chemicals, Neuss)* nach der ACS-ACOD-MEHA-Methode durchgeführt. Der Variationskoeffizient bei den mitgeführten Standardproben betrug 3,5 %.

β-Hydroxybutyrat:
Die Messung der Konzentration von ß-Hydroxybutyrat (BHB) in den Plasmaproben basiert auf der durch β-Hydroxybuttersäure-Dehydrogenase katalysierten Oxidation von β-HB zu Acetoacetat, wobei eine äquimolare Konzentration von NAD^+ zu NADH + H^+ reduziert wird. Dabei wird die Bildung des NADH photometrisch bei 340 nm bestimmt (Endpunkt-Messung). Die erforderlichen Reagenzien und Standards wurden von der *Fa. Randox* bezogen, die Messung wurde im *COBAS Mira Plus (Fa. Hoffmann-LaRoche)* durchgeführt. Der Standard-Variationskoeffizient lag bei den Untersuchungen bei 5,72 %.

Glucose:

Die Bestimmung des Glucosegehaltes der Plasmaproben erfolgte als enzymatischer UV-Test nach der GDH-Methode. Die Messung erfolgte gegen den Reagenzienleerwert (Reagenzienkid UNIMATE 7 Gluc GDH, Fa. Roche). Der Variationskoeffizient der Mittelwerte des Standards lag bei 2,07 %. Stichprobenweise wurden Proben des Slowenientransportes von der Firma Laboklin untersucht.

Gesamtprotein:

Die Untersuchung des Gesamteiweißgehaltes des Blutplasmas erfolgte im *COBAS* nach der Biuret Methode, bei der Eiweiß mit Kupfer-Ionen in alkalischer Lösung einen Farbkomplex bildet. Die Extinktionszunahme dieser Reaktion wird bei 546 nm (Hg) detektiert und daraus der Eiweißgehalt der Probe errechnet. Hersteller der Reagenzien und Standardlösungen ist die *Fa. SIGMA Diagnostics, Inc., St. Louis (Total Protein Reagent, Procedure No. 541)*. Der Standard-Variationskoeffizient der Untersuchungen lag bei 2,37%.

Albumin:

Die Untersuchung des Albumingehaltes erfolgte nach der Albumin-BCG-Methode *(ALB plus, Fa. Roche)* im *COBAS*. Albumin weist bei einem pH-Wert von 4,1 einen ausreichend kationischen Charakter auf, um eine Bindung mit dem Anionenfarbstoff Bromcresolgrün (BCG) unter Bildung eines blaugrünen Komplexes einzugehen. Die Farbintensität ist dabei direkt proportional zur Albuminkonzentration und wird photometrisch gemessen. Der Standard-Variationskoeffizient lag bei den Untersuchungen bei 1,89%.

Natrium:

Der Plasmagehalt an Na^+ wurden mit Hilfe von ionenselektiven Elektroden *(ISE – Modul, COBAS Mira)* gegen eine Referenzelektrode bestimmt. Da im ISE-System die Standardlösungen die gleiche Ionenstärke wie die Plasmaproben besitzen, werden die Elektroden automatisch an den Konzentrationen kalibriert. Der Variationskoeffizient lag bei 4,79 %.

Magnesium:

Die Magnesiumkonzentrationen wurden im *COBAS* mittels eines *Farbtests (NobiFlow Magnesium, Fa. NOBIS Labordiagnostica GmbH)* wie folgt gemessen: in alkalischer Lösung bildet sich aus Mg^{2+} mit Xylidylblau ein roter Chelatkomplex, dessen Extinktion bei 546 nm Hg der Mg^{2+}-Konzentration proportional ist. Der Variationskoeffizient lag bei Analysen von Standards bei 4,93%.

Gesamtleukozytenzahl:

Der Gesamtleukozytengehalt wurde mit dem Hematology Series Cell Counter System 9000 *(Fa. Baker Instruments Corp., Allentowa, USA)* bestimmt.

Differentialblutbild:

Zur Untersuchung des Differentialblutbildes wurde den EDTA(K_3)-Röhrchen mittels Pipette Vollblut entnommen, ein Tropfen Blut auf einen Objekträger überführt, ausgestrichen und luftgetrocknet. Die Blutausstriche wurden mit der Färbung nach Pappenheim gefärbt. Dies erfolgte nach Rückkehr vom Transport im *Labor der Klinik für Rinderkrankheiten der Tierärztlichen Hochschule Hannover*. Die Ausstriche wurden bei 1000facher Vergrößerung (Okular 10x, Objektiv 100x) unter Verwendung von Immersionsöl mikroskopisch ausgewertet.

Hämatokrit:

Die Untersuchung des Hämatokritwertes erfolgte mittels Vollblutentnahme aus den Li-Heparin- bzw. EDTA (K^{3+})-Röhrchen. Das Vollblut wurde in Hämatokrit-Kapillaren gefüllt, welche an einem Ende mit Versiegelungskitt *(Fa. Brand)* verschlossen und bei 10 000/min. Umdrehungen über einen Zeitraum von 8 Minuten zentrifugiert wurden *(Zentrifuge Z200H, Fa. Hermle)*. Die Ablesung erfolgte manuell mit Hilfe einer Auswerteskala.

3.1.3.2 Herzfrequenzmessungen

Die Messung der Herzfrequenz erfolgte bei den Tieren kontinuierlich und nicht-invasiv mittels Kontaktelektroden in elastischen Brustgurten *(Polar® Accurex Plus, Polar Electro Oy, Kempele, Finnland)*. Die beiden Kunststoffelektroden haben eine Fläche von 20 x 90 mm, sind in einem Abstand von 100 mm gelagert und in einen verstellbaren Brustgurt eingebaut. Um bei Bewegung des Tieres ein Verschieben des Gurtes einzuschränken, wurden über den Elektrodengurt noch ein ca. 20 cm breiter

Abb. 3.2: Bullen mit angelegten Herzfrequenzgurten im LKW

elastischer Gurt gelegt, wie dies auch auf Abbildung 3.2 zu erkennen ist. Die Elektroden wurden dem Tier an der linken Thoraxwand (die eine knapp oberhalb, die andere knapp unterhalb des Ellenbogens) direkt auf die Körperoberfläche aufgelegt. Um den Kontakt zwischen Elektroden und Tierkörper, der für eine Übertragung von Messsignalen notwendig ist, aufrecht zu erhalten, wurden die Tiere in dem Bereich der Elektroden reichlich mit EKG-Creme versehen. Je nach Ausprägung des Haar-

kleids wurden einige Tiere im Kontaktbereich der Elektroden rasiert bzw. geschoren. In den Elektrodengurt ist ein Sender integriert, der die nach dem EKG-Prinzip erfassten Messsignale telemetrisch und frequenzmoduliert an einen am Elektrodengurt befestigten Empfänger zur Speicherung überträgt. Die Geräte sind auf der fotografischen Abbildung (Abb. 3.3) dargestellt. Die eingehenden Messimpulse wurden im Intervall von 60 Sekunden im Empfänger registriert. Die Speicherkapazität des Empfängers reichte hierbei für eine Messdauer von etwa 66 Stunden aus. Die Daten wurden nach der Messung mit Hilfe eines Interface in den Computer überspielt, wo sie mittels spezieller Software weiter bearbeitet wurden.

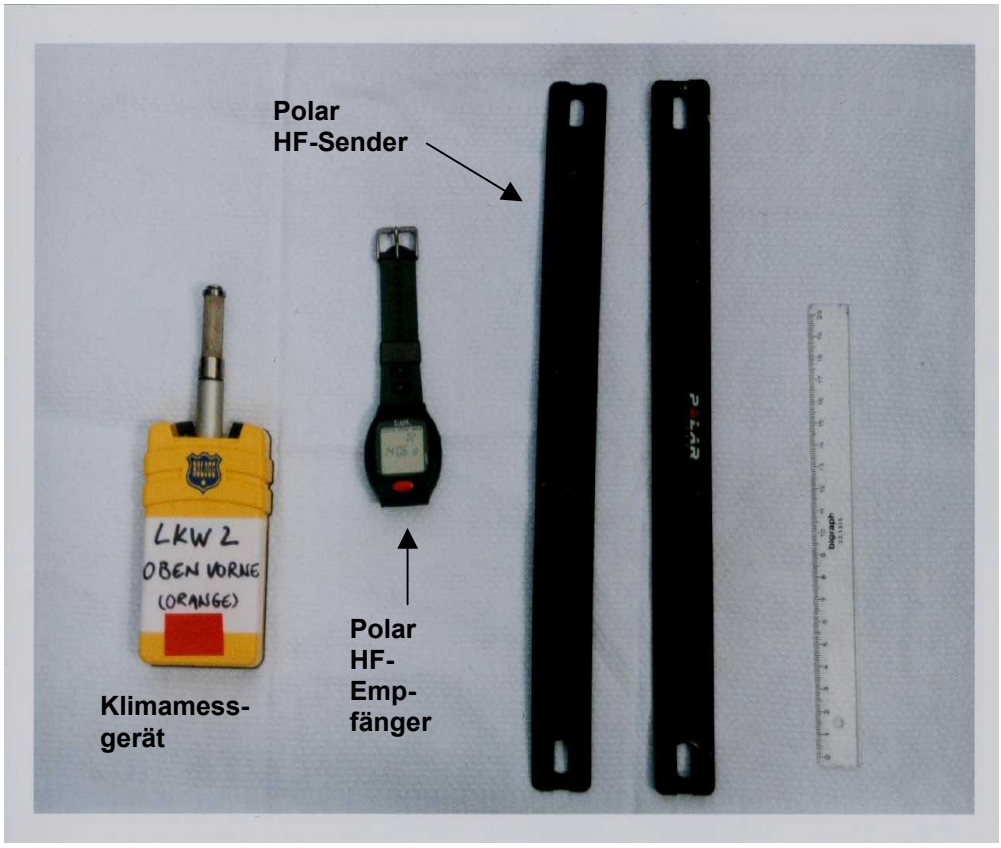


Abb. 3.3: **Klima-messgerät (Rologg Agent) und Herzfre-quenz-Messin-strumente (Polar)**

3.1.3.3 Körpertemperatur

Die Körpertemperatur wurde bei allen weiblichen Tieren, die auch mit Herzfrequenzgurten ausgestattet waren, mittels eines intravaginal applizierten Pillbox-Loggers über die gesamte Versuchsdauer kontinuierlich gemessen. Das Messgerät *(Pillbox98® - Logger, Fa. Driesen + Kern, Bad Bramstedt)* speichert die Messdaten intern in einem Intervall von 5 Minuten ab. Diese Daten wurden mit einer synchronisierten Zeitskala versehen und zur weiteren Bearbeitung in den Computer überspielt.

3.1.3.4 Lebendgewicht

Zur Ermittlung der Ladedichte und der Gewichtsverluste, fand unmittelbar vor der Verladung in die Fahrzeuge eine Verwiegung der Einzeltiere auf den stationseigenen, geeichten Durchtriebswaagen statt. Bei den Transporten nach Koper, wurden die Tiere direkt im Anschluss an den Abladevorgang (in Abb. 3.4 dargestellt) auf einer Durchtriebswaage *(Institut für Tierhygiene, Universität Ljubljana)* verwogen, wobei dort zeitgleich die 3. Blutentnahme stattfand. Ein erneutes Verwiegen fand nach der 24-stündigen Ruhepause statt, ebenfalls zeitgleich mit letzten Blutentnahme. Bei den Spanienfahrten konnte im Anschluss an den Transport keine Einzeltier-Verwiegung durchgeführt werden, so dass bei diesen Transporten nur Ausgangsgewicht und Ladedichte ermittelt werden konnten, nicht aber ein Gewichtsverlust.

3.1.3.5 Temperatur und Feuchte

Für die Messungen von Temperatur und Feuchte wurden an den Trennwänden zwischen den Gruppen 1 und 2 sowie 3 und 4 Datenaufzeichnungsgeräte installiert *(Rologg Agent® HT 1, Fa.Rotronic AG, Basserdorf, Schweiz; siehe auch Abb. 3.3)*. Ein weiteres Aufzeichnungsgerät befand sich in einer offenen Box im Außenbereich des Transporters unterhalb der Ladefläche. Das Mess- und Speicherintervall betrug 60 Sekunden.

Abb. 3.4: Bullen werden von einem LKW (Typ Sattelauflieger) im Hafen von Koper (Slowenien) nach 29-stündigem Transport in den dortigen Ruhestall abgeladen

3.1.4 Statistische Auswertung der Befunde

Die Auswertung der erhobenen Daten erfolgte mittels des Statistical Analysis System Version 6.12 *(SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA)*. Grundlage der Auswertungen waren die Ausführungen von SACHS (1992) und des SAS/STAT User´s Guide (1988).

Die Residuen der Daten aus dem Versuch wurden vor der varianzanalytischen Berechnung mit der SAS-Prozedur UNIVARIATE (Shapiro-Wilk-Test) auf Normalverteilung nach Parametern geprüft und als Histogramm dargestellt. Eine angenäherte Normalverteilung wurde bei einer Abweichung von $W \geq 0{,}97$ angenommen. Um diesen Grenzwert einzuhalten, wurden für den Spanientransport zur Einhaltung des Grenzwertes die Daten der Parameter Körpertemperatur, Cortisol, NEFA, BHB, CK, und Hämatokrit logarithmiert.
Für die Slowenientransporte und den Vergleich der Slowenien- und Spanientransporte wurde eine angenäherte Normalverteilung bei einer Abweichung von $W \geq 0{,}9$ angenommen. Dafür musste der Parameter CK aus dem Slowenientransport logarithmiert werden.

Folgendes statistisches Modell wurde für die Berechnung der Spanientransporte verwendet (SAS-Prozedur GLM, nicht signifikante Interaktionen eliminiert):

$$Y_{ijklm} = \mu + tour_i + grp_j + tier\ (tour\ grp\ dichte)_{kim} + nr_l + dichte_m + tour \times dichte_{im} + tour \times nr_{il} + tour \times grp_{ij} + grp \times dichte_{jm} + nr \times dichte_{lm} + e_{ijklm}$$

Y = Beobachtungswert des Merkmales
μ = Gesamtmittel
$tour_i$ = fixer Effekt der Versuchsvariante (Transport), i = 1 2
grp_j = fixer Effekt des Standorts im Fahrzeug (Gruppe), j = 1 4
$dichte_m$ = fixer Effekt der Ladedichte im Fahrzeug, m = 1 2
$tier_{kim}$ = zufälliger Effekt des Versuchstieres, genestet innerhalb Tour, Ladedichte und Gruppe, k = 1 64
nr_l = fixer Effekt des Untersuchungszeitpunktes, l = 1 8 (12)
e_{ijklm} = Restvarianz

Für die Berechnung der Slowenientransporte wurden zwei Modelle verwendet, um eine exaktere Trennschärfe der Variablen zu erzielen (SAS-Prozedur GLM, nicht signifikante Interaktionen eliminiert):

Y_{ijklm} = $\mu + sex_i + lkw\ (sex)_j + pos_k + weight1_l + dens_m + (pos \times sex) + e_{ijklm}$

Y_{ijklm} = $\mu + sex_i + lkw\ (sex)_j + weight1_k + dens_l + thim_m + e_{ijklm}$

sex_i = fixer Effekt der Versuchsvariante Geschlecht, i = 1 2

LKW_j = fixer Effekt, genestet in Geschlecht, j = 1 6

pos_k = fixer Effekt des Standorts im Fahrzeug (Position), k = 1 4

$weight1_{k/l}$ = zufälliger Effekt (Ausgangsgewicht des Tiers), k bzw. l = 1...80

$dens_{l/m}$ = fixer Effekt (Ladedichte), l bzw. m = 1...6

$thim_m$ = zufälliger Effekt (Thermohumidityindex aus Fahrzeuginnenraum, gemittelt über gesamte Transportdauer), m = 1...12

Folgendes statistisches Modell wurde für die Berechnung des Vergleichs der Transporte nach Spanien und Slowenien verwendet (SAS-Prozedur GLM, nicht signifikante Interaktionen eliminiert):

Y_{ijklm} = $\mu + grup_i + pos_j + lkw\ (grup)_{ki} + lkw \bullet pos\ (grup)_{kji} + dens_l + tvor_m + e_{ijklm}$

$grup_i$ = fixer Effekt (Tiergruppe), i = 1...3

pos_j = fixer Effekt des Standorts im Fahrzeug (Position), j = 1 4

LKW_k = fixer Effekt, Fahrzeug genestet in Tiergruppe, k = 1...10

$dens_l$ = fixer Effekt, Ladedichte, l = 1...16

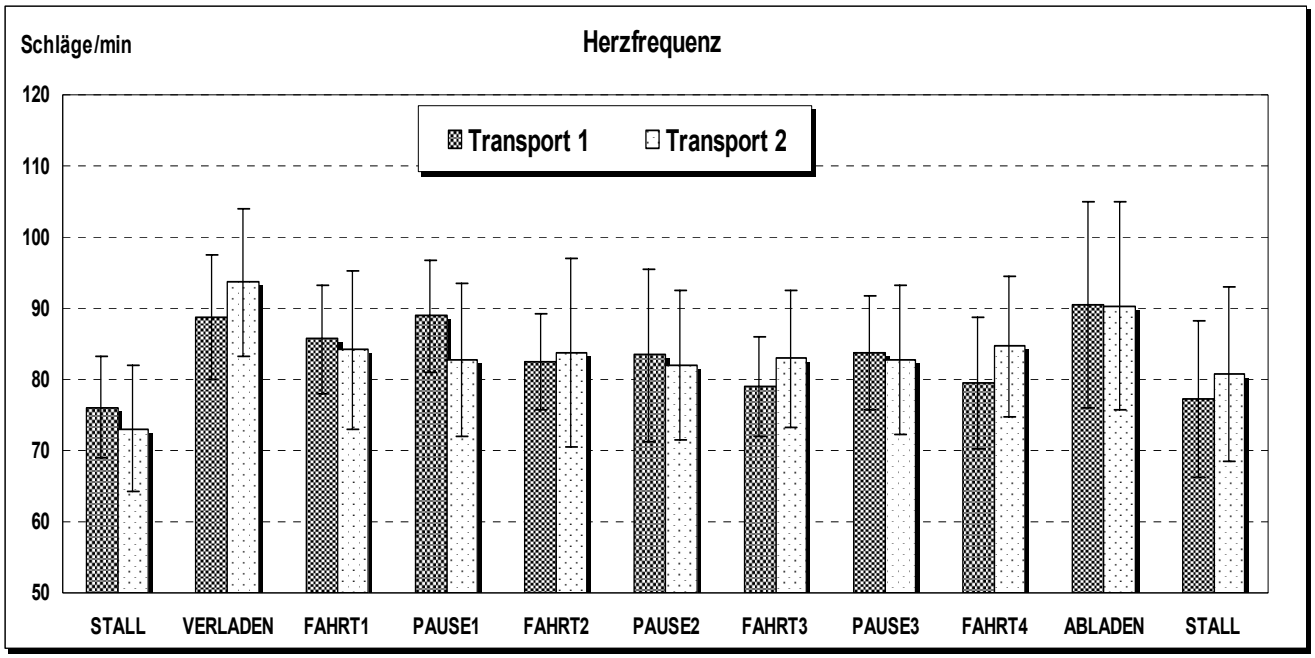
$tvor_m$ = zufälliger Effekt, Temperaturdifferenz über die Transportdauer, m = 1...5

3.2 ERGEBNISSE

Die Ergebnisse der Untersuchungen wurden wie folgt in drei Kategorien gegliedert: die Zuchtfärsen-Transporte nach Spanien (**Es**) und die Schlachttier-Transporte nach Slowenien (**Sl**). Daran schließt sich eine vergleichende Betrachtung der beiden Versuchsteile an. Die vergleichende Betrachtung ist aufgrund der Versuchsbedingungen und der daraus resultierenden Datenstruktur statistisch nur eingeschränkt möglich und daher nur von deskriptivem Charakter.
Die Befunde werden nach physiologischen Parametern gegliedert dargestellt.
Die Ergebnisse der vergleichenden Betrachtung werden der besseren Übersicht halber am Ende dieses Kapitels aufgeführt.

3.2.1 Herzfrequenz

Es Bei den Transporten der Zuchtfärsen nach Spanien zeigen sich beim Be- und Entladen der Tiere leichte Anstiege in der Herzfrequenzmittelwerte (Abb. 3.5). Die physiologischen Ruhewerte (60-80 Schläge pro Minute) werden fast während des gesamten Transportverlaufs leicht überschritten.
Rechnerisch lässt sich zwar bei einzelnen Transportabschnitten ein Unterschied zwischen den beiden Transportvarianten ermittel, da jedoch über alle Transportabschnitte gemittelt die Herzfrequenzen aller Tiere bei 83,3, bzw. 83,7 Schlägen pro Minute liegen, ist hier praktisch nicht von einem Unterschied zwischen den Versuchsvarianten (Zwei-Fahrer- versus Ein-Fahrerregelung) zu sprechen. Die Ladedichte hat weitgehend keinen signifikanten Einfluss auf die Herzfrequenz. Statistisch nachgewiesen sind nur die der einzelnen Transportabschnitte vom Ruhewert.

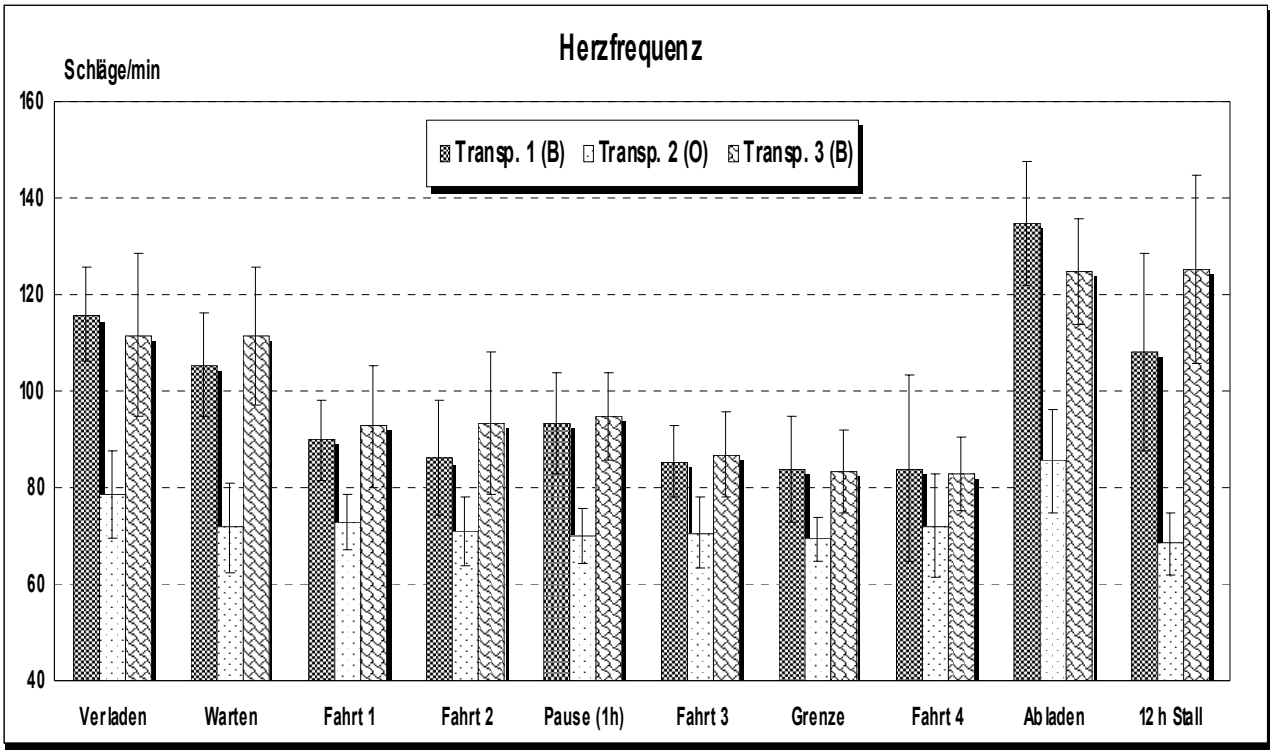


n	64	61	58	59	57	62	59	60	56	56	62
Tour		**		***			*		*		*
Dichte					*	*					
Ruhe		***	***	***	***	***	***	***	***	***	**

<u>Abb. 3.5:</u> Mittelwerte und Standardabweichungen der Herzfrequenz von Färsen in einzelnen Fahrtabschnitten beider Spanientransporte. Signifikanz der Mittelwertunterschiede und Einflußfaktoren:
Tour = Transport 1/2 (LKW 1+2/3+4); Dichte = Ladedichte hoch/gering (LKW 1+3/2+4).
Ruhe = Veränderung zum Ruhewert (Stall). p < 0,0005 = *; p < 0,005 = **; p < 0,05 = ***

SI Die Herzfrequenz der Tiere der Slowenientransporte (Abbildung 3.6) verläuft recht unterschiedlich zwischen den einzelnen Touren. Beim zweiten Transport (Weideochsen) sind kaum Schwankungen zwischen den einzelnen Fahrtabschnitten anzutreffen; gemittelt über die gesamte Transportdauer liegt die Herzfrequenz der Ochsen bei 73,0 Schl./min (Schlägen pro Minute) und nur während der Verladung überschreiten einzelne Tiere die physiologische Grenze von 80 Schl./min. Beim ersten und dritten Transport liegt eine größere Schwankungsbreite vor, beginnend mit relativ hohen Werten um den Verladezeitpunkt, die während des Transportverlaufs absinken, ohne jedoch den physiologischen Bereich (60-80 Schl./min) zu erreichen. Die Höchstwerte werden beim Abladen und im Ausruhstall der Versorgungsstation er-

reicht. Dementsprechend treten auch im statistischen Modell signifikante Unterschiede zwischen Bullen und Ochsen (der Einfachheit halber im folgenden Text auch als Geschlechtsunterschied bezeichnet) auf und zwar in allen Transportphasen mit Ausnahme der Fahrtabschnitte nach der einstündigen Pause. Beim Abladevorgang zeigen die Bullen (Transport 1 und 3) deutlich höhere Werte als die Ochsen des zweiten Transports; dieser Einfluss des Geschlechts lässt sich auch statistisch nachweisen.



	Verl.	Warten	m Fahrt 1+2	Pause	m Fahrt 3-4	Abladen	Stall
N	**53**	**51**	**47**	**28**	**29**	**30**	**42**
Sex	***	***	**	*		*	***
LKW (sex)	**	*					
Gew. 1							*
Dichte							*
THI m	***	**	*				

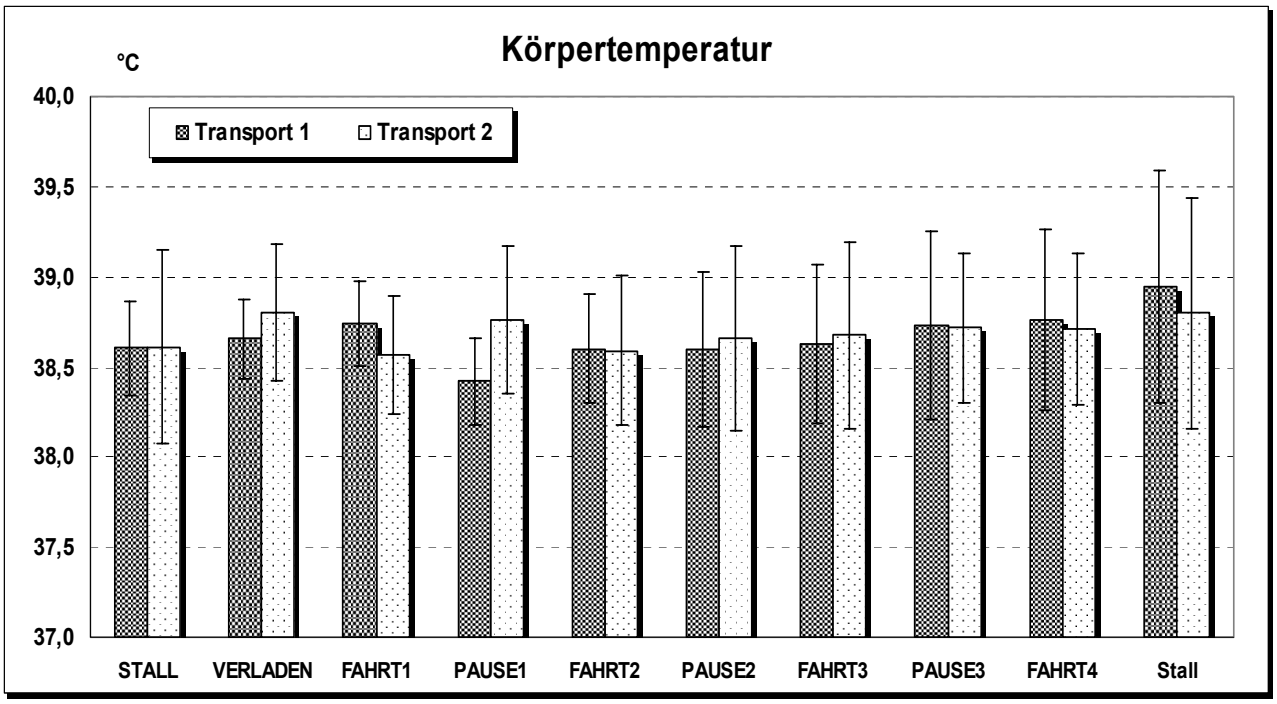
<u>Abb. 3.6:</u> Mittelwerte und Standardabweichungen der Herzfrequenz der Tiere in einzelnen Fahrtabschnitten (Fahrt 1+2, sowie Abschn. Fahrt 3-4 im statistischen Modell als Mittelwerte zusammengefasst) (Slowenientransporte). Transp. 1 (B) = 1. Transport (Bullen), Transp. 2 (O) = 2. Transport (Ochsen), Transp. 3 (B) = 3. Transport (Bullen). Signifikanz der Mittelwertunterschiede und Einflußfaktoren:
Sex = Geschlecht; LKW (sex) = LKW genestet in Geschlecht; Gew. 1 = Anfangsgewicht; Dichte = Ladedichte; THI m = thermo-humidity-index gemittelt über Transport. $p < 0{,}0005$ = *; $p < 0{,}005$ = **; $p < 0{,}05$ = ***

Einen signifikanten Einfluss während der ersten beiden Transportphasen zeigt auch die Variable ‚LKW'. Aufgrund der Versuchsstruktur ist diese Größe im Geschlecht der Tiere genestet, ein sogenanntes „confounding" von LKW und Geschlecht, d.h. bei der Größe LKW fließt das Geschlecht mit ein, da jeder LKW nur mit einer Geschlechtsgruppe bestückt war. Die Einflussgröße ‚LKW' beinhaltet aber auch den Versuchstag, den Fahrstil, Verladevorgänge, den Fahrzeugtyp, etc. Hierunter fallen vor allem auch Fahrzeugbau und Fahrzeugtechnik, wie beispielsweise Federung des Fahrzeugs, Lüftungstechnik, Tränkeeinrichtung u.v.m..
Ebenfalls nachweisbar ist der Einfluss der klimatischen Gesamtbedingungen während des Transportes auf die Herzfrequenzmittelwerte der ersten drei Transportabschnitte.
Im Anschluss an die 24-stündige Ruhephase ist ein höchst signifikanter Einfluss des Geschlechtes festzustellen, sowie ein geringer Einfluss von Ladedichte und Ausgangsgewicht. Dabei liegt die Herzfrequenz der Bullen deutlich über der der Ochsen; Tiere, die mit einer höheren Ladedichte transportiert wurden sowie Tiere, die ein niedrigeres Ausgangsgewicht haben, zeigen in diesem Zeitabschnitt eine höhere Herzfrequenz.

3.2.2 Körpertemperatur

Es Die Abbildung 3.7 gibt einen Überblick über den Verlauf der vaginal erhobenen Körpertemperatur der Zuchtfärsen während der beiden Spanientransporte. Hieraus wird ersichtlich, dass mit Verlauf des Transportes die Körpertemperatur langsam ansteigt. Die Höchstwerte treten im Zielstall in Spanien auf. Die Zunahme der Standardabweichung im Verlauf des Transportes deutet auf individuelle Einflüsse einzelner Tiere hin, wobei die physiologische Grenze von 39,5 °C von neun Tieren im Stall in Spanien nur leicht überschritten wird. Unterschiedliche Reaktionen auf Fahrt- und Versorgungsintervalle zeigen die Färsen hauptsächlich in der 1. Pause, die ein-

schließlich der Versorgung der Tiere beim ersten Transport etwa drei Stunden, beim zweiten Transport 12 Stunden dauert.



n	51	51	51	51	51	51	49	49	49	49
Tour		*	*	***						*
Dichte										*
Ruhe		*						*	*	***

<u>Abb. 3.7:</u> Mittelwerte und Standardabweichungen der Körpertemperatur von Färsen in einzelnen Fahrtabschnitten beider Spanientransporte. Signifikanz der Mittelwertunterschiede und Einflußfaktoren:
Tour = Transport 1/2 (LKW 1+2/3+4); Dichte = Ladedichte hoch/gering (LKW 1+3/2+4).
Ruhe = Veränderung zum Ruhewert (Stall). p < 0,0005 = *; p < 0,005 = **; p < 0,05 = ***

SI Beim Slowenientransport konnte keine kontinuierliche Messung der Körpertemperatur durchgeführt werden, da die Messinstrumente nicht für den Einsatz am männlichen Tier geeignet sind.

3.2.3 Körpergewicht

Es Bei den Transporten nach Spanien, fand im Zielort keine Gewichtserfassung der einzelnen Tiere statt, da dort keine Waage zur Verfügung stand.

SI Wie anhand der Standardabweichung in Abbildung 3.8 zu sehen ist, liegen die Körpergewichte der Einzeltiere bei den Transporten nach Slowenien relativ weit auseinander. Bei allen drei Transporten verlieren die Tiere an Körpergewicht.

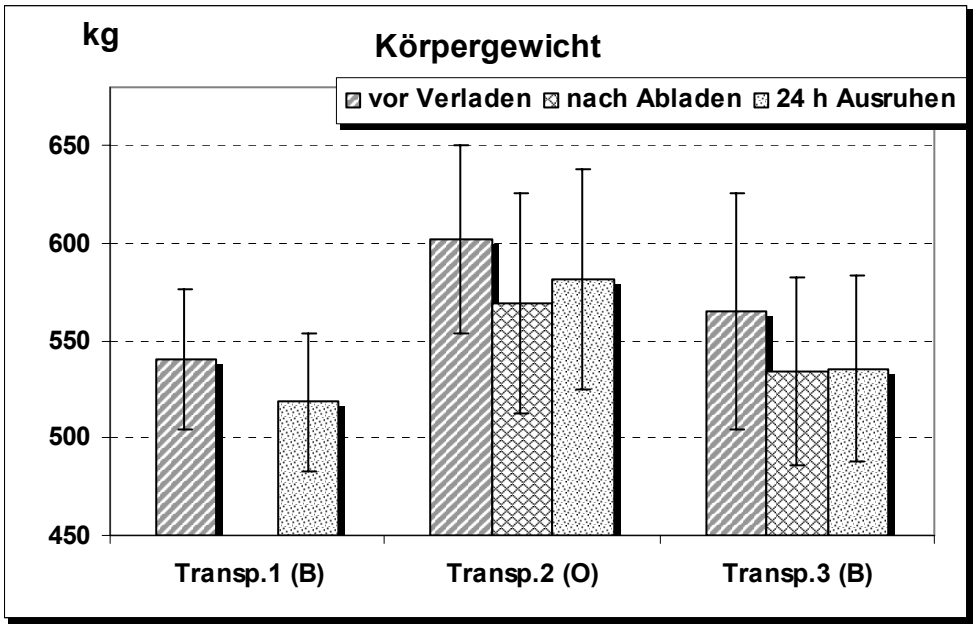


Abb. 3.8 : Mittelwerte und Standardabweichungen der Gewichte der Tiere (Slowenientransporte).

	GV 1/2	GV 1/3	GV 2/3
n	55	71	52
Sex		*	
LKW (sex)			
Gew. 1			
Dichte			
Position			*

Signifikanz der Mittelwertunterschiede und Einflußfaktoren: Sex = Geschlecht; LKW (sex) = LKW genestet in Geschlecht; Gew. 1 = Anfangsgewicht; Dichte = Ladedichte; Position = Position im Fahrzeug (nach Buchten); GV 1/2 = Gewichtsverlust vor Verladen/nach Abladen; GV 1/3 = Gew.verl. vor Verladen/nach Ausruhphase; GV 2/3 = Gew. verl. nach Abladen/nach Ausruhphase. $p < 0,0005$ = *; $p < 0,005$ = **; $p < 0,05$ = ***

Die Weideochsen (Transport 2) haben beim Wiegen direkt nach dem Abladen einen Gewichtsverlust von im Mittel 33,5 kg zu verbuchen (minus 6%). In der folgenden 24-stündigen Ruhephase gelingt es ihnen jedoch durchschnittlich 12,8 kg zuzunehmen, so dass insgesamt nur noch ein Gesamtverlust von im Mittel 20,7 kg (minus 3,8%) vorliegt.
Bei den Tieren des ersten Transports war ein Wiegen direkt nach Ankunft nicht möglich, weil die Durchtriebswaage nicht adäquat in den Treibgang integriert war. Diese Tiere haben einen gemittelten Gesamtverlust von 21,7 kg Körpergewicht.

Die Bullen des dritten Transportes verlieren im Mittel 30,7 kg Körpergewicht. Ihnen gelingt es in der Ruhephase nicht, den Verlust auszugleichen; sie nehmen in diesem Zeitraum im Durchschnitt lediglich 1 kg wieder zu, da sehr große Unruhe in der Gruppe herrscht und ein Großteil der Tiere mehr mit Rangordnungskämpfen als mit Futteraufnahme beschäftigt ist.
Die statistische Auswertung zeigt, dass hinsichtlich des Körpergewichts zu Beginn des Transportes und zum Ende der Ausruhphase ein signifikanter Einfluss des Geschlechts vorliegt. Bezüglich der Gewichtsveränderung nach Abladen und Ende der Ruhephase lässt sich ein Einfluss der Position im Fahrzeug nachweisen. Dabei unterscheidet sich Position 2 (oben hinten) von 1 und 4 (oben vorne bzw. unten hinten); die Tiere, die in der Bucht 2 auf dem Fahrzeug transportiert worden waren, hatten die geringsten Gewichtszunahmen in der Ruhephase bzw. verloren während dieser Zeit im Durchschnitt noch weiter an Körpergewicht.

3.2.4 Ladedichte

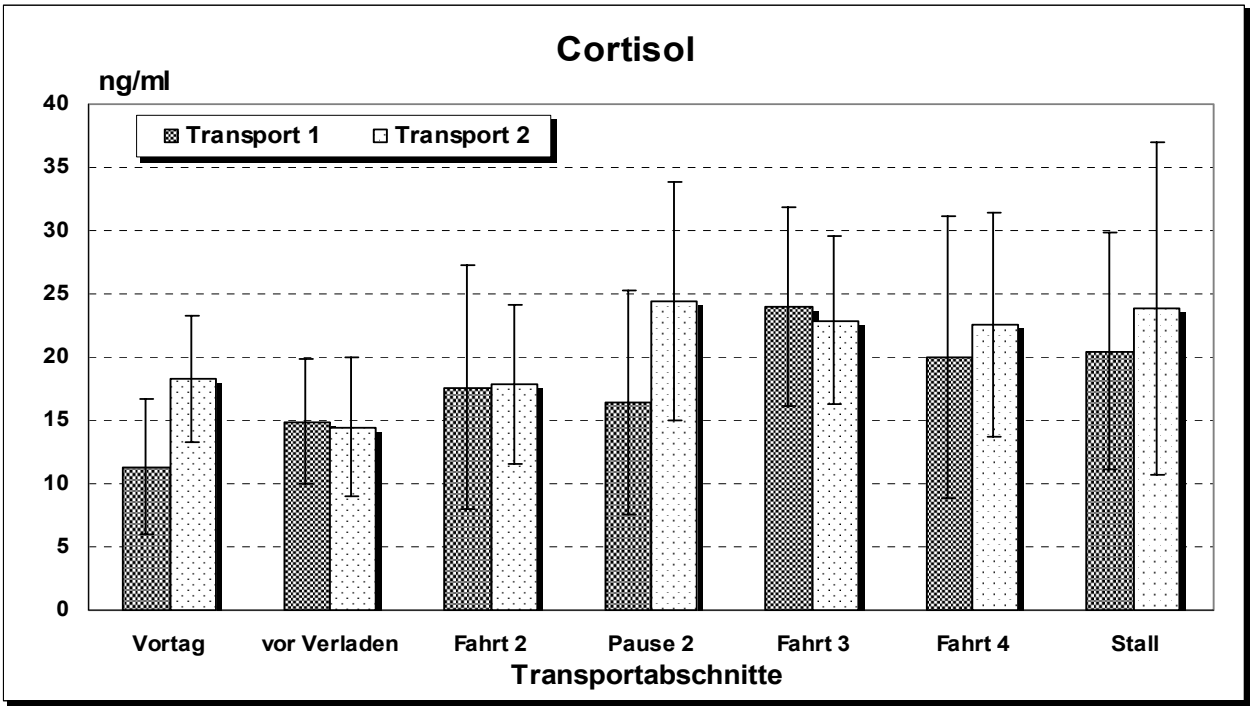
Die Ladedichte wurde für jeden LKW mittels der Ladefläche des jeweiligen Fahrzeugs und dem zugeladenen Gewicht der Tiere errechnet.

Bei den Zuchtrinder-Transporten nach Spanien ermöglichte der Versuchsaufbau die Ladedichte unterschiedlich zu gestalten, um so diesen Einfluss auf andere Variablen zu untersuchen. Bei den Schlachttiertransporten war dies aufgrund der Organisation und Durchführung der Transporte und der beteiligten Personengruppen nicht möglich. Hier wurde die Ladedichte durch die erlaubte Höchstzuladung der Spezialfahrzeuge beschränkt. Diese liegt üblicherweise in einer Größenordnung von maximal 20 Tonnen.

Transport	LKW	Bucht	Ladedichte m²/Tier	Durchschnittsgewicht
Spanien	LKW 1 (2-Fahrer)	1 + 2	1,68	580 kg
		3 + 4	1,76	
	LKW 2 (2-Fahrer)	1 + 2	2,02	
		3 + 4	2,10	
	LKW 3 (1-Fahrer)	1 + 2	1,54/1,58	
		3 + 4	1,71	
	LKW 4 (1-Fahrer)	1 + 2	1,80/1,92	
		3 + 4	2,00	
Slowenien	LKW 1	-	1,62	599
	LKW 2	-	1,62	546
	LKW 3	-	1,71	631
	LKW 4	-	1,62	577
	LKW 5	-	1,51	561
	LKW 6	-	1,56	562

3.2.5 Cortisol

Es Abbildung 3.9 zeigt die gemittelten Cortisolspiegel im Plasma über den Verlauf des Transportes (Spanien) in Transportabschnitte gegliedert.



n	48	48	45	46	46	46	45
Tour	**			**			*
Dichte				**	*	*	**
Ruhe			*	***	***	***	***

<u>Abb. 3.9</u> :Mittelwerte und Standardabweichungen des Cortisolgehaltes im Plasma von Färsen während der beiden Spanientransporte, unterteilt nach Fahrtabschnitten. Signifikanz der Mittelwertunterschiede und Einflussfaktoren:
Tour = Transport 1 / 2 (LKW 1+2 / 3+4), Dichte = hoch / gering (LKW 1+3 / 2+4), Ruhe = Veränderung zum Ausgangswert (vor der Verladung). p < 0,0005 = *; p < 0,005 = **; p < 0,05 = ***

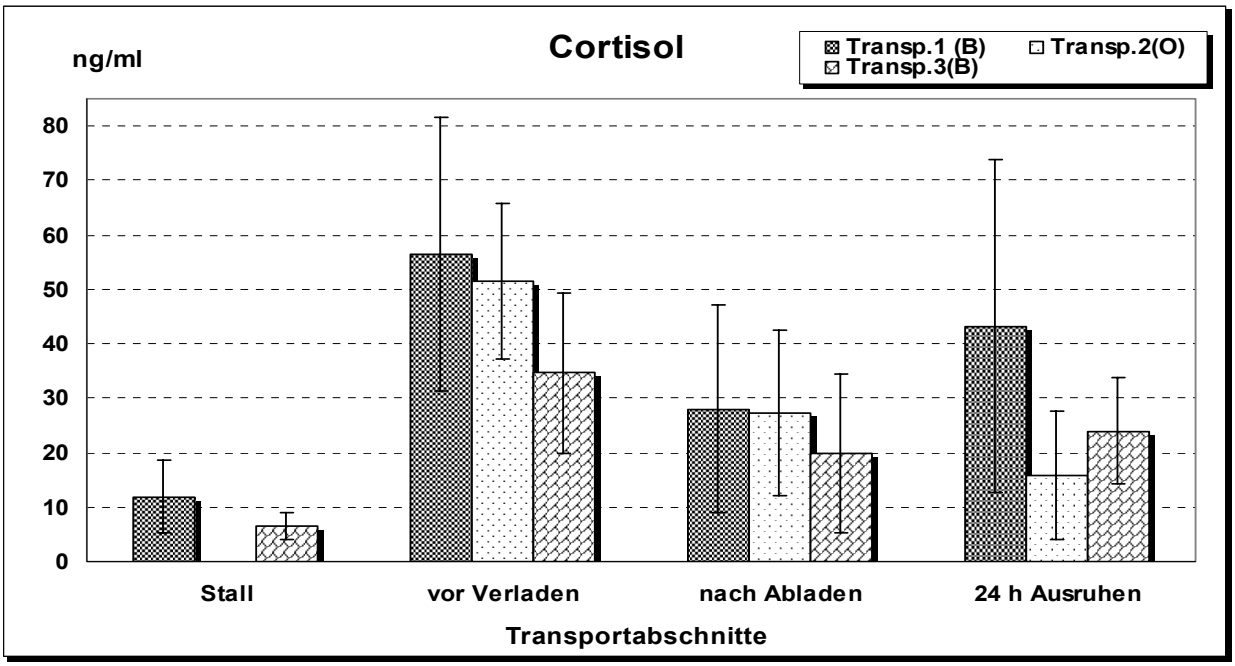
Die Kennzeichnung der Signifikanz der Mittelwertunterschiede und Einflussfaktoren in dieser Form gilt auch für alle folgenden Abbildungen der Spanientransporte.

Im Verlaufe des Transportes steigt der Cortisolspiegel an, erreicht sein Maximum nach dem dritten Fahrtabschnitt (1. Transport), bzw. beim zweiten Transport bereits

nach der 12-stündigen Pause (Pause 2) und behält diesen Wert mehr oder weniger über den Verlauf des Transportes bei.
Auch nach Beendigung des Transportes befinden sich die Werte noch auf relativ hohem Niveau und erreichen nicht wieder ihre Ausgangswerte. Beim zweiten Transport liegt die mittlere Cortisolausschüttung insgesamt bei 20,48 ng/ml und damit um etwa 2,1 ng/ml höher als beim ersten Transport ($p = 0,02$).
Die mittlere Cortisolausschüttung der Tiere, die in Fahrzeugen mit höherer Ladedichte transportiert wurden (LKW 1 und 3) liegt um etwa 1,2 ng/ml höher als die der Tiere in den Fahrzeugen mit geringerer Ladedichte. Diese Unterschiede sind zu einigen Blutentnahmezeitpunkten signifikant, nicht jedoch auf das statistische Gesamtmodell bezogen.

SI Die Tiere von allen drei Slowenientransporten (Abbildung 3.10) haben nach ihrer Ankunft in der Sammelstation kurz vor der Verladung deutlich höhere Cortisolkonzentrationen im Blutplasma (34,6 – 56,3 ng/ml) als physiologischerweise (0,4-10 ng/ml) üblich. Dies liegt daran, dass die Tiere des ersten und dritten Transports 15 bis 60 Minuten zur Sammelstation transportiert wurden und dort auf eine neue Umgebung und unbekannte Artgenossen treffen. Die Tiere des zweiten Transports wurden zwar auf ihrem Herkunftsbetrieb verladen, mussten aber auch von der Weide in eine ihnen unbekannte Umgebung, den Verwiegebereich getrieben werden.
Im Verlauf des 29-stündigen Transportes sinkt der Cortisolspiegel bis zur Blutentnahme direkt im Anschluss an den Abladevorgang auf Werte von im Mittel zwischen 19,8 und 28,0 ng/ml ab. In der darauffolgenden Ruhephase sinkt bei den Tieren des 2. Transports (Ochsen) der Cortisolspiegel weiter ab, bei den Bullen des 1. Transportes steigt er deutlich an, die Bullen des 3. Transportes verzeichnen einen leichten Anstieg. Wie bereits bei anderen Parametern erwähnt, beschäftigen sich die Bullen in diesem Zeitraum häufig mit dem Austragen von Rangkämpfen.
Bei allen Transporten liegt eine relativ breite Streuung der Einzeltierdaten vor.
Ein signifikanter Einfluss auf die Cortisolwerte zum zweiten Blutentnahmezeitpunkt lässt sich für die klimatischen Gesamtbedingungen während des Transports nachweisen. Auf den Cortisolgehalt zum Ende der Ausruhphase hat sowohl das Ge-

schlecht der Tiere als auch die Ladedichte, der die Tiere zuvor im Fahrzeug ausgesetzt waren, einen signifikanten Einfluss (p< 0,05). Für den gemittelten Cortisolwert über die gesamte Transportdauer wiederum ist ein leichter Einfluss (p< 0,05) des LKWs und des Ausgangsgewichts der Tiere nachweisbar.



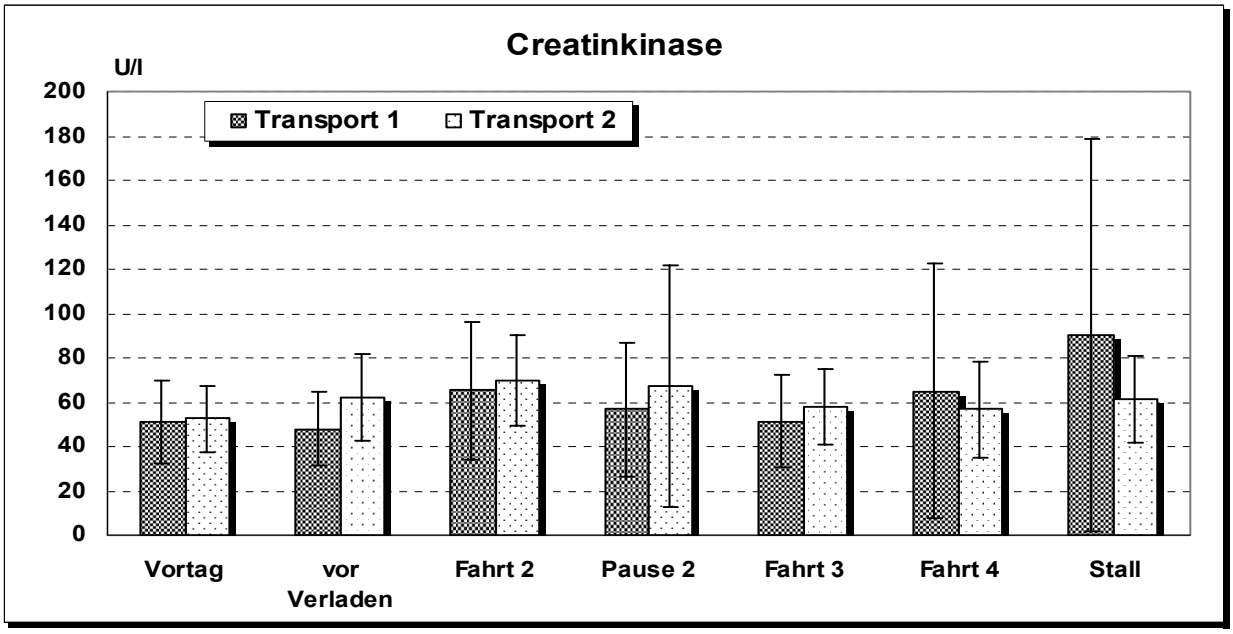
	Cort m	Cort 2	Cort 3	Cort 4
n	61	77	62	77
Sex				*
LKW (sex)	*			
Gew. 1	*			
Dichte				*
THI m		*		

<u>Abb. 3.10:</u> Mittelwerte und Standardabweichungen der Cortisolkonzentration im Plasma der Tiere in einzelnen Fahrtabschnitten (Slowenientransporte) Cort m = Cortisol Mittelwert über die gesamte Transportdauer; Cort 2, 3, 4 = Cortisol vor Verladen, nach Abladen, nach 24 h Ruhephase. Signifikanz der Mittelwertunterschiede und Einflußfaktoren:
Sex = Geschlecht; LKW (sex) = LKW genestet in Geschlecht; Gew. 1 = Anfangsgewicht; Dichte = Ladedichte; THI m = thermo-humidity-index gemittelt über Transport. p < 0,0005 = *; p < 0,005 = **; p < 0,05 = ***

Die Kennzeichnung der Signifikanz der Mittelwertunterschiede und Einflussfaktoren in dieser Form gilt auch für alle folgenden Abbildungen der Slowenientransporte. Es sei auch noch mal darauf verwiesen, dass bei den Slowenientransporten die Daten der ersten Blutentnahme im Stall aufgrund ihres geringen Umfangs nicht in der statistischen Berechnung berücksichtigt wurden.

3.2.6 Creatinkinase

Es Bei den Spanientransporten steigt die Plasmaaktivität der Creatinkinase (CK) nur geringfügig durch die Verladung der Tiere an, um dann auf einem annähernd gleichem Niveau zu verbleiben (Abbildung 3.11).



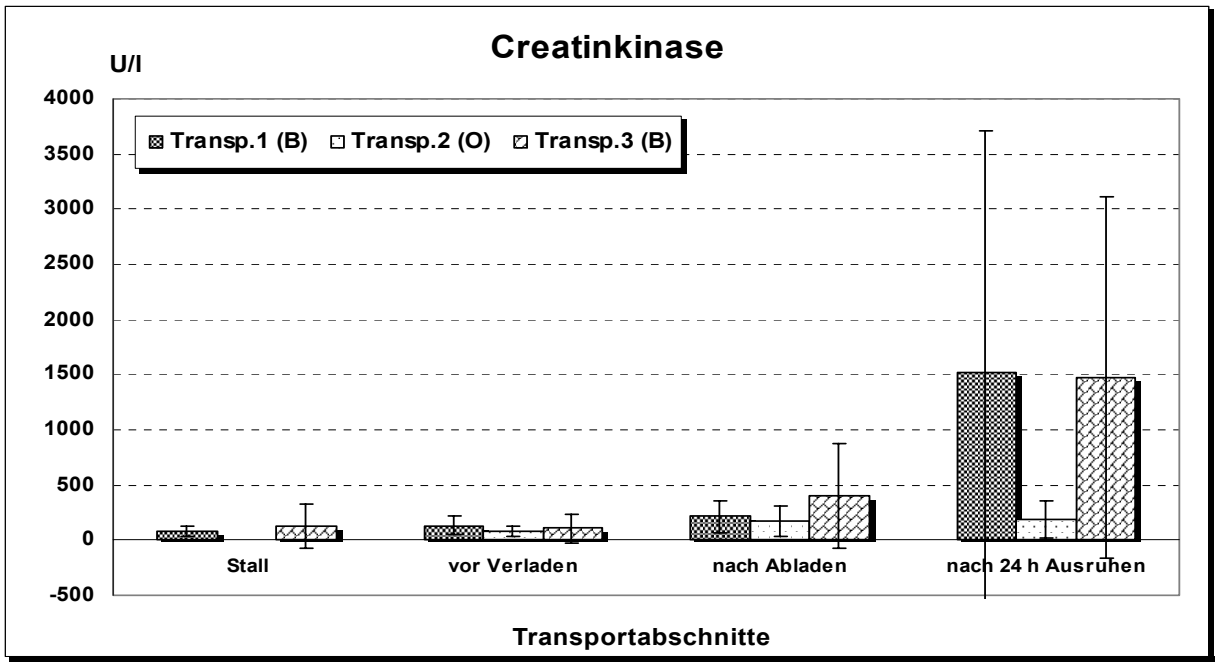
n	48	48	45	46	46	46	45
Tour							***
Dichte			**	***	*	**	***
Ruhe							*

Abb. 3.11: Mittelwerte und Standardabweichungen der Plasmaaktivität der Creatinkinase von Rindern in einzelnen Fahrtabschnitten beider Spanientransporte

Unterschiede, aufgrund der unterschiedlichen Pausengestaltung bei den beiden Transporten, treten signifikant nur im Zielstall in Spanien auf, wobei hier einige wenige Tiere durch eine deutliche Steigerung der CK-Werte zu dem ansteigenden Mittelwert beitragen. Die Fahrt- und Pausenintervalle scheinen demnach keinen Einfluss auf die motorische Aktivität der Tiere auszuüben.

Deutlichere Unterschiede sind bei den variierenden Ladedichten zu erkennen. Hier liegen bei einigen Fahrtabschnitten signifikante Unterschiede vor, die Hinweise auf eine höhere motorische Belastung durch eine höhere Ladedichte geben.

SI Aufgrund der breiten Streuung der Daten lassen sich kaum signifikante Einflüsse auf die CK-Aktivität der Schlachtbullen und –ochsen bei den Slowenientransporten nachweisen (Abbildung 3.12).



	CK m	CK 2	CK 3	CK 4
n	63	78	64	77
Sex				*

Abb. 3.12: Mittelwerte und Standardabweichungen der Creatinkinase im Plasma der Tiere in einzelnen Fahrtabschnitten (Slowenientransporte)

Die extrem hohen Standardabweichungen verdeutlichen diese großen Unterschiede in den Einzeltierdaten. Gemeinsam ist allen drei Transporten ein Anstieg der Mittelwerte, wobei dieser bei den drei Transporten unterschiedlich stark ausgeprägt ist. Die Weideochsen des zweiten Transports haben direkt vor der Verladung einen gemittelten Wert von 81,9 U/l, direkt im Abschluss an den Abladevorgang ist dieser auf 175,9 U/l angestiegen, um am Ende der Ruhephase bei 188,2 U/l zu liegen. Die Bullen des ersten bzw. dritten Transports haben vor der Verladung Werte von 135,0 bzw. 105,4 U/l. Nachdem die Tiere am Zielort abgeladen wurden, liegen die CK-Werte bei 212,6 bzw. 404,0 U/l. Im Anschluss an die Ruhephase tritt bei den Tieren dieser beiden Transporte dann der deutlichste Anstieg des Muskelenzyms auf (1526,4 und 1475,2 U/l), wobei bei einigen Einzeltieren zu diesem Zeitpunkt Werte

von über 10.000 U/l auftreten; Werte, die vermuten lassen, dass bei einzelnen Tieren von einer großen motorischen Belastung oder gar Schädigung der Muskulatur auszugehen ist.

Abbildung 3.13 zeigt ein Spezialfahrzeug für den Langstreckentransport, wobei die Rampe, die die Tiere hier während des Beladens zu bewältigen haben, hinsichtlich Winkel, Trittsicherheit und seitlichen Begrenzungen den gesetzlichen Forderungen entspricht.

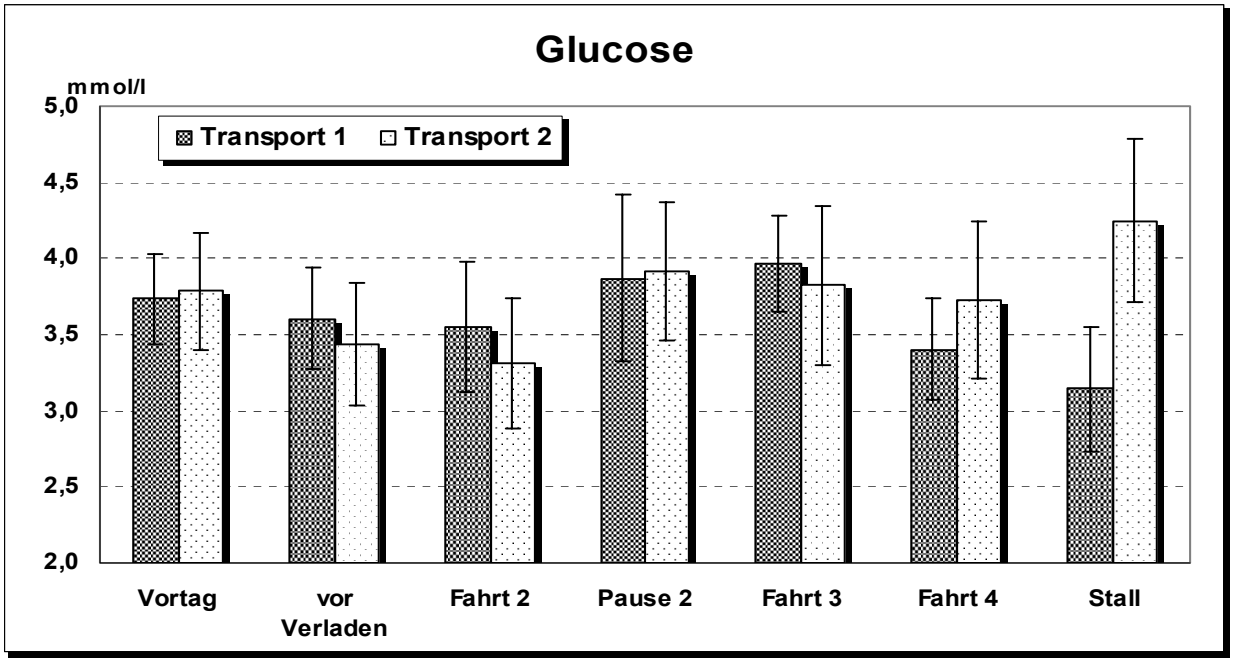
Abb. 3.13: Spezialfahrzeug in Leer vor der Verladung (Hubboden nach unten gefahren)

3.2.7 Energiehaushalt

3.2.7.1 Glucose

Es Abbildung 3.14 zeigt den Glucosespiegel der Zuchtfärsen während der beiden Spanientransporte, gegliedert nach Transportabschnitten. Auffällig ist der Anstieg des Glucosespiegels im Plasma besonders bei den Tieren der zweiten Spanienfahrt zum Ende des Transportes.

Im Verlauf des ersten Spanientransports kommt es zu einer Erschöpfung der Glucosebereitstellung, wie dies bei einer Umstellung des Energiehaushaltes auf katabole Stoffwechsellage anzutreffen ist. Dies ist anhand des abfallenden Glucosespiegels zu erkennen (von 3,97 mmol/l am Ende des dritten Fahrtabschnitts auf 3,14 mmol/l im Stall).



n	48	48	45	46	46	46	45
Tour		*	**			***	***
Dichte							*
Ruhe	***			***	***		**

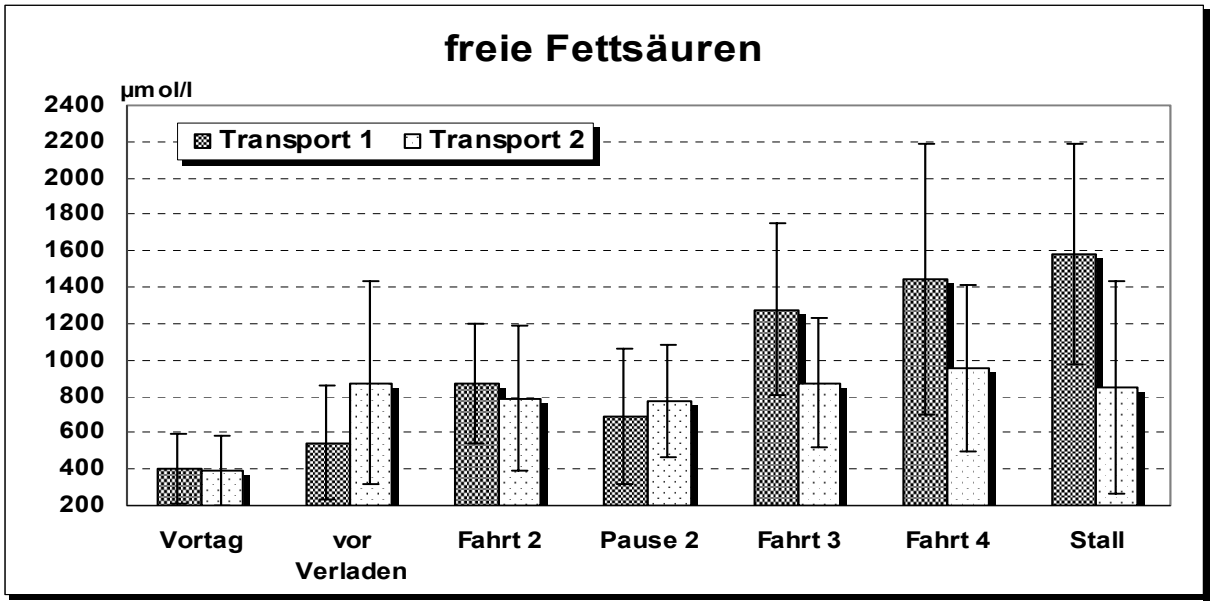
Abb. 3.14: Mittelwerte und Standardabweichungen der Glucosespiegel im Plasma von Färsen in einzelnen Fahrtabschnitten beider Spanientransporte

Das statistische Modell verdeutlicht den großen Einfluss der Fahrt- und Pausengestaltung auf den Glucosespiegel der Tiere (Tour, F-Wert = 21,21, $p < 0{,}005$) besonders zum Ende des Transports. Dies lässt vermuten, dass durch die Verkürzung der Pausenintervalle, wie sie durch die Zwei-Fahrerregelung zustande kommt, eine Umstellung des Energiehaushaltes auf eine katabole Stoffwechsellage begünstigt wird.
Die unterschiedlichen Ladedichten zeigen keinen signifikanten Einfluss auf den Glucosespiegel, ebenso lässt sich keine Beziehung zur Umgebungstemperatur herstellen.

SI Bei den Slowenientransporten ist auffällig, dass sich die Glucosewerte von der Blutentnahme im Stall über den gesamten Transportverlauf auf relativ hohem Niveau befinden (4,4 bis 5,6 mmol/l). Nach der 24-stündigen Pause in Koper liegt der gemittelte Glucosewert für jeden Transportversuch bei 4,6 mmol/l. Im Gegensatz zu den Untersuchungen der Zuchttiere, waren bei den Transporten nach Slowenien nur männliche Tiere beteiligt, wobei sich in der Literatur keine Angaben zu Geschlechtsunterschieden hinsichtlich des Blutglucosespiegels finden. Aufgrund der auffällig hohen Glucosewerte wurden Stichproben in einem Referenzlabor untersucht, die die vorliegenden Ergebnisse bestätigten.

3.2.7.2 Unveresterte Fettsäuren

Es Aus der Abbildung 3.15 wird deutlich, dass der Plasmagehalt an unveresterten freien Fettsäuren (NEFA) im Verlauf des Transports ansteigt, besonders auffällig während der ersten Spanienfahrt. Die Mittelwerte des ersten Transports betragen 986 µmol/l und liegen damit deutlich über dem Mittelwert des zweiten Spanientransports (783 µmol/l).



n	48	48	45	46	46	46	45
Tour		**			***	***	***
Dichte			*	*		*	
Ruhe	***		*		***	***	***

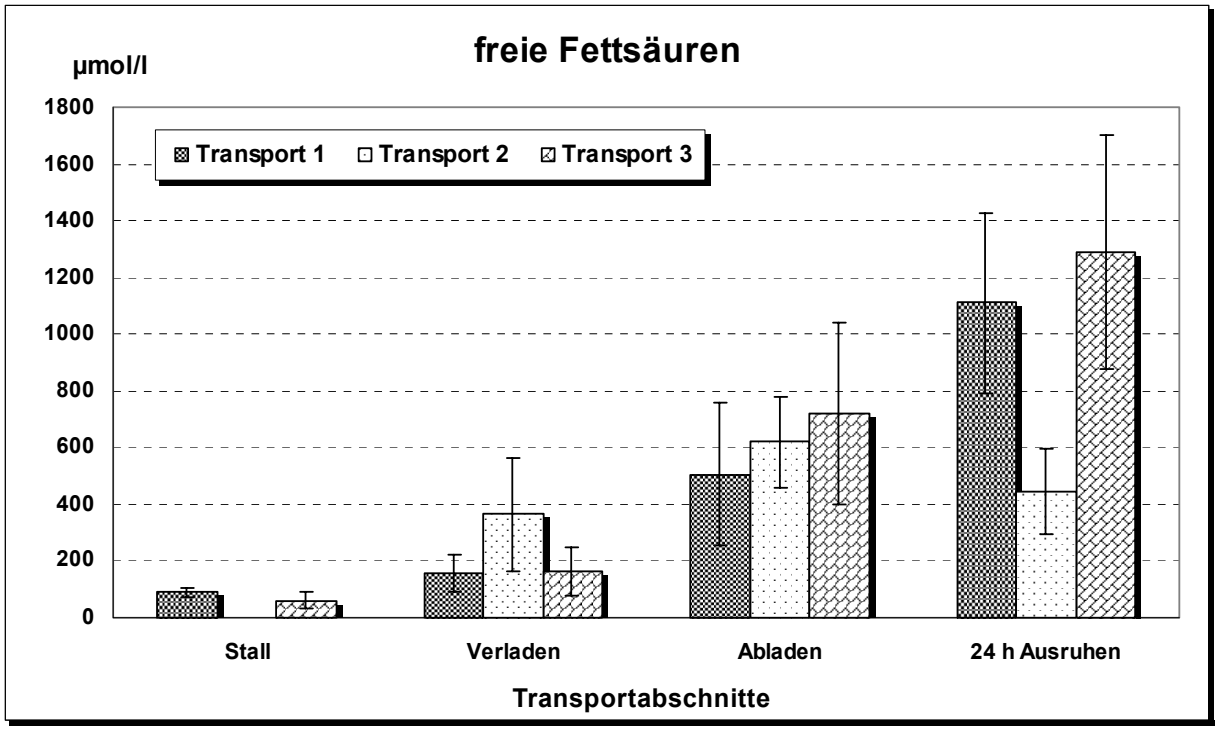
Abb. 3.15: Mittelwerte und Standardabweichungen der Plasmagehalte an unveresterten Fettsäuren von Färsen in einzelnen Fahrtabschnitten beider Spanienfahrten

Plasmagehalte von über 600 µmol/l werden als kritische Grenze für ein beginnendes Fettmobilisationssyndrom gewertet, das in eine klinisch manifeste Ketose übergehen kann. Bei den vorliegenden Werten zeigen insbesondere die Tiere der ersten Spanienfahrt in der zweiten Transporthälfte, dass sie in ein ausgeprägtes Energiedefizit abgleiten.

Einen signifikanten Einfluss auf die NEFA-Konzentrationen im Blut der Tiere hat in der zweiten Hälfte des Transports die Pausen- und Fahrtenregelung (Tour). Beim

ersten Transport liegt eine positive Korrelation zwischen den NEFA-Plasmaspiegeln der ersten und zweiten Transporthälfte und der Umgebungstemperatur und THI (Thermo-Humidity-Index) vor. Dies legt den Schluss nahe, dass für die erhöhte Energiemobilisation der Tiere im zweiten Transportabschnitt eine höhere thermische Belastung mitverantwortlich war.
Der Vergleich der Ladedichten weist erhöhte Mittelwerte um etwa 20 µmol/l bei den Tieren in den Fahrzeugen mit erhöhter Besatzdichte auf, dies bewegt sich jedoch nicht in einem signifikanten Bereich.

SI Die drei Slowenientransporte (Abbildung 3.16) zeigen über die Dauer des Transportes ein unterschiedliches Verlaufsmuster hinsichtlich der Plasmakonzentration der unveresterten freien Fettsäuren (NEFA).
Bei den Tieren des ersten und dritten Slowenientransports (Bullen) findet ab dem Herkunftstall bzw. kurz vor der Verladung eine kontinuierliche Zunahme des NEFA Gehaltes statt, die mit einem Höhepunkt nach der Ruhepause endet. Die Mittelwerte reichen von in etwa 60 µmol/l im Stall bis zu knapp 1300 µmol/l nach der Ruhephase. Die Tiere des zweiten Transportes (Ochsen) erreichen ihren Maximalwert am Ende des Transportes (620 µmol/l); während der Ruhephase sinkt der Wert ab, um am Ende im Mittel bei 445 µmol/l zu liegen. Dementsprechend ist im statistischen Modell ein signifikanter Einfluss des Geschlechts zu allen drei untersuchten Blutentnahmezeitpunkten nachweisbar. Nach Abladen der Tiere ist neben dem Einfluss des Geschlechts der Tiere auch ein Einfluss der klimatischen Bedingungen des Transportes nachweisbar.
Für den NEFA-Wert über den gesamten Untersuchungszeitraum, sowie zum Blutentnahmezeitpunkt direkt nach Abladen der Tiere, lässt sich ein signifikanter Einfluss der Position im Fahrzeug nachweisen. Für den gesamten Transport betrachtet, haben die Tiere, die sich während des Transports in der vorderen Bucht oben im Fahrzeug befanden (Bucht 1) und die, die unten hinten standen (Bucht 4) signifikant höhere Werte als die Tiere, die unten vorne (Bucht 3) transportiert wurden. Nach dem Abladen unterscheiden sich nur Bucht 1 und 3 signifikant voneinander.

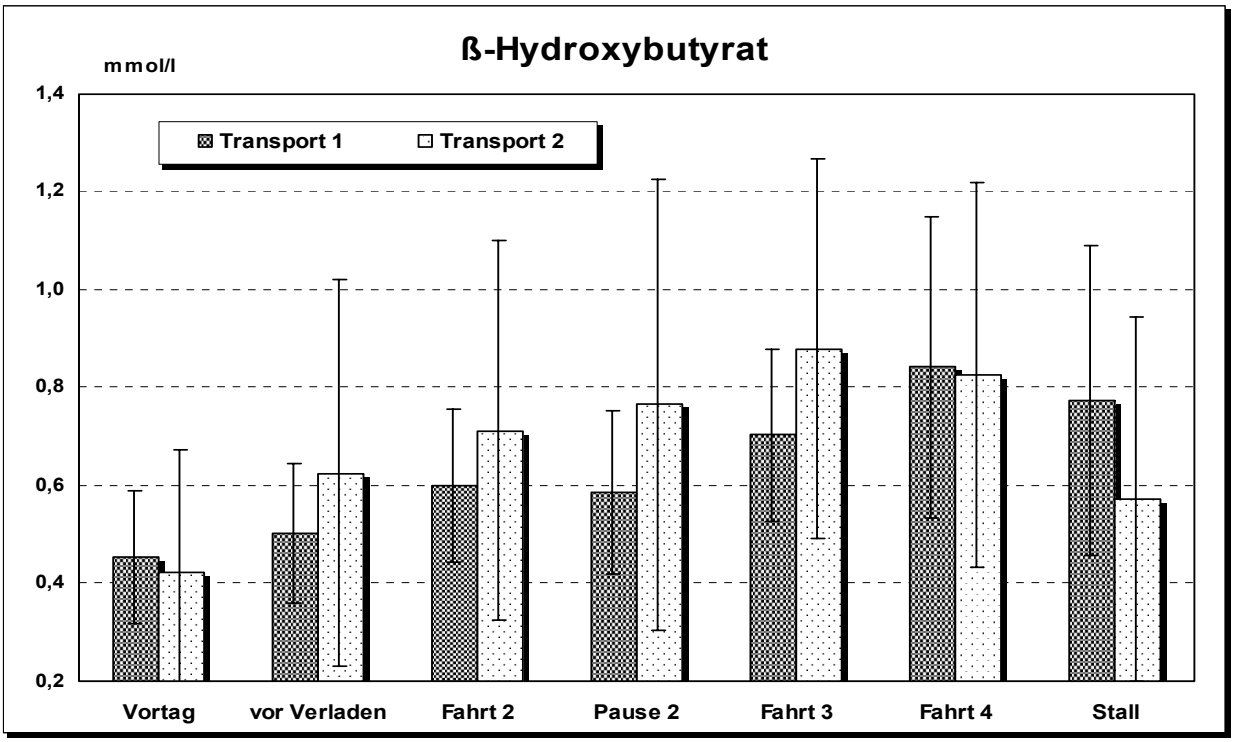


	NEFA m	NEFA 2	NEFA 3	NEFA 4
n	63	78	64	77
Sex		**	*	**
LKW (sex)				
Gew. 1				
Dichte				
Position	*		*	
THI m			*	

Abb. 3.16: Mittelwerte und Standardabweichungen der NEFA-Konzentration im Blutplasma der Tiere in einzelnen Fahrtabschnitten (Slowenientransporte)

3.2.7.3 β-Hydroxybutyrat

Es Die β-Hydroxybutyrat (BHB)-Plasmaspiegel der Zuchtfärsen des Spanientransportes sind in Abbildung 3.17 dargestellt. Hier ist ein gleichmäßiger Anstieg des Plasmaspiegels mit Verlauf der beiden Transporte festzustellen.



n	48	48	45	46	46	46	45
Tour		*	*	***	**		***
Dichte					*	*	***
Ruhe	***		***	***	***	***	***

Abb. 3.17: Mittelwerte und Standardabweichungen der Plasmagehalte an β-Hydroxybutyrat von Färsen in einzelnen Fahrtabschnitten beider Spanientransporte.

Ein Anstieg von BHB kennzeichnet eine verstärkte Mobilisation körpereigener Energiereserven, um absolute oder relative Energiemangelsituationen auszugleichen.
Bei drei Tieren des ersten und acht Tieren des zweiten Transportes steigen die BHB-Werte weit über 1 mmol/l in einen Bereich, der als beginnende Ketose angesehen werden kann.

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TIER (TOUR*DICHT*GRP)	34	13.99619444	0.41165278	16.31	0.0001
TOUR	1	0.08547129	0.08547129	3.39	0.0669
DICHTE	1	0.24188837	0.24188837	9.59	0.0022
GRP	3	0.52768007	0.17589336	6.97	0.0002
NR	6	4.77141661	0.79523610	31.52	0.0001
TOUR*DICHTE	1	0.21866666	0.21866666	8.67	0.0035
TOUR*GRP	3	3.98515399	1.32838466	52.64	0.0001
TOUR*NR	6	1.19069978	0.19844996	7.86	0.0001
DICHTE*GRP	3	3.21059455	1.07019818	42.41	0.0001
DICHTE*NR	6	0.19771118	0.03295186	1.31	0.2549

Tab. 3.1: Signifikanz der Einflussfaktoren auf β-Hydroxybutyrat (BHB) von Rindern während des Transportes im statistischen Gesamtmodell. TOUR = Transport 1/2, DICHTE = Ladedichte hoch/gering, GRP = Standort im Fahrzeug, NR = Transportabschnitt 2 – 7, verschiedene Interaktionen

In Tabelle 3.1 zeigt sich, neben einem ausgeprägten individuellen Einfluss mit einem hohen F-Wert auch eine Signifikanz des Transportverlaufes (NR) auf die Ketogenese der transportierten Färsen. Die Dauer des Transportes ist, unabhängig von der Gestaltung von Fahrt- und Pausenintervallen, ein Belastungsfaktor für den Energiehaushalt der Tiere. Dies wird durch hohe Korrelationsfaktoren zwischen BHB und NEFA (0,7; $p < 0,001$) und Glucose (-0,71; $p < 0,001$) verdeutlicht. Es besteht auch eine enge Korrelation zur Körpertemperatur der Tiere (0,53; $p < 0,001$), die eine endogene Wärmebildung durch den erhöhten Energieumsatz belegt. In der zweiten Hälfte der untersuchten Transporte, steht die Ketogenese der Tiere in einer negativen Beziehung zur Umgebungstemperatur, was durch die (nicht signifikante) Regression

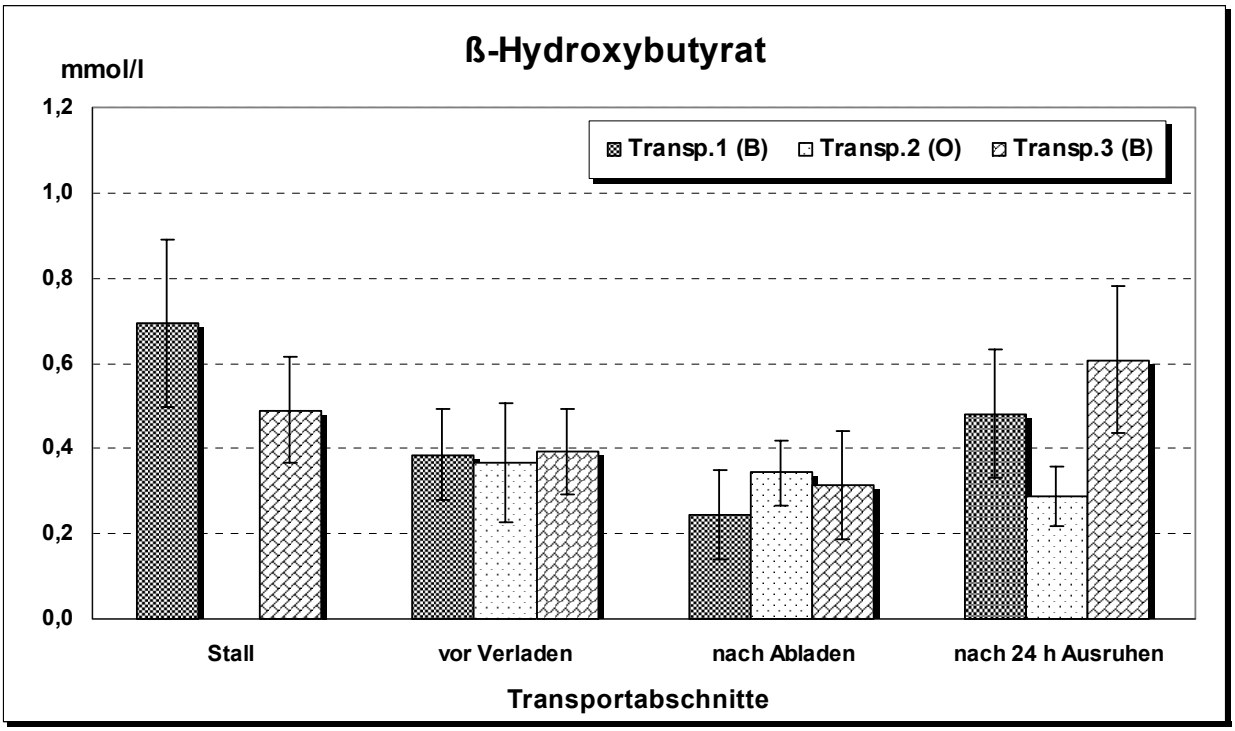
$$Y_{3\text{-HB}} = 2,2 – 0,109(T_{Umgeb})$$

ausgedrückt wird. Ein Einfluss der thermischen Umgebung erscheint hierdurch nicht wahrscheinlich.

Die Ladedichte hat während einzelner Transportabschnitte einen relativ geringen Einfluss auf die energetische Belastungsreaktion der Tiere. Im Mittel liegen die BHB-Plasmaspiegel bei Tieren, die mit hoher Ladedichte transportiert werden, bei 0,7

mmol/l. Bei Tieren, die bei geringerer Ladedichten transportiert wurden zeigen sich Plasmaspiegel um 0,6 mmol/l.
Nach Abladen und Aufstallung sinkt der BHB-Spiegel im Mittel bei den Tieren von Transport 2 deutlich, von Transport 1 geringfügig.

SI Abbildung 3.18 zeigt die mittleren BHB-Konzentrationen der Schlachtrinder der Slowenientransporte zu den verschiedenen Blutentnahmezeitpunkten. Die Werte im Herkunftsstall der Tiere liegen relativ hoch (0,49 bzw. 0,69 mmol/l). Allerdings konnten nur 11 Tiere zu diesem Zeitpunkt beprobt werden. Außerdem war ein Teil der Tiere schon eine Stunde in einer Selbstfangvorrichtung, dem sog. Fressgitter fixiert, so dass eine Bewertung der Befunde nicht sinnvoll erscheint. Kurz vor der Verladung liegt der BHB-Spiegel bei allen Tieren deutlich niedriger (bei knapp 0,4 mmol/l). Am Ende des Transport, nach dem Abladen, ist die BHB-Plasmakonzentration bei den Tieren aller drei Transporte gesunken, weniger bei den Tieren des zweiten und dritten, deutlicher bei den Tieren des ersten Transports (0,24 mmol/l). Am Ende der 24-stündigen Ausruhzeit bleiben die Werte bei den Ochsen (2. Transport) niedrig, während sie bei den Bullen (Transport 1 und 3) ähnlich hohe Konzentrationen erreichen (0,48 bzw. 0,61 mmol/l) wie vor der Verladung im Herkunftsstall.
Zu keinem Zeitpunkt überschreiten die Werte die physiologische Grenze von 1,0 mmol/l, wie dies bei den hochtragenden Zuchtfärsen des Spanientransports häufiger zu beobachten war.
Die statistischen Berechnungen zwischen der Höhe der BHB-Konzentrationen und den Einflussfaktoren Geschlecht (sex), Tiergruppe (LKW), Ausgangsgewicht (Gew.1) Ladedichte (Dichte) und Position auf dem Fahrzeug (Posit.), sind nur für wenige Faktoren auf dem 95% Niveau signifikant. So besteht ein Einfluss ($p < 0,05$) der Tiergruppe auf die BHB-Konzentrationen zum Zeitpunkt vor der Verladung, nach Abladen der Tiere und für den gemittelten Wert über den gesamten Untersuchungszeitraum (BHB m). Die Variable „LKW“ beinhaltet neben dem Geschlecht der Tiere auch deren Herkunft, Alter, Fütterung und Haltungsform etc.



	BHB m	BHB 2	BHB 3	BHB 4
n	63	78	64	77
Sex				*
LKW (sex)	*	*	*	
Gew. 1				
Dichte				

Abb. 3.18: Mittelwerte und Standardabweichungen der Plasma-BHB-Konzentration der Tiere in einzelnen Fahrtabschnitten (Slowenientransporte)

Im Anschluss an die Ruhephase ist ein signifikanter Einfluss des Geschlechts der Tiere auf die BHB-Konzentration festzustellen ($p < 0,05$). Ein Grund für den BHB-Anstieg in der „Ruhephase“ wird in der hohen motorischen Aktivität der Bullen (Transport 1 und 3) zu suchen sein.

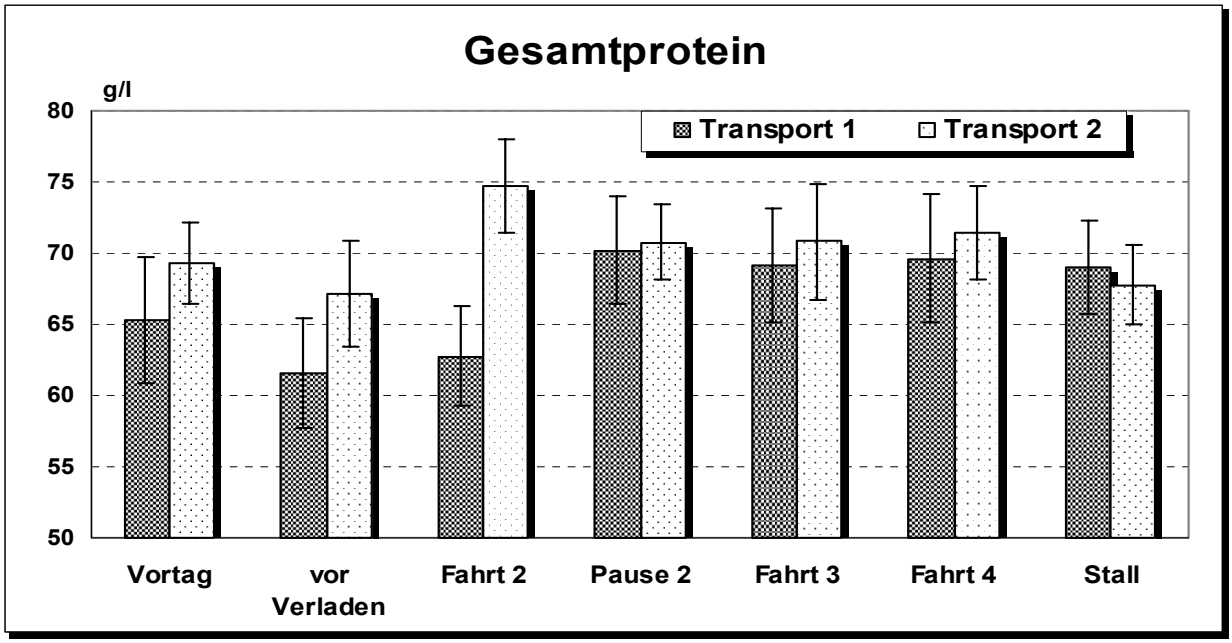
Die Abbildung 3.19 zeigt das Bespringen der Bullen während der Ruhephase im Wartestall in Koper.

<u>Abb. 3.19:</u> Tiere des 3. Slowenientransports während der Ruhephase im Hafen von Koper

3.2.8 Flüssigkeitshaushalt

3.2.8.1 Gesamtprotein

Es Abbildung 3.20 zeigt den Gehalt an Gesamteiweiß (GE) im Blutplasma der Färsen während der beiden Spanientransporte.



n	48	48	45	46	46	46	45
Tour	***	**	***	*	**	**	
Dichte						*	*
Ruhe	***		***	**	***	***	***

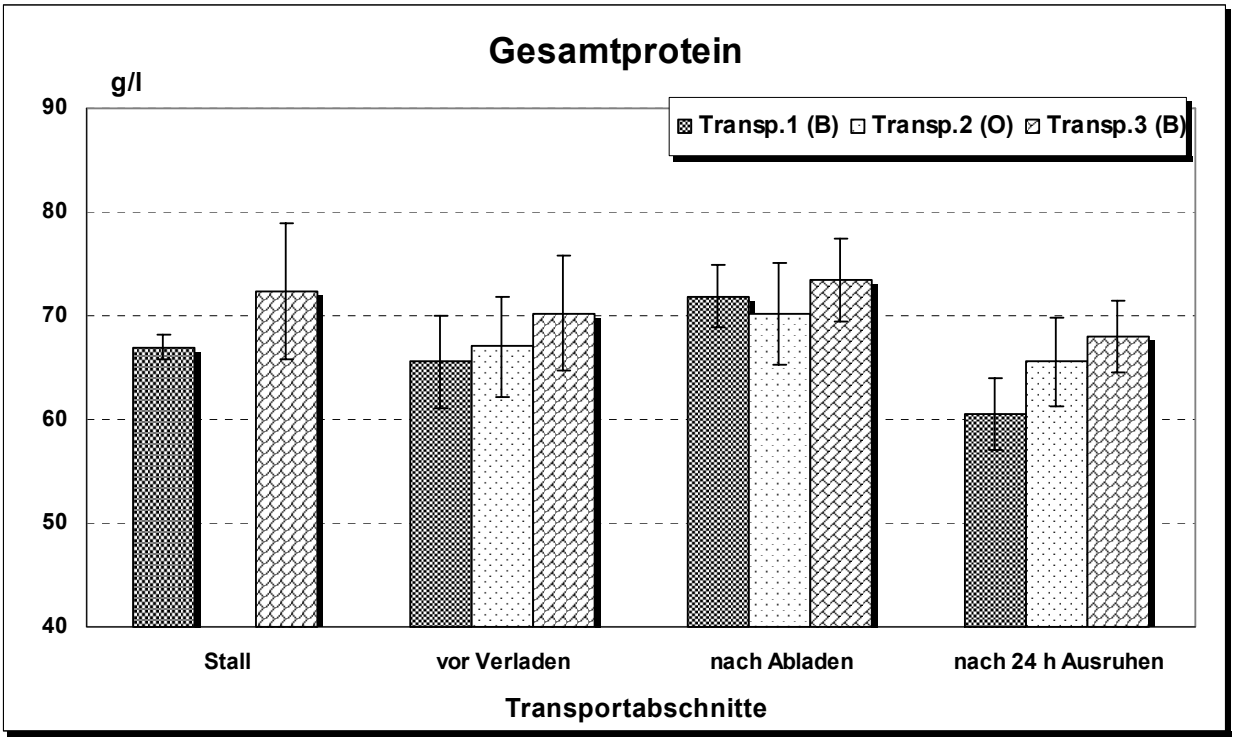
Abb. 3.20: Mittelwerte und Standardabweichungen der Plasmagehalte an Gesamtprotein von Rindern in einzelnen Fahrtabschnitten beider Spanientransporte

Während beim ersten Transport erst zur zweiten Pause ein deutlicher Anstieg des GE stattfindet, wird beim zweiten Transport ein sprunghafter Anstieg im zweiten Fahrtabschnitt beobachtet. Die Ursache dafür liegt vermutlich darin begründet, dass die beiden holländischen LKW des zweiten Transports mit Nippeltränken ausgestattet waren, die von den Färsen kaum angenommen wurden, so dass den Tiere in den Pausen Wasser in Schalen bereitgestellt werden musste. Im weiteren Verlauf bleiben die Werte auf einem leicht erhöhten Niveau gegenüber Transport eins, um erst im Stall wieder abzusinken. Im Vergleich zum Ausgangswert sind die GE-Konzentrationen im Plasma während der zweiten Hälfte der Transporte erhöht, was

auf eine Minderversorgung mit Wasser schließen lässt, die Werte verlassen aber auch in diesen Zeitabschnitten nicht den physiologischen Normbereich von 60 bis 80 g/l.
Ab der zweiten Pause (in Frankreich) waren die Tiere des ersten Spanientransportes (Anfang September) höheren Umgebungstemperaturen (im Durchschnitt etwa 5 °C) ausgesetzt als die Tiere des zweiten Spanientransports (Ende Oktober). Dies kann eine Ursache für den ansteigenden GE-Spiegel sein.

SI Ähnlich der Spanientransporte findet auch bei den drei Slowenientransporten (Abbildung 3.21) ein Anstieg der Gesamtproteinkonzentration im Verlauf des Transports statt. Vor dem Verladen liegen die Werte zwischen 65,6 und 70,3 g/l; nach dem Abladen steigen sie auf 70,2 bis 73,4 g/l an. Während der Ruhephase sinkt die GE-Plasmakonzentration wieder leicht ab (60,5 bis 67,9 g/l). Während des gesamten Untersuchungszeitraums verlassen die GE-Befunde die physiologischen Grenzen nicht. Trotz dieser scheinbar nur leichten An- und Abstiege der Werte während des Transportverlaufs, lassen sich im statistischen Modell einige signifikante Einflüsse nachweisen. So hat auf den gemittelten GE-Wert des gesamten Transports die Tiergruppe (LKW) mit $p < 0{,}005$, die Position der Tiere im Fahrzeug ($p < 0{,}05$) und die Interaktion aus Geschlecht und Position im Fahrzeug ($p < 0{,}05$) einen signifikanten Einfluss. Die Interaktion aus Geschlecht und Position gibt einen geschlechtsabhängigen Einfluss auf die Reaktion der Tiere in Bezug auf ihren Standort im Fahrzeug an. Die Plasmakonzentration des GE direkt vor der Verladung wird stark durch die Variable „LKW“ (Tiergruppe) beeinflusst ($p < 0{,}0005$). Auch direkt nach dem Abladen der Tiere ($p < 0{,}05$) und nach der Ruhephase ($p < 0{,}0005$) liegt ein signifikanter Einfluss der Variablen „LKW“ auf den Gesamtproteingehalt des Blutplasmas vor. Demnach scheint die Zusammensetzung der Tiergruppe einen Einfluss auf die Wasserabgabe, bzw. auch die Wasseraufnahme der Tiere zu haben.
Nach Abladen der Tiere und nach der 24-stündigen Ruhephase liegt ein signifikanter Einfluss ($p < 0{,}05$) der Position der Tiere im Fahrzeug vor. Über den gesamten Untersuchungszeitraum und nach Abladen der Tiere unterscheidet sich Bucht 3 (unten vorne) signifikant von Bucht 1 (oben vorne), wobei die Tiere aus Bucht 3 einen deut-

lich höheren Gehalt an Gesamteiweiß im Plasma haben (70,3 g/l) als die Tiere aus Bucht 1 (66,7 g/l). Auch nach der Ruhephase haben diese Tiere noch die höchsten Gesamteiweiß Werte (67,0 g/l), unterscheiden sich nun aber signifikant ($p < 0,05$) von den Tieren, die den Transport in Bucht 2 (64,0 g/l) und 4 (63,5 g/l) verbracht haben.

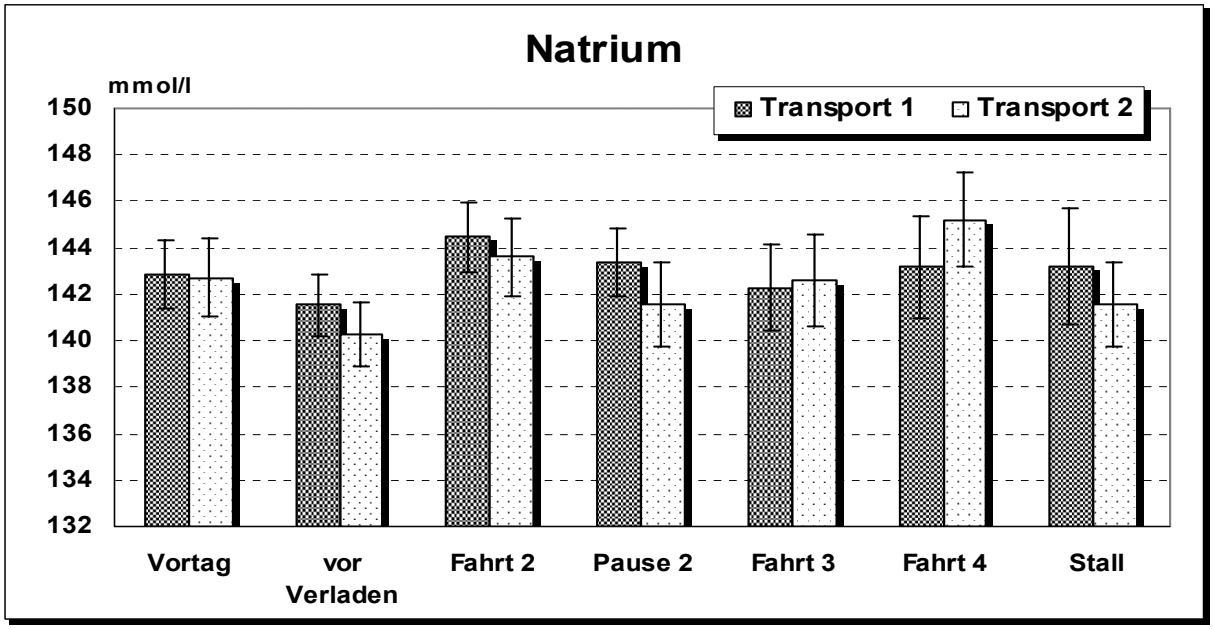


	GE m	GE 2	GE 3	GE 4
n	63	78	64	77
Sex				
LKW (sex)	**	***	*	***
Gew. 1				
Dichte				
Posit.	*		*	*

Abb. 3.21: Mittelwerte und Standardabweichungen der Gesamteiweiß Plasmakonzentration der Tiere in einzelnen Fahrtabschnitten (Slowenientransporte)

3.2.8.2 Natrium

Es Das extrazelluläre Kation Natrium bestimmt im Wesentlichen die Serumosmolalität und damit das intrazelluläre Flüssigkeitsvolumen. Bei vermehrter Wasserabgabe bei gleichzeitigem Sistieren der Wasseraufnahme ist eine hypertone Dehydration die Folge, bei der der Na^+-Spiegel erhöht ist. Der Normbereich liegt bei 135 bis 145 mmol/l.



n	48	48	45	46	46	46	45
Tour		**	**	***		**	***
Dichte							*
Ruhe	***		***	**	**	***	*

Abb.3.22: Mittelwerte und Standardabweichungen der Plasma-Natriumgehalte von Färsen in einzelnen Fahrtabschnitten beider Spanientransporte.

Beim Spanientransport werden die höchsten Plasmaspiegel an Natrium am Ende von Fahrt 2 und Fahrt 4 beobachtet (Abbildung 3.22).

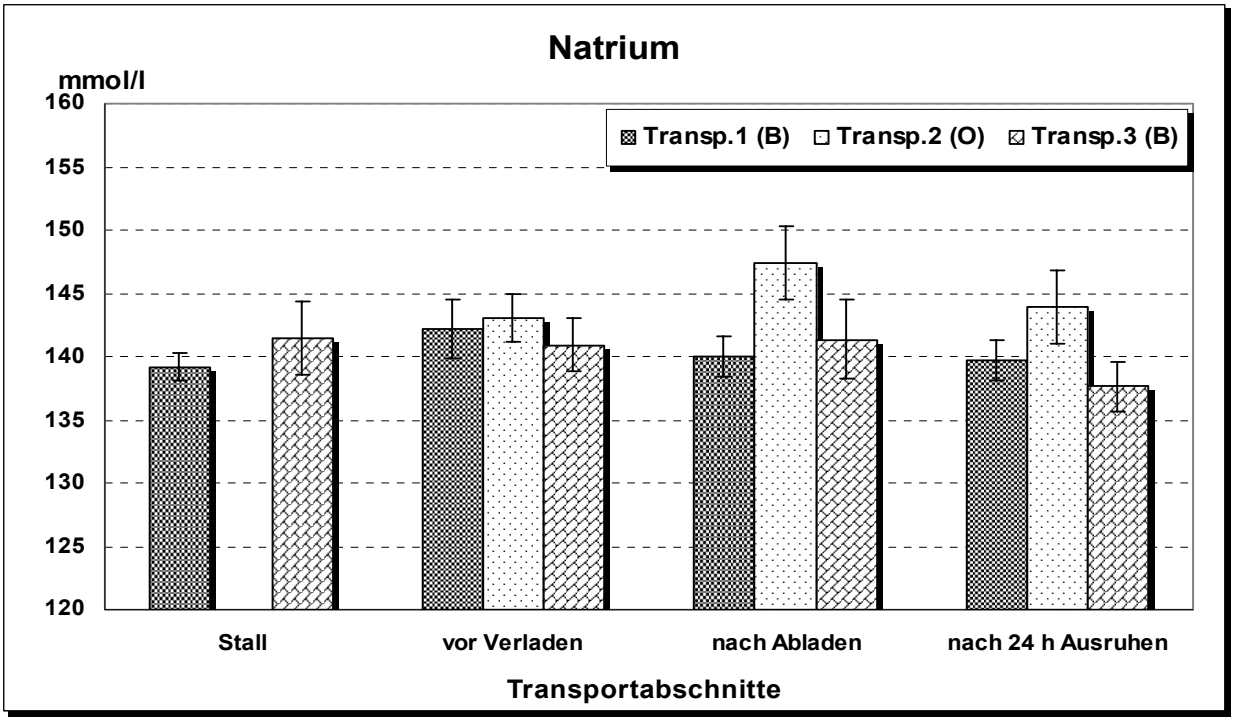
Die physiologische Obergrenze für Natrium wird nur von Tieren der zweiten Spanienfahrt (Ende Oktober) überschritten, die auf die manuelle Wasserversorgung (siehe auch Abb. 3.23) während der Pausen angewiesen waren. Dadurch zeigen diese Ergebnisse einen scheinbaren Einfluss der Fahrt- und Pausenregelung, sowie eine scheinbar negative Korrelation des Natriumspiegels zur Umgebungstemperatur, wel-

che beim ersten Spanientransport (Anfang September) deutlich höher (im Durchschnitt etwa 5 °C) war.

In der Varianzanalyse zeigt sich, dass die Dauer des Transports einen überwiegenden Einfluss auf den Verlauf der Natriumkonzentration im Blutplasma der Tiere nimmt. Hinsichtlich der Ladedichte lässt sich ein absicherbarer Einfluss nur beim ersten Spanientransport nachweisen, wobei die Natriumwerte bei den Tieren etwas höher liegen, die in dem Fahrzeug mit der höheren Ladedichte transportiert wurden.

Abb. 3.23 : manuelles Tränken während der Pause für die Färsen des zweiten Spanientransports

SI Abbildung 3.24 zeigt den Verlauf der Plasmakonzentration des Natriums während der drei Slowenientransporte. Zum Zeitpunkt der Verladung liegen die Werte noch relativ dicht beieinander (140,9, 142,2 und 143,0 mmol/l). Während beim ersten Transport ein geringer Abfall der Natriumkonzentration und bei der dritten Sloweniefahrt ein geringer Anstieg des Natriumwerts zu beobachten ist, wird bei dem Transport der Weideochsen ein deutlicher Anstieg des Natriumspiegles im Blutplasma der Tiere nach dem Abladen augenfällig. Dieser „Peak“ am Ende des Transportes liegt mit seinem Mittelwert von 147,4 mmol/l oberhalb des physiologischen Bereichs und gibt somit erste Anzeichen für eine mögliche Hämokonzentration.



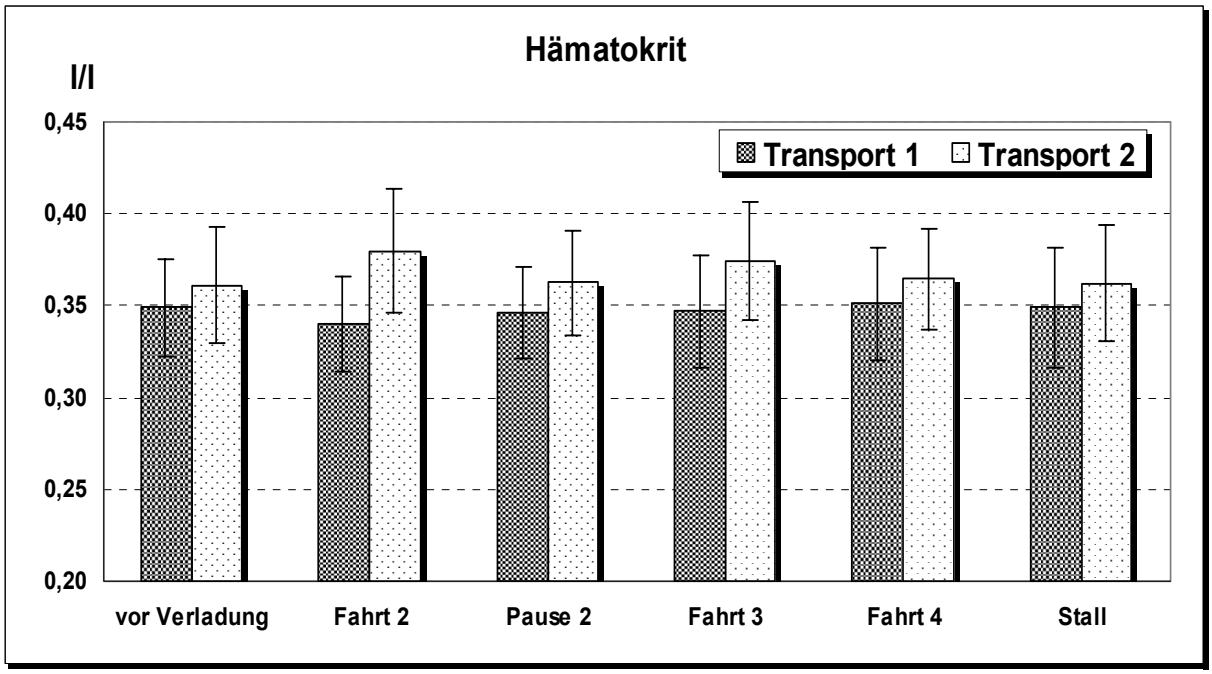
	Na m	Na 2	Na 3	Na 4
n	63	78	64	77
Sex	***		***	**
LKW (sex)				*
Gew. 1				
Dichte				
Posit.	*			*

Abb. 3.24: Mittelwerte und Standardabweichungen der Natriumkonzentration im Plasma der Tiere in einzelnen Fahrtabschnitten (Slowenientransporte)

Nach der 24-stündigen Pause sind die Natriumwerte bei den Tieren des ersten Transports kaum, bei denen des zweiten und dritten Transports deutlich abgesunken. Die Werte der Weideochsen sind zwar noch auffällig hoch, befinden sich aber bis auf einzelne Ausnahmen wieder im physiologischen Bereich.
Auf die über den gesamten Untersuchungszeitraum gemittelten Natriumwerte, sowie auf die Natriumkonzentration nach Abladen der Tiere und nach der Ruhepause, hat das Geschlecht einen signifikanten Einfluss. Ein Einfluss ($p< 0,05$) lässt sich auch für die Variable LKW nach der 24-stündigen Pause nachweisen.
Für den gemittelten Natriumwert über den gesamten Transport liegt ein signifikanter Einfluss ($p< 0,05$) durch die Position, der Tiere im Fahrzeug vor. Dabei ist die Plasmakonzentration des Natriums bei den Tieren, die in der Bucht unten vorne (Bucht 3) transportiert wurden um etwa 1,5 mmol/l höher, als die der Tiere, die sich oben befanden (Bucht 1 und 2). Auch nach der Ruhephase liegt die Natriumkonzentration der Tiere aus Bucht 3 am höchsten (141,8 mmol/l); signifikant unterscheidet sich dieser Wert aber nur von den Tieren, die vorne oben standen (139,9 mmol/l).

3.2.8.3 Hämatokrit

Der Hämatokrit (HTK) gibt Auskunft über den Anteil der zellulären Bestandteile an der Blutflüssigkeit und somit über den Hydratationsstatus des Organismus. Der physiologische Bereich für Rinder liegt bei 0,25 bis 0,35 l/l.



n	45	42	45	40	44	43
Tour	*	***	***	***	**	**
Dichte		*	*	*	*	
Ruhe		*		*		

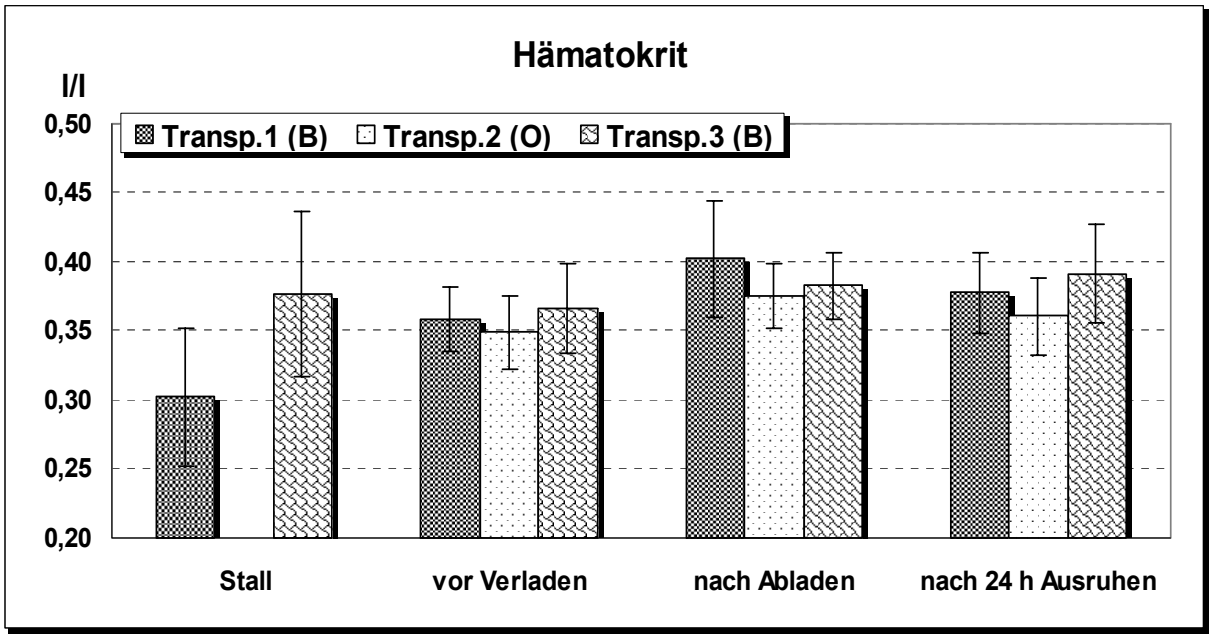
Abb. 3.25: Mittelwerte und Standardabweichungen des Hämatokrits der Rindern in einzelnen Fahrtabschnitten beider Versuchsfahrten (Spanien).

Es Bei der ersten Spanienfahrt ändert sich der Hämatokrit kaum und schwankt im Mittel zwischen 0,34 und 0,35 l/l. Beim zweiten Spanientransport liegt der HTK an allen Messpunkten höher, im Mittel zwischen 0,36 und 0,38 l/l und damit teilweise oberhalb der physiologischen Obergrenze. Der höchste Wert wird nach Fahrt 2 (Transport 2), analog dem Anstieg des Gesamteiweißes in dieser Transportphase

beobachtet. Veränderungen im Transportverlauf sind insgesamt gering (Abbildung 3.25).

Höhere Ladedichten (LKW 1 und LKW 3; im Mittel 2,00 m²/Tier) scheinen bei den Färsen zu einem niedrigeren HTK zu führen. Im Mittel lag der HTK um 0,007 l/l ($p < 0,005$) höher bei den Tieren, die in Fahrzeugen mit geringer Besatzdichte (LKW 2 und LKW 4; im Mittel 1,67 m²/ Tier) transportiert worden waren.

SI Bei den Bullen und Ochsen der Slowenientransporte (Abbildung 3.26) steigt bei allen drei Transporten der Hämatokrit von der zweiten Blutentnahme (vor Verladung) zur dritten (nach Abladen) stark an. Auch 24 Stunden nach dem Transport werden die Werte, wie sie vor der Verladung waren, noch nicht wieder erreicht.



	HTK m	HTK 2	HTK 3	HTK 4
n	57	70	61	75
Sex	*			
LKW (sex)	**	**		*
Gew. 1				
Dichte				

Abb. 3.26: Mittelwerte und Standardabweichungen des Hämatokrits der Tiere in einzelnen Fahrtabschnitten (Slowenientransporte)

Am deutlichsten fällt der Anstieg beim Transport vom September 2000 (erster Slowenientransport) aus, bei dem der HTK von 0,36 l/l auf 0,40 l/l zunimmt und nach dem Ausruhen auf 0,38 l/l zurückgeht. Beim zweiten Transport ergibt sich ein ähnliches Bild auf insgesamt niedrigerem Niveau (0,35 vor, 0,38 nach Transport, 0,36 l/l nach 24 h Ruhepause). Anders stellt sich der HTK beim dritten Transport (Januar 2001) dar, der von 0,37 l/l (vor Verladung) über 0,38 l/l auf 0,39 l/l (nach 24 h Ruhepause) zunimmt. Die Ruhepause bewirkt also nicht automatisch einen Rückgang des HTK. Dies hängt offenbar von dem Wasserangebot und der Wasseraufnahme durch die Tiere ab.

Die statistische Auswertung lässt erkennen, dass der HTK-Mittelwert über den gesamten Transport hinweg signifikant durch das Geschlecht der Tiere ($p < 0,05$) beeinflusst wird. Ein rechnerischer Einfluss ($p < 0,005$) ist auch durch die Variable LKW (Tiergruppe) nachzuweisen. Nach der Ruhepause kann statistisch nur noch ein geringer Einfluss ($p < 0,05$) der Größe LKW auf den HTK nachgewiesen werden.

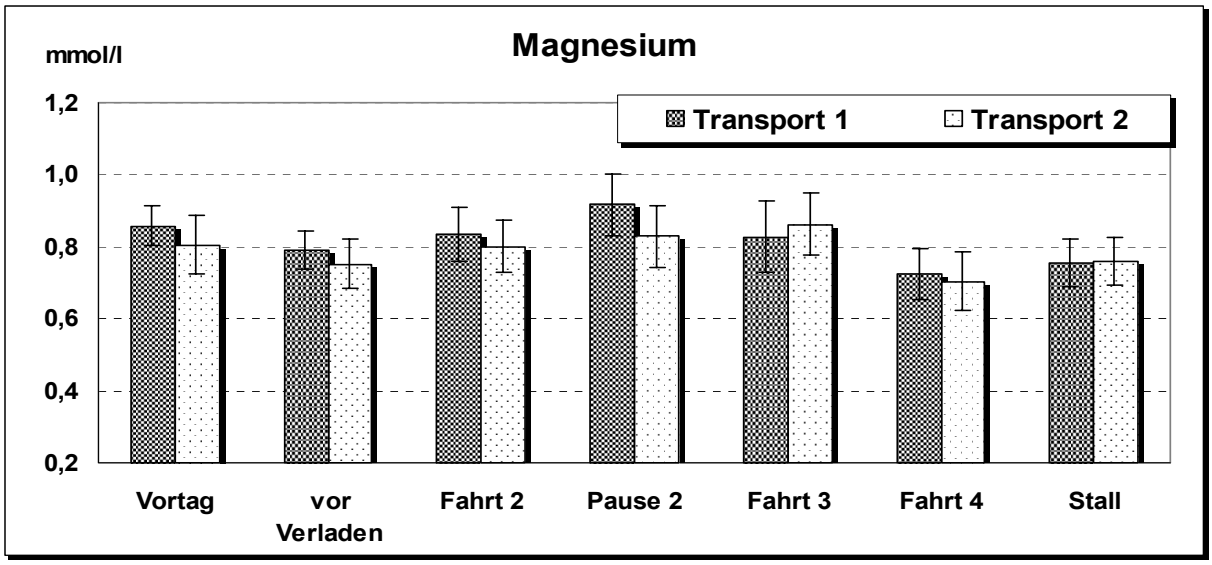
Insgesamt zeigt der HTK, ähnlich wie Gesamtprotein, eine erhöhte Wasserabgabe der Tiere beim Transport an, die durch die Wasseraufnahme während der Fahrt nicht ausgeglichen werden konnte. Dies kann an der ungewohnten Fahrsituation liegen, die das Trinken erschwert, es können aber auch technische Gründe vorliegen, wie mangelnde Zugänglichkeit der Tränke, wenn andere Tiere der Gruppe vor der Tränke stehen oder eine unzureichende Gewöhnung der Tiere an das Tränkesystem.

.

3.2.9 Magnesium

Als kritische untere Grenze wird beim Magnesium 0,7 mmol/l im Blutplasma angesehen. Wird dieser Wert unterschritten, besteht die Gefahr, dass die Tiere Symptome von Transport- oder Weidetetanie zeigen können.

Es Bei den Spanientransporten (Abbildung 3.27) liegt der Mittelwert von Transport 1 bei 0,82 mmol/l bei Transport 2 bei 0,79 mmol/l. Einzelne Tiere beider Transporte erreichen jedoch im Verlauf des Transports deutlich niedrigere Werte (bis zu 0,55 mmol/l). Klinische Symptome von Tetanie wurden aber bei keinem der Tiere beobachtet.



n	48	48	45	46	46	46	45
Tour	***	***			**	***	*
Dichte							
Ruhe	*			*	***	*	***

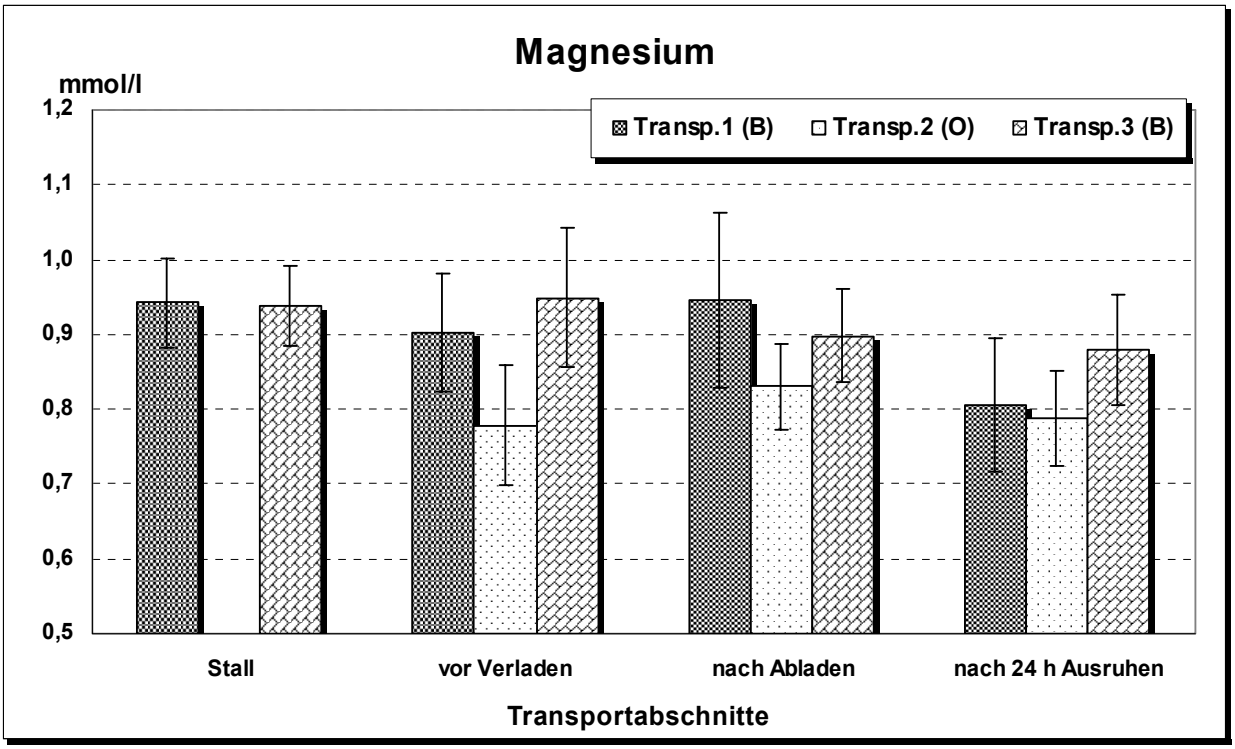
Abb. 3.27: Mittelwerte und Standardabweichungen der Magnesiumkonzentration der Rindern in einzelnen Fahrtabschnitten beider Versuchsfahrten (Spanien).

Die während der Fahrt ansteigenden Mg-Konzentrationen sind vermutlich auf endogen Ursachen zurückzuführen, da unter Praxisbedingungen große Schwankungen in der Magnesiumkonzentration des Blutplasmas anzutreffen sind. Im Normalfall ist die mit dem Futter aufgenommene Menge an Magnesium immer reichlich, allerdings kann unter bestimmten Bedingungen die Verfügbarkeit derart absinken, dass Mag-

nesium nur in unzureichenden Mengen aus dem Verdauungstrakt resorbiert wird. Die längere Belastung mit zunehmender Transportdauer scheint so ein Absinken des Magnesiumgehalts nach sich zu ziehen (Fahrt 4). Die Befunde zeigen auch, dass das Ausgangsniveau an Magnesium (Vortag) bei den Tieren unterschiedlich sein kann. Diese Unterschiede können sowohl individuell bedingt sein, als auch auf einer unterschiedlichen Fütterung im Herkunftsstall beruhen, so dass zur Begrenzung des Risikos einer Transporttetanie auf eine entsprechende Magnesiumversorgung der Tiere vor und während des Transports zu achten ist.
Die statistische Datenbearbeitung zeigt einen Einfluss der Fahrt- und Pausenregelung auf die Mg-Konzentration. Beim zweiten Transport verlängert sich zwar die Gesamtdauer des Transports, jedoch stehen dadurch den Tieren auch längere Pausen zur Verfügung. Dies scheint einen Anstieg der Magnesiumkonzentration im Blutplasma zu begünstigen (Pause 2, Fahrt 3 des 2. Transports).
Offenbar hat auch der Standort im Fahrzeug einen erheblichen Einfluss. So weisen die Tiere in den Gruppen des Oberdecks insgesamt niedrigere Mg-Werte auf als die Tiere im Unterdeck. Möglicherweise erschweren die Fahrzeugbewegungen mit der größeren Auslenkung auf etwa 4 Metern Höhe im Oberdeck die Futter- und Wasseraufnahme, bzw. wirken die Auslenkungen, Beschleunigungs- und Bremsvorgänge selbst als größere Belastung auf die Tiere ein.
Demgegenüber hat die Ladedichte offenbar keinen Einfluss auf die Magnesiumgehalte.

SI Die Magnesiumkonzentrationen im Plasma der Tiere, die nach Slowenien transportiert wurden (Abbildung 3.28), verlaufen uneinheitlich. Bei den Bullen des ersten Transports und den Weideochsen (Transport 2) ist die Magnesiumkonzentration direkt nach dem Transport höher als direkt vor der Verladung. Bei den Tieren des dritten Transports tritt in diesem Zeitraum ein leichter Abfall des Magnesiumgehalts im Plasma auf. 24 Stunden nach dem Transport (Ausruhphase) liegen bei den Bullen die Konzentrationen deutlich niedriger als vor dem Verladen und nach dem Abladen. Bei den Ochsen (2. Transports), bei denen die Mg- Konzentrationen ohne-

hin nur geringfügig schwankten, wird nach der Ausruhphase fast wieder der Ausgangswert erreicht.
Auffällig ist, dass die Werte der Weideochsen während der gesamten Untersuchungsdauer deutlich niedriger sind als die der anderen Tiere.



	Mg m	Mg 2	Mg 3	Mg 4
n	63	78	64	77
Sex	*	**		
LKW (sex)	*	**		
Gew. 1				
Dichte				*
Position	*		*	
THI m	*			

Abb. 3.28: Mittelwerte und Standardabweichungen von Magnesium im Blutplasma der Tiere in einzelnen Fahrtabschnitten (Slowenientransporte)

Bis auf wenige Einzeltiere wird in keinem der drei Transporte die physiologische Untergrenze unterschritten. Bei der statistischen Auswertung der Daten zeigt sich bezüglich des gemittelten Magnesiumwerts über den gesamten Transport, dass sowohl das Geschlecht der Tiere, die Tiergruppe (LKW) als auch die klimatischen Gesamt-

bedinungen einen signifikanten Einfluss ($p < 0,05$) auf diesen Wert haben. Zum Zeitpunkt direkt vor der Verladung ist für die Tiergruppe (LKW) und das Geschlecht der Tiere ein deutlicher Einfluss auf den Magnesiumgehalt zu diesem Zeitpunkt nachweisbar ($p < 0,005$). Direkt im Anschluss an den Transport lassen sich keine signifikanten Aussagen ermitteln. Erst nach der 24-stündigen Ruhepause zeigt sich ein signifikanter Einfluss ($p < 0,05$) der Ladedichte auf den Magnesiumgehalt. Hierbei liegt der Magnesiumspiegel bei den Tieren höher, die bei einer niedrigeren Ladedichte transportiert worden waren.

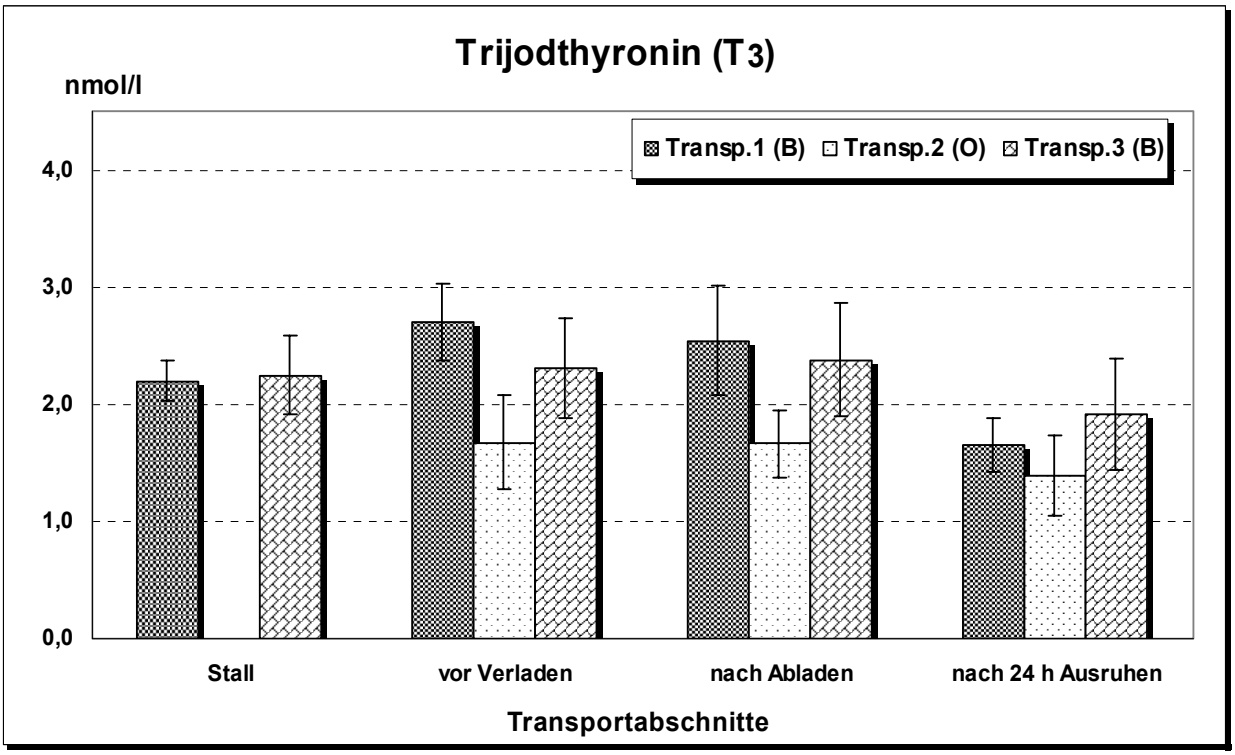
Die Position der Tiere im Fahrzeug zeigt nach dem Abladen und über den gesamten Transportverlauf einen signifikanten Einfluss ($p < 0,05$) auf den Magnesiumgehalt im Plasma der Tiere. Die Tiere, die vorne oben transportiert wurden, haben jeweils die deutlich niedrigsten Werte, die aus Bucht 3 die höchste Magnesiumkonzentration im Blutplasma.

3.2.10 Schilddrüsenhormone

3.2.10.1 Trijodthyronin (T_3)

Es Es fand keine Bestimmung des Gehalts an Schilddrüsenhormonen bei den Proben der Spanientransporte statt.

Sl Abbildung 3.29 zeigt den Verlauf der T_3-Konzentrationen bei den drei Slowenientransporten.



	T3 m	T3 2	T3 3	T3 4
n	61	77	62	77
Sex				*
LKW (sex)		***		***
Gew. 1				
Dichte				
Posit.			*	
(posit. x sex)				*

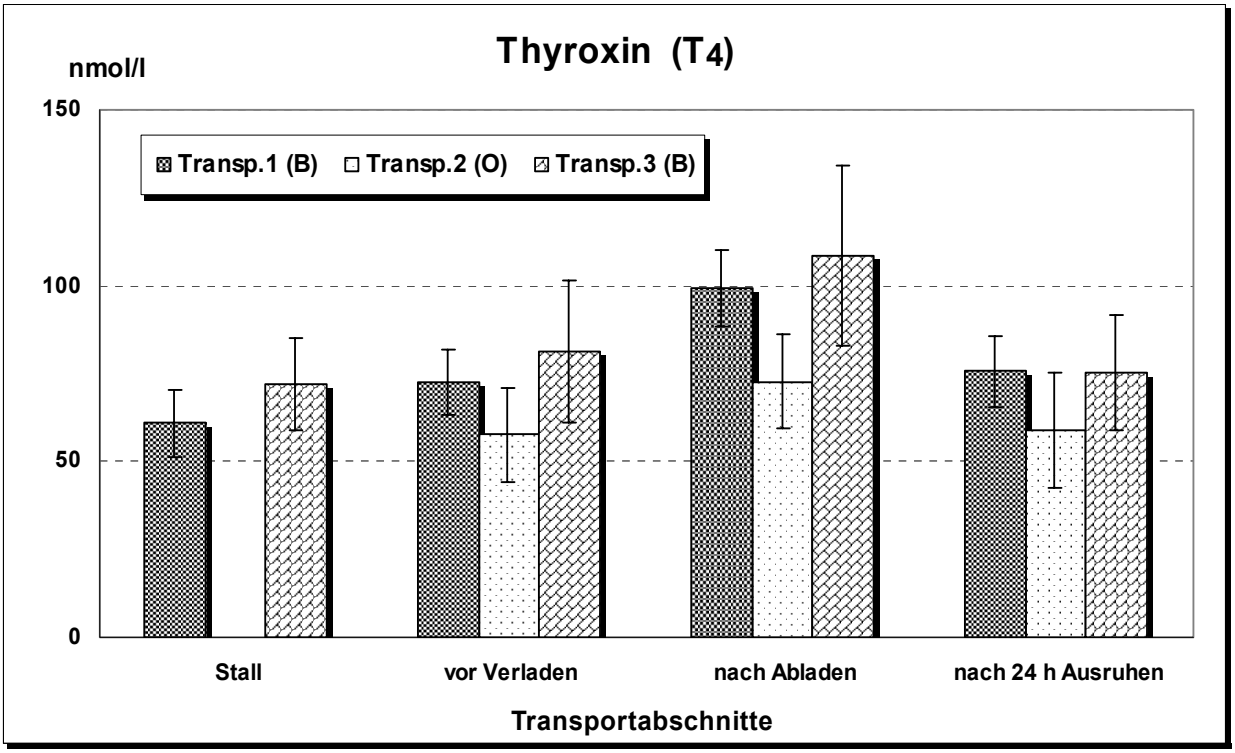
Abb. 3.29: Mittelwerte und Standardabweichungen der Trijodthyroninplasmakonzentration der Tiere in einzelnen Fahrtabschnitten (Slowenientransporte)

Auffällig ist hier, dass die Weideochsen (Transport 2) zu allen Untersuchungszeitpunkten die niedrigsten T_3-Spiegel aufweisen, und diese nur geringfügigen Schwankungen unterliegen (1,7 nmol/l vor Verladen und nach Abladen; 1,4 nmol/l nach 24-stündiger Pause). Bei den Tieren des dritten Transports bleibt der T_3-Spiegel vor und nach dem Transport ebenfalls in etwa auf gleichem Niveau (2,3 bzw. 2,4 nmol/l), um während der Ruhephase auf 1,9 nmol/l abzusinken. Die Bullen des ersten Transports zeigen vor der Verladung die höchsten mittleren Hormonwerte (2,7 nmol/l), um während des Transports leicht abzusinken (2,5 nmol/l). Nach der Ruhephase beträgt der T_3-Spiegel nur noch 1,7 nmol/l.

Die statistische Auswertung lässt höchstsignifikante Unterschiede in der T_3-Plasmakonzentration zwischen den Tiergruppen (LKW) vor der Verladung erkennen. Während der Fahrt änderen sich die T_3-Konzentrationen nur wenig. Erst eine Ausruhphase von 24 Stunden führt zum Absinken von T_3 etwa um 39% (Transport 1) und 17% (Transport 2 und 3) gegenüber den Werten vor der Verladung. Sie liegen (nur bei Transport 1 und 3 bekannt) auch noch unter den T_3-Konzentrationen aus der Blutentnahme im Stall.

Auch die Position der Tiere im Fahrzeug hat einen Einfluss auf dieT_3-Konzentration. Die Tiere, die in Bucht 2 (hinten oben) transportiert wurden, haben nach der Fahrt die niedrigsten T_3-Werte, die Tiere, die vorne unten im Fahrzeug standen die höchsten. Nach der Ausruhphase ist rechnerisch neben dem Einfluss der Tiergruppe ($p< 0,0005$) auf die T_3-Konzentrationen auch ein signifikanter Einfluss ($p<0,05$) des Geschlechts der Tiere und ein nachwirkender Einfluss der Interaktion aus Geschlecht und dem Standort der Tiere im Fahrzeug während des Transports nachweisbar.

3.2.10.2 Thyroxin (T_4)



	T3 m	T3 2	T3 3	T3 4
n	61	77	62	77
Sex				*
LKW (sex)				
Gew. 1				
Dichte				
Posit.				
(posit. x sex)				*

Abb. 3.30: Mittelwerte und Standardabweichungen der Thyroxinplasmakonzentration der Tiere in einzelnen Fahrtabschnitten (Slowenientransporte)

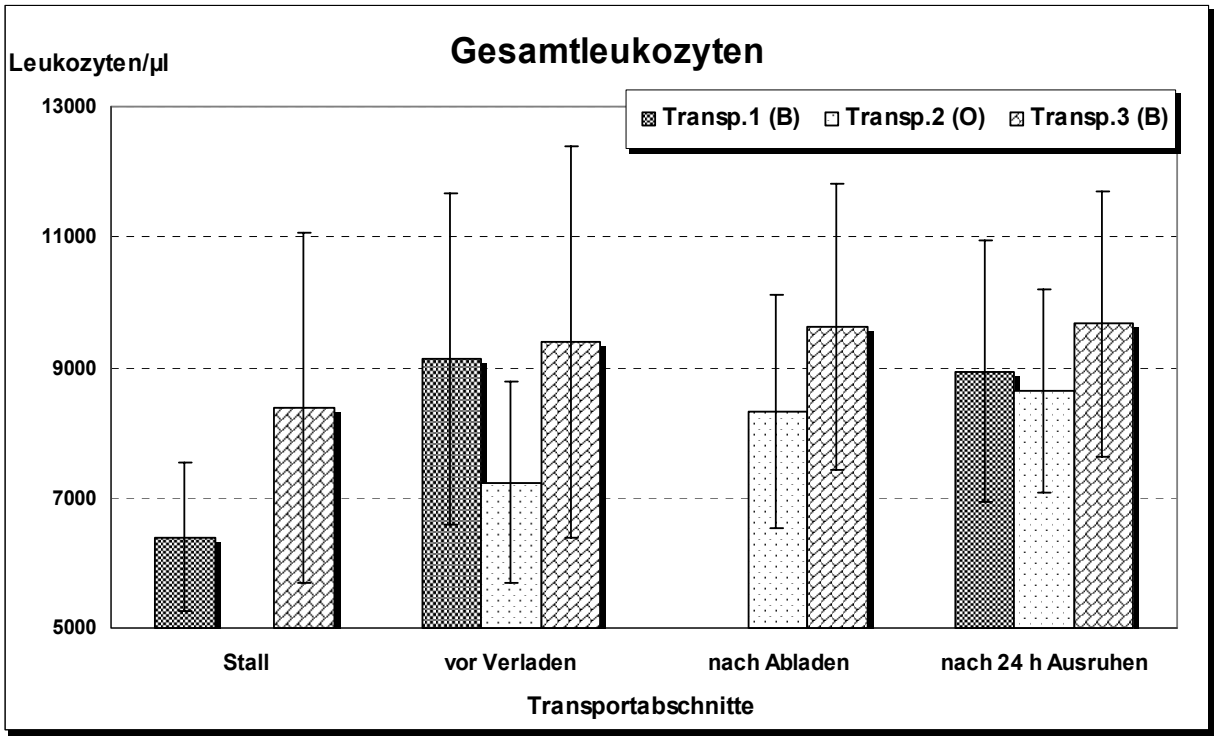
SI Abbildung 3.30 zeigt den Verlauf des Thyroxingehalts der Schlachttiere während der Transporte nach Slowenien. Bei allen drei Tiergruppen kommt es zu einem Anstieg der T_4-Konzentration im Verlauf des Transports. Die Höchstwerte (zwischen 72,8 und 108,5 nmol/l direkt nach Abladen der Tiere) fallen während der Ruhephase wieder ab, um ein ähnliches Niveau wie vor der Verladung zu erreichen (58,9 bis 75,6 nmol/l).

Die Weideochsen zeigen über den gesamten Untersuchungszeitraum die niedrigsten Thyroxinwerte.
Signifikante Einflüsse sind rechnerisch nur für den Zeitpunkt nach der 24-stündigen Ruhepause nachweisbar, wobei sowohl das Geschlecht der Tiere als auch die Interaktion aus Geschlecht und Standort im Fahrzeug die T_4-Konzentration im Blutplasma beeinflussen ($p < 0,05$).

3.2.11 Immunologie

3.2.11.1 Gesamtleukozyten

SI Immunologische Untersuchungen wurden nur bei den Tieren der Slowenientransporte durchgeführt. Abbildung 3.31 stellt den Gehalt aller Leukozyten im Blut der Tiere der Slowenientransporte dar. Bei adulten Rindern weist das weiße Blutbild etwa 8000 bis 10.000 Leukozyten pro µl Blut auf, wobei ab Werten unter 5000 Leukozyten pro µl von einer Leukozytopenie zu sprechen ist.



	Leukos m	Leukos 2	Leukos 3	Leukos 4
n	52	71	54	74
Sex				
LKW (sex)				
Gew. 1				
Dichte				
THI m		*		

Abb. 3.31: Mittelwerte und Standardabweichungen der Gesamtzahl der weißen Blutkörperchen der Tiere in einzelnen Fahrtabschnitten (Slowenientransporte)

Die Gesamtzahl der weißen Blutkörperchen unterliegt üblicherweise von Tag zu Tag erheblichen Schwankungen, sowie jahreszeitlichen und haltungsbedingten Unter-

schieden. Dies kommt auch in der relativ hohen Standardabweichung zum Ausdruck, die die individuellen Schwankungen von Tier zu Tier widerspiegeln. Dies ist auch ein Grund dafür, dass sich anhand des statistischen Modells keine sinnvollen Aussagen treffen lassen.

Die Mittelwerte der Gesamtzahl der Leukozyten liegen zwar im physiologischen Bereich, einige Werte von Einzeltieren überschreiten jedoch obere physiologische Grenze von 10.000 Leukozyten/µl Blut.

Ein Anstieg der Gesamtleukozyten ist häufig im Zusammenhang mit alltäglichen Stresssituationen anzutreffen, hervorgerufen durch eine Mobilisierung marginaler Granulozyten-Pools und einer Bluteindickung infolge erhöhten Blutdrucks und verstärkter Filtration von Plasmaflüssigkeit in Kapillargebieten. Eine derartige Stresssituation kann sich beispielsweise durch Be- und Entladevorgänge ergeben.

Bei den Tieren des ersten Slowenientransports wurde nach dem Abladen der Tiere kein EDTA–Blut entnommen, so dass eine Untersuchung des weißen Blutbilds für diesen Zeitpunkt nicht möglich war. Die Werte vor dem Verladen und nach der Ausruhphase liegen auf etwa dem selben Niveau (um 9100 bzw. 8900 Leukozyten/µl); dagegen fallen die Ruhewerte vom Vortag im Herkunftstall der Tiere deutlich niedriger aus (in etwa 6400 Leukozyten pro µl), wobei zu bedenken gilt, dass nur 5 Tiere am Vortag untersucht wurden. Allerdings ist der Durchschnittswert jener fünf Tiere zum Zeitpunkt nach der 24-stündigen Ruhephase in Koper deutlich auf 9700 Leukozyten/µl angestiegen.

Bei den Weideochsen des zweiten Transports nach Slowenien steigt die Anzahl der weißen Blutkörperchen leicht und kontinuierlich zum jeweils folgenden Blutentnahmezeitpunkt (von 7238 über 8319 auf 8638 Leukozyten/µl).

Bei den Tieren des dritten Transports ist ein leichter Ansteig nach dem Abladen festzustellen; dieser Wert verändert sich nach der Ruhephase nicht nennenswert.

Die statistische Auswertung zeigt nur für den Zeitpunkt vor der Verladung einen signifikanten Einfluss ($p < 0,05$) der klimatischen Gesamtbedingungen auf. Wie aber bereits erwähnt, liegt hier die Problematik der starken Schwankung der Einzeltierdaten vor.

3.2.11.2 Differentialblutbild

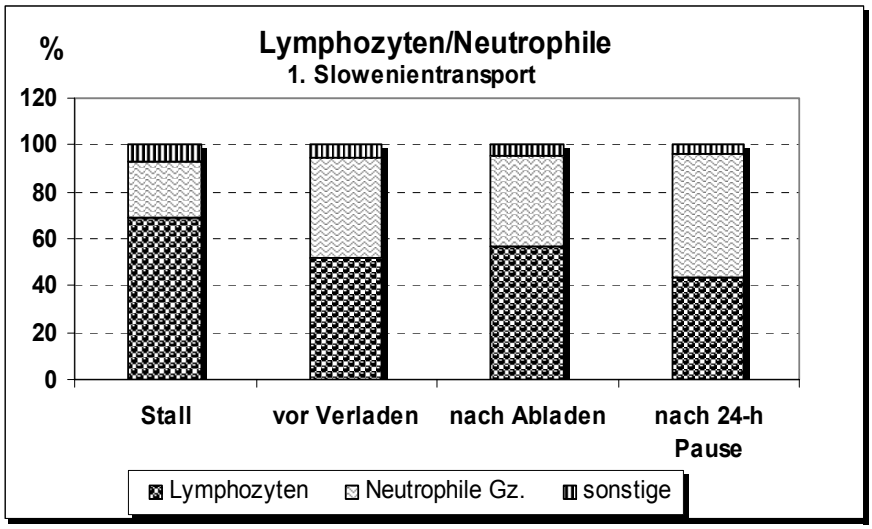


Abb. 3.32: Darstellung der prozentualen Verteilung der Lymphozyten / neutr. Granulozyten während der einzelnen Untersuchungszeitpunkte des ersten Slowenientransport

Transp. 1	Stall MW (Stabw.)	vor Verl. MW (Stabw.)	nach Abl. MW (Stabw.)	nach 24-h MW (Stabw.)
Lymphoz.	69,3 (7,2)	52,2 (12,9)	56,6 (14,2)	43,5 (9,8)
neutroph. Gz.	23,9 (7,3)	41,9 (13,7)	38,6 (13,3)	52,8 (10,1)

Tab. 3.3 : Mittelwerte (MW) und Standardabweichung (Stabw.) der Lymphozyten (Lymphoz.) und segmentkernigen neutrophilen Granulozyten (neutroph. Gz.) des ersten Slowenientransports

Die Abbildungen 3.32 bis 3.34 zeigen die Verschiebungen der Fraktionen Leukozyten und neutrophilen Granulozyten während der einzelnen Transportabschnitte. Die entsprechenden Mittelwerte und Standardabweichungen sind den Tabellen 3.3 bis 3.5 zu entnehmen. Bei dem ersten und dritten Slowenientransport ist zu erkennen, dass der Anteil der Lymphozyten im Verlaufe des Transports mit kleinen Schwankungen deutlich abnimmt. Besonders ausgeprägt ist dies beim ersten Slowenientransport, bei dem der Lymphozytenanteil nach der 24-stündigen Ruhephase um etwa 25% niedriger liegt als drei Tage zuvor im Heimatstall. Damit liegen die prozentualen Werte für die Lymphozyten zu Beginn des Transports im Bereich der physiologi-

schen Obergrenze (45-65%), nach der Ruhephase liegen sie im unteren Grenzbereich.

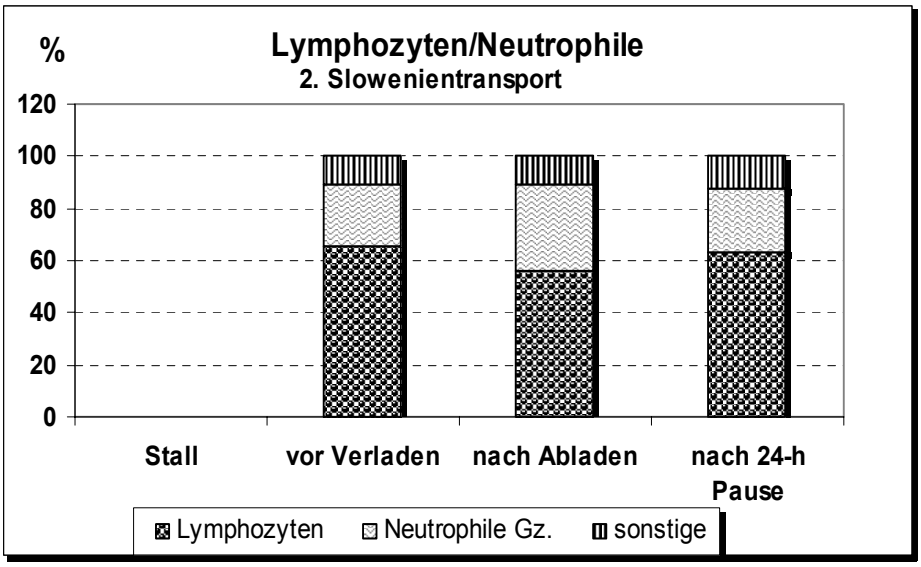


Abb. 3.33: Darstellung der prozentualen Verteilung der Lymphozyten / neutr. Granulozyten während der einzelnen Untersuchungszeitpunkte des zweiten Slowenientransport

Transp. 2	Stall MW (Stabw.)	vor Verl. MW (Stabw.)	nach Abl. MW (Stabw.)	nach 24-h MW (Stabw.)
Lymphoz.		65,3 (8,8)	56,1 (9,5)	63,3 (8,8)
neutroph. Gz.		24,0 (7,5)	33,1 (9,3)	24,0 (7,5)

Tab. 3.4 : Mittelwerte (MW) und Standardabweichung (Stabw.) der Lymphozyten (Lymphoz.) und segmentkernigen neutrophilen Granulozyten (neutroph. Gz.) des zweiten Slowenientransports

In ähnlichem Ausmaß steigen die segmentkernigen neutrophilen Granulozyten bei den Tieren dieser beiden Slowenienfahrten an. Sie liegen zu Beginn im unteren Bereich der physiologischen Normalwerte (25-45%), nach der Ruhepause übersteigen die neutrophilen Granulozyten die physiologische Obergrenze. Der Anteil an stabförmigen und jugendlichen neutrophilen Granulozyten, eosinophilen und basophilen Zellen sowie Monozyten ist in den Abbildungen unter „sonstige“ zusammengefasst und befindet sich im physiologischen Bereich. Die Reaktionen der Leukozytenfraktio-

nen bei diesen beiden Tiergruppen (Bullen), entsprechen etwa den üblichen physiologischen Belastungsantworten auf alltägliche Stresssituationen. Es ist davon auszugehen, dass in diesem Rahmen keine klinisch pathologische Symptomatik zu erwarten ist.

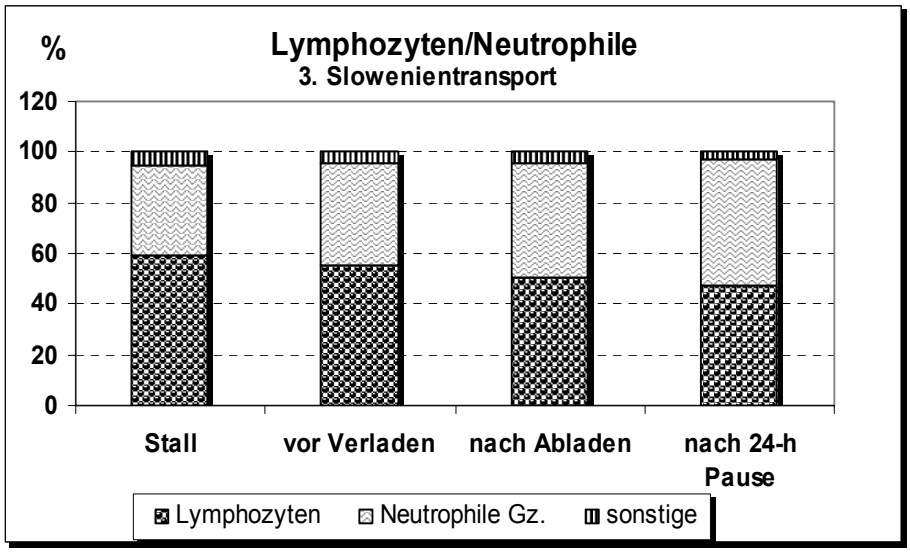


Abb. 3.34: Darstellung der prozentualen Verteilung der Lymphozyten / neutr. Granulozyten während der einzelnen Untersuchungszeitpunkte des dritten Slowenientransport

Transp. 3	Stall MW (Stabw.)	vor Verl. MW (Stabw.)	nach Abl. MW (Stabw.)	nach 24-h MW (Stabw.)
Lymphoz.	59,3 (7,5)	55,4 (12,5)	50,2 (9,1)	47,8 (10,5)
neutroph. Gz.	35,7 (6,9)	40,4 (12,5)	45,3 (9,8)	49,3 (11,1)

Tab. 3.5 : Mittelwerte (MW) und Standardabweichung (Stabw.) der Lymphozyten (Lymphoz.) und segmentkernigen neutrophilen Granulozyten (neutroph. Gz.) des dritten Slowenientransports

Bei den Weideochsen des zweiten Slowenientransports fallen die Verschiebungen im weißen Blutbild anders aus. Der prozentuale Anteil der Lymphozyten liegt zu Beginn der Untersuchungen auf ähnlichem Niveau wie bei den anderen beiden Transporten zu diesem Untersuchungszeitpunkt, ist dann nach Abladen der Tiere auch ähnlich erniedrigt, sinkt aber während der 24-stündigen Ruhephase nicht weiter ab, sondern

steigt im Gegenteil wieder auf das Ausgangsniveau an und bewegt sich über den Untersuchungszeitraum an der physiologischen Obergrenze. Dementsprechend niedrig ist der prozentuale Anteil der neutrophilen Granulozyten, der sich vor Verladen und nach der 24-stündigen Pause im unteren Grenzbereich aufhält und nur nach dem Abladen der Tiere einen leichten Anstieg aufweist.

Auffällig hoch beim Transport der Weideochsen ist der hohe Anteil an Zellen, der unter „sonstige“ zusammengefasst ist. Dieser schwankt zwischen 8,6 und 11,8%, wobei bis auf ca. 2% dieser Anteil jeweils aus eosinophilen Granulozyten besteht (8,6 bis 11,8 %). Als physiologischer Bereich für diese Zellen beim Rind wird 1 bis 10% angegeben. Eosinophilien tretten aufgrund allergischer Prozesse und bei Parasitosen auf. Letzteres könnte bei den Weideochsen in Betracht kommen, was ohne nennenswerte Bedeutung für die Transportbelastung ist und somit als Zufallsbefund zu betrachtet wäre. Jedoch auch im Anschluss an einen entzündlichen Prozess sind im Zusammenhang mit gesteigerter Lymphozytenmobilisierung häufig erhöhte Eosinophilenblutspiegel anzutreffen (lymphozytär-eosinophile Heilphase).

Die Resultate der statistischen Berechnung sind für die Lymphozyten aller drei Transporte in Tabelle 3.6 aufgelistet.

	Lymphos m	**Lymphos 2**	**Lymphos 3**	**Lymphos 4**
n	**60**	**73**	**62**	**75**
Sex				
LKW (sex)				*
Gew. 1				
Dichte				
THI m				*

Tab. 3.6 : Signifikanz der Mittelwertunterschiede und Einflußfaktoren für die prozentualen Lymphozytenanteile aller drei Slowenientransporte zu den jeweiligen Untersuchungszeitpunkten :
Sex = Geschlecht; LKW (sex) = LKW genestet in Geschlecht; Gew. 1 = Anfangsgewicht; Dichte = Ladedichte; THI m = thermo-humidity-index gemittelt über Transport.
p < 0,0005 = *; p < 0,005 = **; p < 0,05 = ***

Wie aus Tabelle 3.6 hervorgeht, lassen sich bei den Lymphozyten lediglich nach der 24-stündigen Pause signifikante Einflüsse nachweisen. Hier zeigt sich, dass der Wert sowohl durch die Variable LKW (Tiergruppe) ($p < 0,05$), als auch durch die klimatischen Gesamtbedingungen ($p < 0,05$) beeinflusst wird.

	Neutros m	Neutros 2	Neutros 3	Neutros 4
n	**60**	**73**	**62**	**75**
Sex				*
LKW (sex)				*
Gew. 1				
Dichte				
THI m		*		*

Tab. 3.7 : Signifikanz der Mittelwertunterschiede und Einflußfaktoren für die neutrophilen Granulozyten aller drei Slowenientransporte zu den jeweiligen Untersuchungszeitpunkten

Auch bei den neutrophilen Granulozyten (Tabelle 3.7) liegt nach der Ruhepause ein signifikanter Einfluss ($p<0,05$) des Klimas und LKW, sowie zusätzlich des Geschlechts der Tiere vor. Auch auf den Wert vor der Verladung haben die klimatischen Gegebenheiten nachweisbaren Einfluss ($p<0,05$).

3.2.12 Vergleichende Betrachtung der Transporte nach Slowenien und Spanien

Obwohl die kommerziellen Transporte nach Slowenien und Spanien eine Reihe deutlicher Unterschiede aufwiesen wie z.B. hinsichtlich Transportdauer, Geschlecht der Tiere und Fahrzeugtypen, lassen sich viele der Befunde sinnvoll vergleichen, ohne jede Befundstaffel einer ausführlichen varianzanalytischen Betrachtung unterziehen zu müssen.

Herzfrequenz

Abbildung 3.35 stellt die Mittelwerte der Herzfrequenzen von Färsen (Es), Bullen (Sl) und Ochsen (Sl) während der einzelnen Transportphasen dar.

Deutlich zeigen die Bullen der Slowenientransporte in allen Untersuchungsphasen die höchsten Herzfrequenzen, während die Ochsen bei annähernd gleicher Transportdurchführung stets die niedrigsten gemittelten Herzfrequenzen aufzeigen.

Bei der Verladung ist bei den hochtragenden Zuchttieren der Spanientransporte sowie bei den Bullen ein deutlicher Anstieg der mittleren Herzfrequenz auf über 110 Schl./min (Bullen) bzw. 90 Schl./min (Färsen) zu verzeichnen. Im Verlauf des Trans-

ports nimmt die Herzfrequenz bei den Bullen auf 90 Schl./min ab. Bei den Färsen geht die Herzfrequenz lediglich auf 85 Schl./min zurück. Während des letzten Fahrtabschnittes ist die Herzfrequenz der Bullen fast auf das Niveau der Färsen abgesunken. Bei den Ochsen wirken sich Verladen, Fahrtabschnitte und Pause kaum auf die Herzfrequenz aus. Lediglich beim Abladen in die fremde Umgebung im Hafen von Koper zeigt sich eine deutliche Herzfrequenzerhöhung, die aber im Wartestall rasch wieder auf Werte um 65 Schl./min absinkt.

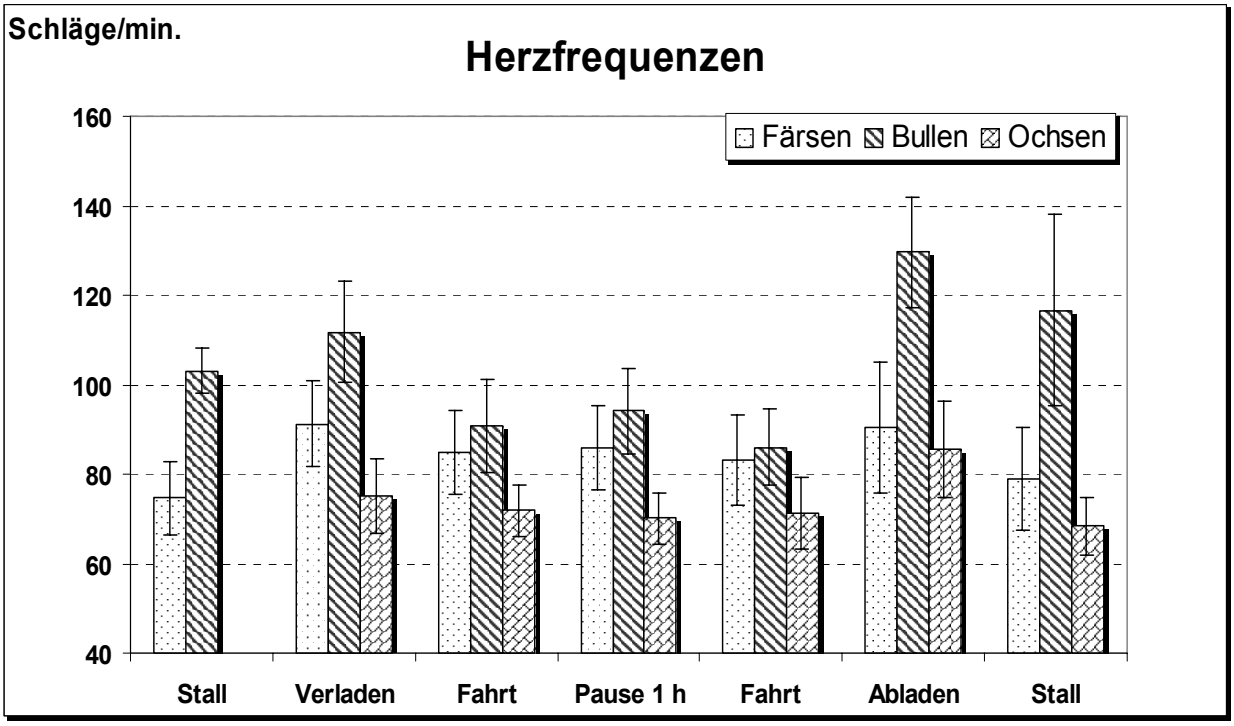


Abb. 3.35: Mittelwerte und Standardabweichungen der Herzfrequenzen der Färsen (n*= 64) (Spanientransporte), der Bullen (n*= 43) und Ochsen (n*= 21) (Slowenientransporte) während einzelner Transportabschnitte. n* gibt die Anzahl der Tiere an, die mit Herzfrequenzmessgeräten ausgestattet waren, jedoch haben aufgrund von gelegentlichen Ausfällen nicht zu jedem Zeitpunkt auch alle Geräte vollständig aufgezeichnet.

Beim Abladen steigt die Herzfrequenz auch in den beiden anderen Tiergruppen an, am stärksten bei den Bullen.Im Ausruhstall sinkt die Herzfrequenz erwartungsgemäß ab, bei den Bullen jedoch bleibt sie aber sogar höher als z.B. zum Zeitpunkt der Verladung. Dies hat offensichtlich mit der starken Aktivität im Ausruhstall zu tun. Die Tiere versuchen ständig sich zu bespringen, da der Stall keine Aufsprunggitter über den Buchten besitzt. Die Unruhe wird durch weitläufige Buchten mit hohen Tierzahlen

eher noch verstärkt. So liegt die mittlere Herzfrequenz der Tiere in der Ausruhphase nur bei den Färsen und Ochsen im physiologischen Bereich, während die der Bullen deutlich erhöht bleibt (116,7 Schläge/min).

Blutgetragene Belastungsindikatoren

Bei den folgenden Darstellungen, die alle Blutparameter zeigen, ist zu beachten, dass bei den Tieren der Slowenientransporte die Werte „nach 30 h“ und „nach Abladen“ gleich sind, da nach 30 Stunden der Strassentransport beendet war und die Tiere in Koper zur Ruhepause abgeladen wurden. Bei den Tieren des Spanientransports wurden zwar zu diesem Zeitpunkt Blutproben entnommen, jedoch war der Transport nach ca. 30 Stunden nicht beendet, sondern je nach Transportvariante (Ein- bzw. Zwei-Fahrerregelung) wurden die Tiere noch etwa 36 bis 48 Stunden länger transportiert.

Abbildung 3.36 zeigt den Gehalt an **Cortisol** im Blutplasma der Tiere zu den einzelnen Blutenentnahmezeitpunkten. Alle drei Tiergruppen weisen erhöhte Cortisolkonzentrationen vor der Verladung auf, wobei die Ochsen hier die höchsten (51,4 ng/ml) (Bullen 43,2 ng/ml) und die Färsen die niedrigsten Mittelwerte (16,6 ng/ml) zeigen. Bei den Färsen und den Bullen liegen Ruhewerte vom Vortag aus dem Stall vor. Die Cortisolausschüttung zum Zeitpunkt vor der Verladung ist bei den Färsen geringer und deutlich ausgeprägt bei den Bullen und Ochsen. Während die wertvollen Zuchtfärsen bereits drei Tage vorher im Exportstall aufgestallt wurden, waren die Bullen erst kurz vor der Verladung (etwa 30 Minuten bis vier Stunden) zur Sammelstation transportiert worden. Die Weideochsen wurden zwar im Herkunftsbetrieb verladen jedoch wurden sie direkt von der Weide mehrere hundert Meter in eine unbekannte Umgebung zum Verwiegen und Verladen getrieben.

Während der Fahrt geht der Cortisolgehalt bei allen drei Tiergruppen zurück. Die Transportdauer scheint keinen großen Einfluss auf die Höhe des Cortisolspiegels zu haben, da kaum Unterschiede zwischen den Tiergruppen weder nach 30 Stunden noch nach dem Abladen vorliegen. Die Erfahrung mit den längeren Spanientranspor-

ten zeigt, dass bei den Färsen, die 48 (Transport 1) bzw. 60 Stunden (Transport 2) länger transportiert wurden als die Schlachttiere, kein weitere Cortisolanstieg erfolgte.

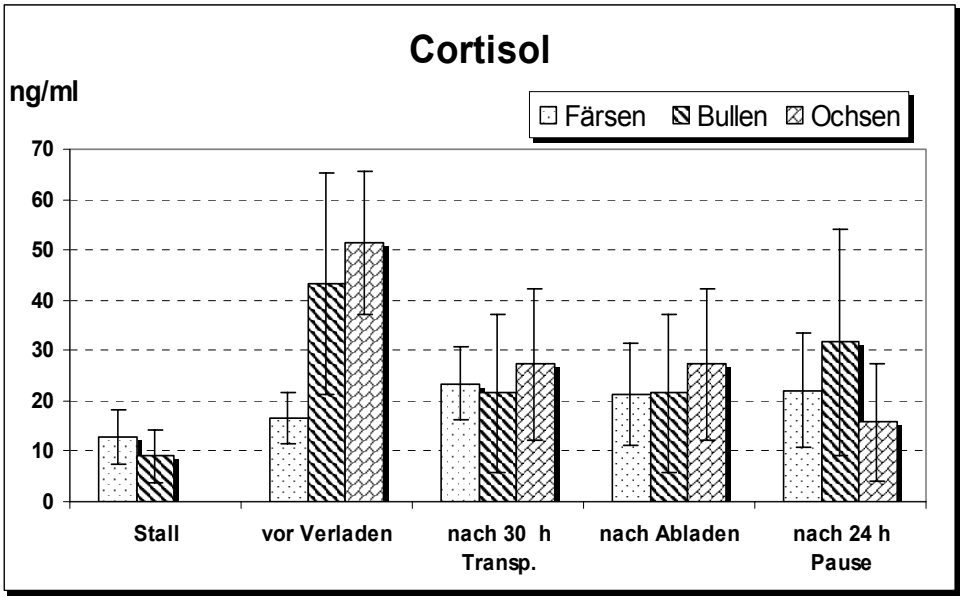


Abb. 3.36 : Mittelwerte und Standardabweichung des Plasma-Cortisols der Spanien- und Sloweniens-transporte

Während der 24-stündigen Ausruhphase in Koper (Bullen und Ochsen) bzw. in Spanien (Färsen) sinkt der Cortisolspiegel der Ochsen weiter ab (15,9 ng/ml), der der Färsen verbleibt auf etwa ähnlichem Niveau (22,1 ng/ml) wie nach dem Abladen. Lediglich bei den Bullen ist eine vermehrte Cortisolausschüttung (31,7 ng/ml) vermutlich aufgrund der Unruhe zu beobachten.

Abbildung 3.37 zeigt die Veränderungen in der Plasmaaktivität der **Creatinkinase** während der einzelnen Untersuchungsabschnitte. Bei den Bullen und Ochsen steigt der CK-Gehalt während des Transports an. Zu Beginn des Transportverlaufs bewegen sich die Werte zwischen den Tiergruppen noch auf einem vergleichbaren Niveau. Nach dem Abladen bzw. nach 30 Stunden Transport zeigen die Bullen eine deutlich erhöhte Plasmaaktivität der CK (361 U/l). Nach der 24-stündigen Ausruhphase sind die CK-Werte der Bullen um das 4-fache (auf 1496 U/l) angestiegen. Dies liegt sicherlich an der Unruhe und dem häufigen Aufspringen der Tiere (hohe Muskelaktivität und Verletzungsgefahr). Bei den Ochsen ist kein Anstieg der CK-Aktivität zu beobachten. Bei den Färsen der Spanientransporte erhöht sich der CK-Spiegel

nur geringfügig mit der verlängerten Transportdauer bis zum Zeitpunkt des Abladens. Keine Änderungen ergeben sich nach der Ausruhphase für die Färsen und Ochsen. Die für Rinder als üblich angesehene physiologsiche Obergrenze für die Plasmaaktivität der Creatinkinase von 200U/l wird nur von den Bullen überschritten. Insgesamt liegen große individuelle Schwankungen bei den Tieren vor.

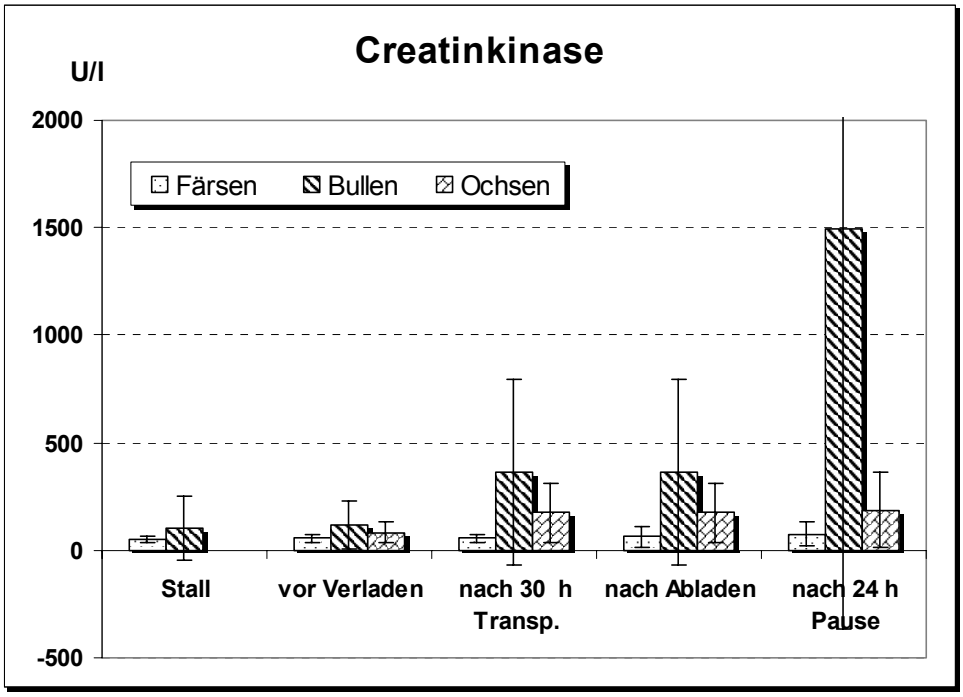


Abb. 3.37 : Mittelwerte und Standardabweichung der Creatinkinase der Färsen (Spanientransporte), Bullen und Ochsen (Sloweniens-transporte). Die Standardabweichung der Bullen nach der 24 h Pause liegt hier außerhalb des Abbildungsbereichs.

Ein Parameter des Energiestoffwechsels sind die unveresterten Fettsäuren (**NEFA**), die in Abbildung 3.38 dargestellt sind. Die Werte der Färsen (390 µmol/l) liegen bereits am Vortag im Stall auf einem etwas höheren Niveau als die Bullen. Vor dem Verladen werden bei ihnen deutlich höhere Werte (708 µmol/l) ermittelt als bei den Ochsen (364 µmol/l) und Bullen (162 µmol/l) der Slowenientransporte. Mit zunehmender Transportdauer nimmt auch der NEFA-Gehalt im Plasma der Färsen zu (1076 µmol/l nach 30 Stunden; 1200 µmol/l nach Abladen). Auch bei den Bullen und Ochsen steigt der NEFA-Gehalt bis zum Zeitpunkt nach dem Abladen (entspricht der 30-stündigen Transportdauer) auf 672 bzw. 620 µmol/l. Erst während der Ruhephase zeigt sich eine unterschiedliche Reaktion zwischen diesen beiden Tiergruppen der Slowenientransporte. Während der NEFA-Gehalt bei den Ochsen leicht absinkt, steigt er bei den Bullen zum Ende der Ruhephase auf das gleiche Niveau wie bei den Färsen an (1217 bzw. 1218 µmol/l).

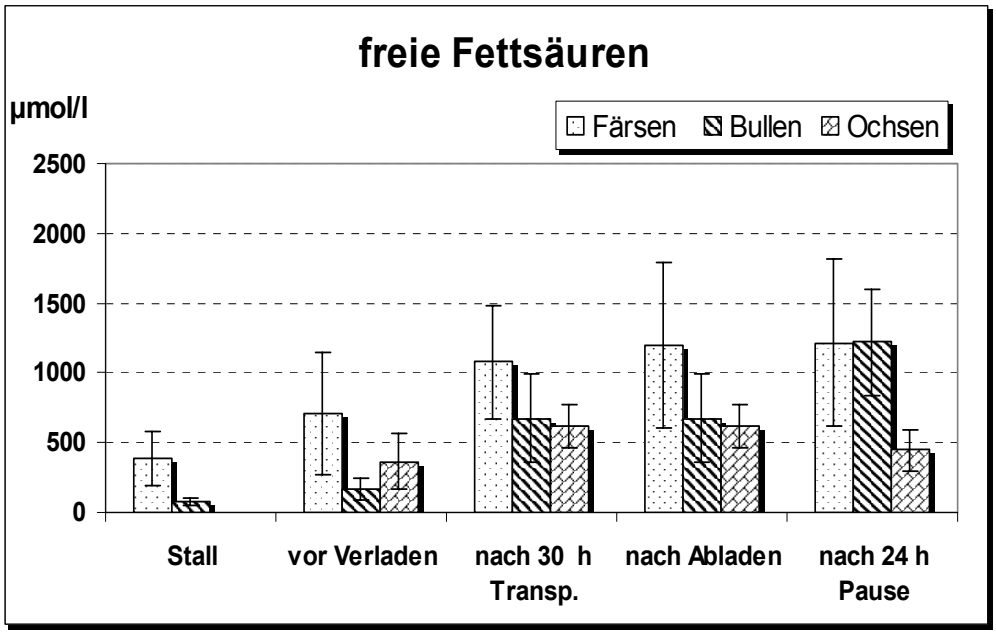


Abb. 3.38: Mittelwerte und Standardabweichung der freien Fettsäuren im Plasma der Tiere der Spanien- und Slowenientransporte

Der zweite wichtige Parameter des Energiestoffwechsels ist das **β-Hydroxybutyrat** (BHB), das in Abbildung 3.39 dargestellt wird. Abgesehen von dem Ruhewert am Vortag, bei dem jedoch nur eine geringe Tierzahl in die Gruppe der Bullen mit einfliesst, liegen die Werte der Tiere der Spanientransporte zu allen Untersuchungszeitpunkten deutlich am höchsten. Die Werte der Weideochsen verändern sich über den gesamten Untersuchungszeitraum nur unwesentlich. Bei den Bullen sinken die BHB-Werte während des Transports leicht ab, um nach der 24-stündigen Ruhephase wieder anzusteigen.

Bei den Färsen steigen die BHB-Werte kontinuierlich während der gesamten Transportdauer an. Auch zwischen der Blutentnahme nach ca. 30 Stunden Transport (0,79 mmol/l) und dem Abladen der Tiere 1-2 Tage später (0,83 mmol/l) steigt der BHB-Gehalt noch weiter an. Während der 24-stündigen Ruhephase nach Transportende fällt bei den Färsen, im Gegensatz zu den Bullen in Slowenien, die BHB-Plasmakonzentration wieder ab.

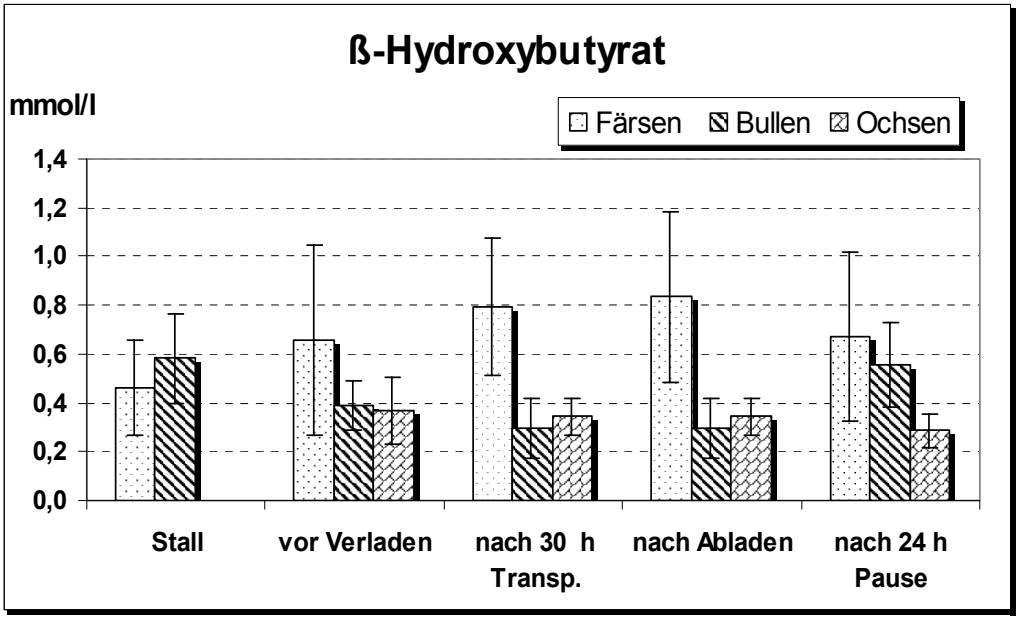


Abb. 3.39: Mittelwerte und Standardabweichung des β-Hydroxybutyrats im Plasma der Tiere der Spanien- und Slowenientransporte

Neben Gesamteiweiß und Hämatokrit ist **Natrium** ein Parameter der Auskunft über den Flüssigkeitshaushalt gibt. Die Plasmakonzentration des Natriums ist in Abbildung 3.40 dargestellt.

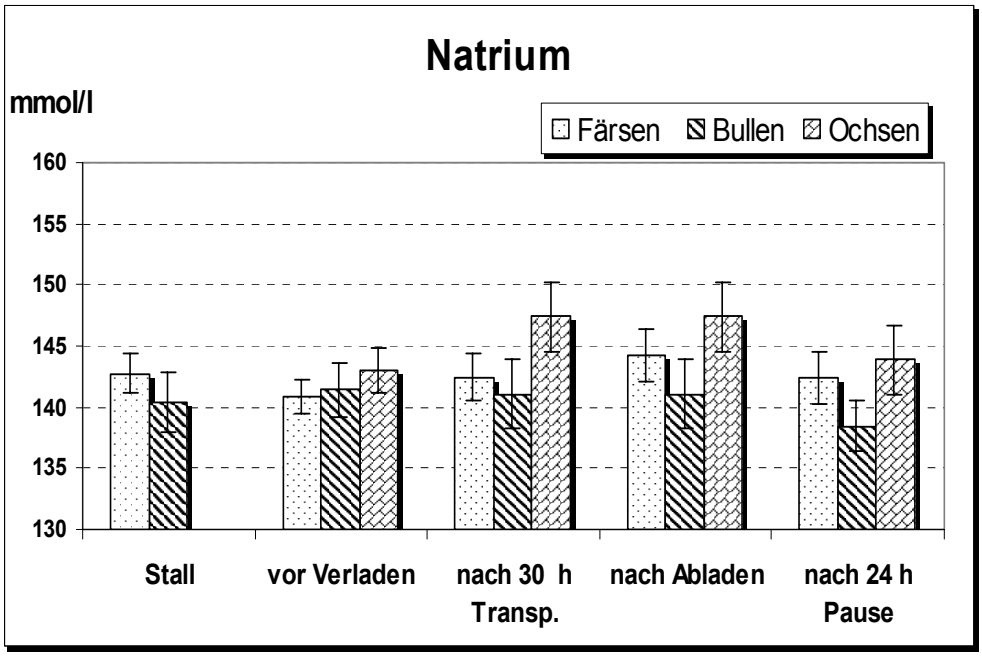


Abb. 3.40: Mittelwerte und Standardabweichung der Natriumkonzentration im Plasma der Tiere der Spanien- und Slowenientransporte

Der Natriumgehalt im Plasma der Färsen liegt zwischen 141 mmol/l (vor Verladen) und 144 mmol/l (nach Abladen). Bei den Bullen bleibt die Natriumkonzentration über den gesamten Transportverlauf nachezu konstant bei 141 mmol/l. Erst in der Ruhephase kommt es vermutlich infolge Wasseraufnahme zum Abfall auf 138 mmol/l.
Bei den Weideochsen weicht der Verlauf der Natriumkonzentration von dem der Bullengruppe ab. Die Weideochsen haben offenbar am wenigsten Wasser aufgenommen. Ihre Natriumwerte überschreiten mit 147 mmol/l den physiologischen Grenzwert von 145 mmol/l.

Die Abbildungen 3.41 – 3.43 zeigen verschiedene Warteställe. Abb. 3.41 zeigt einen Wartestall während des 2. Spanientransports (tragende Zuchtfärsen). Abb. 3.42 und 3.43 zeigen Bullen der Transporte nach Slowenien im Wartestall im Hafen von Koper, wobei in jeder Bucht bis zu 40 Tiere aufgestallt sind.

Abb. 3.41: Versorgungsstation in Frankreich (während des 2. Spanientransports)

Abb. 3.42 und Abb. 3.43: Bullen in der Versorgungsstation in Koper

4 DISKUSSION

Rinder sind auf dem Transport einer Vielzahl von Einflüssen ausgesetzt, die in gleicher oder ähnlicher Weise kontinuierlich oder wiederholt auf die Tiere einwirken. Dies können mechanische, klimatische, ernährungsbedingte oder emotionelle Einflüsse sein. Sie können einzeln oder kombiniert auftreten und erhebliche Störungen im Wohlbefinden der Tiere verursachen. Um die Belastung der Tiere während des Transports vermindern zu können und um Vorschläge zur Verbesserung der bestehenden Transportvorschriften machen zu können, ist es notwendig, die Belastungsantwort der Tiere unter Praxisbedingungen zu erfassen und einzuschätzen. Physiologische und biochemische Parameter scheinen dazu besonders gut geeignet zu sein, da sie direkt am Tier erhoben werden können, zu ihrer Einschätzung klinische Vergleichsdaten vorliegen und weitgehend frei von subjektiver Bewertung sind. Die Schwierigkeiten beispielsweise von Blutentnahmen liegen oft darin, dass die Tiere nicht zu jedem gewünschten Zeitpunkt für eine Blutprobennahme zugänglich sind, dass die Tiere auf Venenpunktion stark individuell unterschiedlich reagieren und der Aufwand für Probenkonservierung und Analytik nicht gering ist. Nicht minder schwierig ist die Interpretation von physiologischen Reaktionen wie die Herzfrequenz und Körpertemperatur, da eine Vielzahl von Einflussfaktoren Anstieg oder Abfall bewirken können.

Demnach scheint es vertretbar, anzunehmen, dass die Befragung der physiologischen und biochemischen Reaktionen von Rindern beim Transport ein richtiger und wichtiger Weg ist, die klinische Verfassung der Tiere , aber auch teilweise deren Befindlichkeit, im Hinblick auf Transportbelastung und Gewöhnung, einschätzen zu können. Die wichtigsten Fragen in diesem Zusammenhang richten sich auf:

- die Höhe der Belastungsantwort zu verschiedenen Zeiten beim Transport
- die Flächenzuteilung je Tier im Fahrzeug
- die Länge von Fahrtabschnitten
- die Gesamtlänge von Transportfahrten
- die Häufigkeit und Länge der Ruhe- und Versorgungspausen

- die notwendige Ausstattung der Fahrzeuge mit Fütterungs-, Tränke- und Lüftungseinrichtungen

Hinzu kommen Fragen wie:

- Sind die unterschiedlichen Reaktionen von Färsen, Bullen und Ochsen einzuschätzen?
- Lassen sich Indikatoren für eine unzumutbare Belastung der Tiere ableiten?
- Können Adaptationsvorgänge während des Transports festgestellt werden?
- Was sollte dringend verbessert werden?

4.1 Physiologische und biochemische Belastungsreaktionen der Rinder während des Transports

Dem Kreislauf fällt in Belastungssituationen die wichtige Aufgabe zu, dem Organismus für die „fight and flight reaction“ schnell Sauerstoff und Substrate des Energiestoffwechsels bereitzustellen. Eine zentrale Stellung nimmt dabei die Herzleistung ein, die in Stresssituationen, beeinflusst durch das autonome Nervensystem, mit Veränderungen der **Herzfrequenz** reagiert (MOBERG 2000, WIEPKEMA u. KOOLHAAS 1993). Von den diversen Belastungen, die im Verlauf von Transporten auf das Tier einwirken, scheinen Be- und Entladevorgänge auf die Herzfrequenz den größten Einfluss zu haben. Die Färsen und Bullen reagieren während der Verladevorgänge mit einer deutlichen Erhöhung der mittleren Herzfrequenz von etwa 20 bis 30 Schläge pro Minute, über einen Zeitraum von 30 Minuten. Dies deckt sich auch in etwa mit den Untersuchungen von (KENNY u. TARRANT 1987a u.1987b). Bei den Ochsen fehlt diese vermehrte Schlagzahl beim Beladen, jedoch beim Entladen steigt auch bei diesen die Herzfrequenz deutlich an. Am ausgeprägtesten ist die Steige-

rung der Herzleistung zu diesen Transportzeitpunkten bei den Bullen der Sloweniantransporte, die bei der Entladung zum Teil Werte von knapp 150 Schlägen pro Minute erreichen. Dies mag an der Art des Austreibens aus dem Fahrzeug liegen. Möglicherweise führt das Ausladen in eine neue, unbekannte Umgebung zu einer erhöhten Aufmerksamkeit und Unruhe, die durch die erhöhte Herzfrequenz angezeigt wird.

Erfahrungen mit Färsen, die wiederholt verladen wurden, zeigten, dass der Anstieg der Herzfrequenz bei einer zweiten Verladung bei gleicher motorischer Belastung für die Tiere um etwa 15 Schläge pro Minute niedriger ausfällt als bei der ersten Verladung (MARAHRENS et al. 2000). Diese Art der psychischen Adaptation ist in ähnlicher Weise bereits von COOK und JACOBSON (1996) an Bullen beobachtet worden. Im Gegensatz dazu scheint der Vorgang des Abladens vom Fahrzeug eine stärkere Belastung für die Tiere darzustellen, bei der aufgrund der neuen Umgebung kein Gewöhnungseffekt auftritt.

Die Herzfrequenzmittelwerte der Färsen, die nach Spanien transportiert wurden, lagen generell um etwa 10 Schläge pro Minute höher als früher in einem experimentellen Transport bei Färsen gemessen worden waren (MARAHRENS et al. 2000), obwohl es sich um ältere und schwerere Tiere handelte. Allerding war ihre Trächtigkeit bereits weiter fortgeschritten, was eine Erhöhung der mittleren Herzfrequenz mit sich bringt (STEINHARDT u. THIELSCHER, 2000).

Die **Ladedichte** auf den Spanientransporten lag zwischen 1,54 und 2,10 m² pro Tier (bei etwa 580 kg Körpergewicht). Den Bullen und Ochsen (Sloweniantransporte) standen zwischen 1,51 m² (bei einem Körpergewicht von etwa 561 kg) und 1,71 m² (etwa 631 kg) pro Tier zur Verfügung. Damit war das Platzangebot für alle Tiere höher als die Mindest-Vorgaben der Tierschutztransportverordnung. Wegen der geringen Platzunterschiede bei den einzelnen Transporten lassen sich keine genauen Zusammenhänge zwischen Herzfrequenz und Flächenangaben ableiten.
Bekannt ist jedoch, dass JACOBSON und COOK (1996) bei geringen Ladedichten auch geringe mittlere Herzfrequenzen feststellten. Andererseits berichten ELDRIDGE

et al. (1984), dass mit geringerer Ladedichte die Herzfrequenz ansteigt, was sie auf eine höhere motorische Aktivität bei erhöhtem Platzangebot zurückführen. Dies lässt sich eingeschränkt auch bei den Transporten der Färsen nach Spanien beobachten, allerdings nicht in einem statistisch gesicherten Umfang.

Die Ladedichte während des Transports wurde in zahlreichen experimentellen Untersuchungen zwar mit erfasst, gezielte Untersuchungen zur Ermittlung der optimalen Besatzdichte sind jedoch kaum durchgeführt worden. Meist wird anhand physiologischer Parameter festgestellt, dass sowohl eine sehr hohe, als auch eine zu geringe Ladedichte ungünstig ist (ELDRIDGE et al. 1984, TARRANT 1990, TRUNKFIELD u. BROOM 1990).
Andere Autoren konstatieren aufgrund ihrer Untersuchungen, dass mit zunehmender Ladedichte die Belastung der Tiere größer wird (TARRANT et al. 1988, WILHELM 1996). WILHELM setzt dabei aufgrund ihrer Untersuchungen eine Ladedichte von 200 bis 230 kg/m² als optimal an, während TARRANT et al. (1992) 550 kg Körpergewicht pro Quadratmeter als absolute Obergrenze ansieht. Bei einer niedrigen Ladedichte, wie beispielsweise die Empfehlung von WILHELM (1996), besteht die Gefahr, dass sich die Tiere vermehrt bewegen und die Zahl der Tiere zunimmt, die während der Fahrt stürzen und sich so Verletzungen zuziehen (ELDRIDGE u. WINFIELD 1988, ELDRIDGE et al. 1988).
Da sowohl große Unterschiede in den Untersuchungen verschiedener Autoren als auch in den gesetzlichen Regelungen diverser Länder gibt (ATKINSON 2000), sind gezielte weiterführende Untersuchungen zur Ermittlung der Ladedichte, bei der die Tiere einer möglichst geringen Belastung ausgesetzt sind, von hoher Bedeutung (TARRANT 1990).

Der hier vereinfachend benutzte Ausdruck **„Geschlecht“** beinhaltet Färsen, Bullen und Ochsen, obwohl es sich bei den Ochsen um kastrierte männliche Tiere handelt, so dass im engeren Sinne eigentlich keine drei verschiedenen Geschlechter vorliegen, die Ochsen aber in vielerlei Hinsicht anders als die Bullen reagieren.

Einen besonders deutlichen Einfluss auf physiologische Parameter hat das Geschlecht der Tiere. So besteht ein großer Unterschied in der Herzfrequenz zwischen Bullen und Ochsen. Die Herzfrequenz der Ochsen liegt beim Verladen bei durchschnittlich 79 Schlägen pro Minute gegenüber 112 bzw. 119 Schlägen/min der Bullengruppen. Während der Fahrt liegen die Werte der Ochsen gemittelt bei 71 Schlägen/min, die Bullen bei 88 Schlägen pro Minute. Während der 24-stündigen Ausruhphase liegt die mittlere Herzfrequenz der Bullen bei 108, bzw. 125 Schlägen/min, bei den Ochsen bei 68 Schlägen pro Minute.

Diese deutlichen Unterschiede werden von TENNESSEN et. al. (1984) nicht bestätigt, die sieben Gruppen mit sechs Bullen und sieben Gruppen mit sechs Ochsen untersuchten, wobei die Gruppen einzeln zwischen zehn Minuten und zwei Stunden einzeln transprotiert wurden und jeweils ein Tier pro Gruppe zur Messung der Herzfrequenz herangezogen wurde. Einschränkend muss gesagt werden, dass im Zuge dieser Untersuchungen (Slowenientransporte) nur zwei LKW mit insgesamt 21 Ochsen untersucht werden konnten, so dass diese Zahlen nicht verallgemeinert werden können. Die Herzfrequenzbefunde unterscheiden sich aber zum Teil höchstsignifikant von denen der Bullen, so dass sie durchaus als aussagekräftiger Hinweis gelten können. Die Ochsen stammten aus einem Herkunftsbetrieb, d.h., im Gegensatz zu den Transporten mit Bullen fand hier kein Mischen der Tiergruppe statt, und so verhielten sich die Tiergruppen auch sehr unterschiedlich in der 24-stündigen Ruhephase. Die Ochsen verhielten sich in der 24-stündigen Pause sehr ruhig und verbrachten die Zeit mit Fressen und Ausruhen, während die Bullen zahlreiche aggressive Auseinandersetzungen zeigten (KOS 2001). Diese Aggressivität ist nicht nur auf den Mangel an Vertrautheit, sondern auch besonders auf die sexuelle Aktivität (Aufspringen) zurückzuführen.

Ferner wurden die Ochsen auf der Weide gehalten. Aufgrund des Haltungssystems sind die Ochsen auch in einem anderen Trainingszustand als die, zum Teil in Anbindehaltung im Stall gehaltenen Bullen. So kann die Herzfrequenz der Ochsen allein deshalb niedriger sein, weil ihr Herz-Kreislauf-System trainiert ist. Dafür spricht auch, dass die Verladung der Ochsen bei gleichem Verladevorgang und –technik keine so starke Erhöhung der Herzfrequenz mit sich bringt, wie dies bei den Bullen der Fall ist.

Ähnliche Beobachtungen hinsichtlich des Trainingszustands der Tiere haben auch COOK und JACOBSON (1996) gemacht.
Die Transportdauer zeigt keinen deutlichen Einfluss auf die Herzfrequenz. Als belastende Einflüsse spiegeln sich in diesem Parameter vor allem das Umgruppieren der Tiere wider sowie die unterschiedliche „Vorbereitung“ („Trainingszustand“ der Ochsen) auf den Transport.

Während der Transporte verlieren die Tiere an Körpergewicht. Die **Gewichtsverluste** der Einzeltiere konnten bei den Slowenientransporten recht genau erfasst werden. Diese Verluste werden durch Flüssigkeitsabgabe zur Thermoregulation, durch katabolen Gewebsabbau zur Deckung des Energiebedarfs und durch Entleerung des Verdauungskanals verursacht. Überwiegt anfänglich noch der Gewichtsverlust aufgrund von Darmentleerung, so steigt mit zunehmender Transportdauer der stoffwechselbedingte Verlust (WARRISS et al. 1995, SCHAEFER et al. 1997, KNOWLES 1999). Im Zusammenhang mit dem Transportgeschehen sind die Tiere einer vermehrten motorischen Belastung (Verladevorgänge, Ausgleich von Fahrzeugbewegung, Konfrontation mit anderen Tieren etc.) ausgesetzt. Gleichzeitig ist häufig zu beobachten, dass aufgrund der psychischen Belastung, trotz unveränderten Angebots, die Futter- und Wasseraufnahme sinken kann. Dies kann auch mit der häufig bei Transporten erfolgenden Futterumstellung zusammenhängen. Gleichzeitig sinkt die Futterverwertung durch die Aufregung der Tiere (erhöhte Darmmotorik, Entleerung des Verdauungskanals).
Deshalb ist bei Gewichtsverlusten sinnvoll, auch die Veränderungen im Flüssigkeitshaushalt zu betrachten. Bei den Schlachttieren, die nach Slowenien transportiert wurden, sind sowohl im Gesamteiweiß, als auch bei der Natriumkonzentration im Plasma mehr oder weniger deutliche Verschiebungen zu beobachten, die eine Beteiligung des Flüssigkeitshaushalts an den Gewichtsverlusten nahe legen. Besonders deutlich wird dies bei den Weideochsen, die die größte Differenz zwischen Be- und Entladen hinsichtlich ihres Gewichts (33,5 kg) und der Natriumkonzentration (von 143 auf 147,4 mmol/l) aufweisen. Dies deutet darauf hin, dass ein wesentlicher Teil des Gewichtsverlust auf Flüssigkeitsverluste zurückzuführen ist.

Gewichtsverluste können aber auch von der Position im Fahrzeug und durch das Klima beeinflusst werden. So wurde bei einem experimentellen Transportversuch festgestellt, dass die Tiere in den oberen Decks mehr Gewicht verlieren als die in den unteren Decks. Gemittelt über alle drei Versuchsvarianten verloren die untersuchten Tiere auf dem oberen Ladedeck 20,6 kg, die auf dem unteren Deck nur 9,6 kg. Als Ursache hierfür wurden mittels multipler Regressionsanalyse etwa 30% der Unterschiede im Gewichstverlust den unterschiedlichen klimatischen Bedingungen zugeschrieben. Etwa 70% der Unterschiede werden von Fahrzeug und Fahrer beeinflusst. Hier kamen offenbar Belastungen durch Vibration, Beschleunigung und durch eingeschränkte Funktionalität der Tränkeeinrichtungen zu tragen (MARAHRENS et al. 2000).
Es gilt jedoch zu beachten, dass zur genaueren Beurteilung der Thermoregulation der Tiere auch eine exakte Untersuchung der Wasseraufnahme während des Transports nötig ist.

In Untersuchungen zur Stressbelastung von Tieren stellt **Cortisol** vermutlich den am häufigsten zitierten Belastungsindikator dar. In der durch physische und psychische Belastung aktivierten HHA-Achse ist Cortisol das letzte Ausschüttungsprodukt der Hormonkaskade (MELLOR et al. 2000, THUN u. SCHWARZ-PORSCHE 1994).
Die Bullen und Ochsen, die nach Slowenien transportiert wurden, zeigten schon vor der Verladung deutlich die höchsten Cortisolwerte (35 bis 56 ng/ml). Nach der Entladung in Slowenien lagen die Werte erheblich niedriger (20 bis 28 ng/ml). Es gilt hier jedoch zu beachten, dass diese Tiere unmittelbar vor der Verladung erst in die Sammelstation gebracht wurden, d.h. zum Zeitpunkt vor der Verladung bereits einmal Auf- und Abgeladen wurden und einen ca. 15- bis 60-minütigen Transport hinter sich hatten. Demnach sind die Ergebnisse zu diesem Zeitpunkt nicht als Ruhewerte zu betrachten, sondern eher als Belastungsantwort auf die Verladevorgänge und den kurzen Transport. Hinzu kommen eine neue Umgebung und unbekannte Artgenossen in neuen Gruppen. Auch MITCHELL et al. (1988) und TENNESSEN et al. (1984) stellen fest, dass Be- und Entladen von Fahrzeugen die höchsten Cortisolausschüttungen während des gesamten Transportgeschehens verursachen. Ähnliche Beo-

bachtungen sind auch beim Transport von Schafen gemacht worden (KNOWLES et al. 1995, BROOM et al. 1996). Dies lässt vermuten, dass für diese Tiere die Verladevorgänge in unbekannter Umgebung, zum Teil auch mit unbekannten Artgenossen, eine ausgeprägte Belastungsantwort nach sich ziehen, wogegen, während des Transports selbst, nach einiger Zeit eine Adaptation an die Situation stattfindet.
Zahlreiche Autoren stellen jedoch bei ihren Untersuchungen Cortisolspiegel fest, die mehr oder weniger über den gesamten Transportverlauf weiter ansteigen (KNOWLES 1999, TARRANT 1990, TARRANT et al. 1992). Dies entspricht auch eher den Beobachtungen, die während der Spanientransporte gemacht wurden. Der Cortisolspiegel steigt im Verlauf des Transports an, um nach der zweiten Pause, bzw. dem dritten Fahrtabschnitt ein Maximum zu erreichen, das mehr oder minder bis Transportende beibehalten wird. Bei der beobachteten Tiergruppe kann nicht von einer Adaptation an die Transportgeschehnisse gesprochen werden. Die Belastungsreaktion wirkt fort. Gleichzeitig wurde bei den Färsen (Spanientranspote) eine z.T. sehr ausgeprägte defizitäre Stoffwechsellage beobachtet, die als mit auslösender Stressor angenommen werden kann, zumal Cortisol über stoffwechselregulatorische Eigenschaften verfügt. Natürlich auch können zahlreiche weitere Einflüsse, wie z.B. Vibrationen, Beschleunigungsvorgänge etc., die Cortisolausschüttung anregen.

Bei den Weideochsen zeigte der Aufladevorgang zuvor keinen signifikanten Einfluss auf die Herzfrequenz der Tiere, der Cortisolgehalt im Blutplasma der Tiere war jedoch deutlich erhöht (51,6 mg/ml). Da die Weideochsen auf dem Hof verladen wurden, fand bei diesen Tieren kein vorheriger Transport statt. Sie wurden aber von der Weide auf den Hof in eine, ihnen unbekannte Umgebung getrieben. Ähnliche Beobachtungen berichten MITCHELL et al. (1988). Anhand von „handling“-, Transport- und Schlachtstressuntersuchungen weisen sie eine Gliederung der Belastungsantwort in zwei Phasen, nämlich eine mit Beteiligung der Hypothalamus-Hypophysen-Nebennieren-Achse und eine zweite mit sympatho-adrenomedullären Beteiligung nach. Dabei soll die HHA-Achse, mit Ausschüttung von Cortisol, vornehmlich auf psychische Belastungen wie „handling“, Lärm etc. ansprechen, während eine sym-

patho-adrenomedulläre Beteiligung durch Transportgeschehen und andere komplexe Belastungssituationen ausgelöst wird.

Ein viel diskutierter Parameter ist die optimale Ladedichte. Bei den Spanientransporten wurde festgestellt, dass die Tiere, die in den LKW mit der höheren Besatzdichte transportiert wurden, im Mittel erhöhte Cortisolwerte aufwiesen. Ein Zusammenhang von Ladedichte und Höhe der Cortisolausschüttung ist auch bei Untersuchungen von TARRANT et al. (1988 u. 1992) beobachtet worden.

Offenbar hat auch die Position der Tiere im Fahrzeug einen Einfluss auf die Cortisolfreisetzung. Bei den Spanientransporten lässt sich ein signifikant erhöhter Cortisolspiegel für die Tiere nachweisen, die in der hinteren Bucht des Oberdecks transportiert worden waren. Als Ursache für diese verstärkte Belastungsreaktion kommen Beschleunigung und Vibration, die sich durch Fahrzeugbau und physikalische Bedingungen an verschiedenen Punkten des Fahrzeugs unterschiedlich stark entfalten, in Betracht. Ein Einfluss der Position im Fahrzeug stellten auch TARRANT et al. (1998) fest; allerdings war in diesem Versuch nur ein eingeschossiges Fahrzeug verwendet worden. Dabei fand eine vermehrte Cortisolausschüttung bei den Tieren statt, die in der hinteren Abteilung platziert waren.

Die **Creatinkinase** (CK) ist ein Enzym, welches in der quergestreiften Muskulatur anzutreffen ist. Bei Schädigung der Muskelzellen ist CK vermehrt im Blutplasma vorzufinden. Deshalb können CK-Plasmaspiegel Auskunft über die physische bzw. motorische Belastung der Tiere geben (KNOWLES u. WARRISS 2000).

Verschiedene Autoren beobachten bei Transporten von bis zu 31 Stunden Dauer sowie auch durch motorische Belastung beim Be- und Entladen bei Färsen und Ochsen eine Anstieg der CK-Aktivität (KNOWLES et al. 1999b, TARRANT et al. 1992, KENNY u. TARRANT 1987).

Bei einer Halbwertszeit der CK von etwa ein bis drei Stunden im Plasma, kann mit der Blutprobennahme direkt nach dem Abladen der Tiere die Belastung durch letzten Stunden des Transports sowie durch das Abladen der Tiere festgestellt werden. Die

Werte nach dem Abladen liegen deutlich über denen, die zum Zeitpunkt kurz vor der Verladung untersucht wurden (im Mittel über alle drei Transporte von 107 auf 264 U/l). Am deutlichsten fällt die motorische Belastung jedoch für die Bullen während der 24-stündigen Ruhephase aus. Diese Tiere erreichen im Durchschnitt Werte von 1500 U/l. Diese extrem erhöhten CK-Werte, aufgrund einer stark vermehrten motorischen Aktivität bei Bullen im Gegensatz zu Ochsen (KOS 2001), stimmen auch mit Beobachtungen von TENNESSEN et al. (1985) überein. Die Autoren stellten bei Bullen ein deutlich höheres Potential an Aggressivität fest, das sich in Aufspringen, Drohgebärden, Kämpfen und weiteren körperlichen Aktivitäten äußerte.
Die Tiere des Spanientransports bestätigen diese Beobachtungen nicht. Die Creatinkinase verbleibt über den gesamten Transportverlauf weitgehend auf niedrigem Niveau. Dies deutet darauf hin, dass die motorische Belastung durch Verladevorgänge und Transport die Färsen nicht übermäßig beansprucht hat. Jedoch zeigt die Varianzanalyse große individuelle Unterschiede auf, durch die andere Einflussgrößen kaschiert werden könnten. Insgesamt lassen die Befunde vermuten, dass die motorische Aktivität durch Verladen sowie unterschiedliche Fahrt- und Pausengestaltungen keine übermäßige physische Belastung darstellen. Erst nach Abladen der Tiere steigt die CK-Aktivität leicht, was auf eine höhere motorische Aktivität der Tiere im Wartestall hindeutet.

Um Veränderungen bzw. Belastungen des **Energiestoffwechsels** durch den Transport zu beobachten, wurden in allen Versuchsteilen der Glucosespiegel, der Gehalt an unveresterten Fettsäuren (NEFA) und der Ketonkörper β-Hydroxybutyrat (BHB) im Blutplasma untersucht. So sinkt bei ungenügendem Nahrungsangebot bzw. ungenügender Nahrungsaufnahme im Normalfall der Glucosespiegel im Blut ab, während der Gehalt an freien Fettsäuren und BHB aufgrund der Energiegewinnung aus Fettdepots ansteigt (KNOWLES u. WARRISS 2000). Um jedoch eine Bereitstellung von verfügbarer Energie sicherzustellen, greift der Organismus mit hormonellen Regelmechanismen ein und versucht, z.B. über Cortisol und Catecholamine, die Glycogenmobilisierung und die Gluconeogense voranzutreiben (KANEKO 1989).

Bei den Slowenientransporten werden die höchsten **Glucosekonzentrationen** in der Sammelstation kurz vor der Verladung und direkt nach dem Abladen am Zielort festgestellt, deren Ursache vermutlich in einer allgemeinen Belastungsreaktion unter Einfluss von Catecholaminen und Cortisol zu suchen ist (ELSASSER et al. 2000). Auch KNOWLES (1999) stellt fest, dass es durch die Aktivierung der HHA-Achse, aufgrund der transportbedingten Belastung, zu einer Aktivierung des Energiestoffwechsels kommt, so dass erhöhte Glucose- und NEFA-Werte anzutreffen sind. So beobachtete auch WILHELM (1996) bei Transporten von unterschiedlicher Dauer, dass der Blutzuckerspiegel bei Rindern unabhängig von der Transportdauer nach allen Fahrten in ähnlichem Umfang erhöht sind.

Sowohl die **unveresterten Fettsäuren** als auch der Spiegel des **β-Hydroxbutyrats** steigen mit zunehmender Dauer des Transports mehr oder minder kontinuierlich an (KNOWLES 1999, KNOWLES et al. 1995, WARRISS et al. 1995, WILHELM 1996). WARRISS et al. (1995) sehen die ansteigenden NEFA- und BHB- Werte als Resultat einer Unterbrechung der normalen Fütterung und Futteraufnahme der Tiere während des Transports.

Ähnlich zeigt sich bei den Tieren der Spanientransporte eine Umstellung auf eine katabole Stoffwechsellage.

Der ansteigende BHB-Spiegel der Tiere macht deutlich, dass, trotz Anflutung größerer Mengen an NEFA, die Energiebereitstellung der Tiere überfordert ist. Sie sind

nicht in der Lage, die bereitgestellten freien Fettsäuren in den Zitratzyklus zur Gluconeogenese einzuschleusen.
Im Zusammenhang mit den NEFA zeigt sich der Einfluss der unterschiedlichen Pausengestaltung. Bei der Zwei-Fahrerregelung im ersten Spanientransport fallen die einzelnen Pausen für die Tiere erheblich kürzer aus als dies beim zweiten Spanientransport der Fall ist. Die deutlich höheren NEFA-Spiegel der Tiere lassen vermuten, dass die kurzen Pausen keine ausreichende Nahrungsaufnahme gewährleisten. Da sich Werte in der Varianzanalyse neben dem Einfluss der Fahrtgestaltung die thermische Belastung als zweite mögliche Ursache für die hohen NEFA zeigt, könnte sich die energetische Belastung der Tiere beim Transport dadurch vermindern lassen, dass ausreichend lange Pausen in die Nachtstunden gelegt werden. Der höhere BHB-Gehalt im Plasma der Färsen zum Ende des zweiten Spanientransports deutet darauf hin, dass eine zunehmende Transportdauer trotz verbesserter Pausenzeiten eine zunehmende Belastung für die Tiere darstellt.

Bei den Slowenientransporten liegen große Unterschiede zwischen den Bullen und Ochsen vor. Am auffälligsten sind sich die Werte nach der Ruhephase. Die Ochsen liegen zu diesem Zeitpunkt nahezu wieder auf ihrem Ausgangsniveau, während von den Bullen nach der Pause die höchsten Werte erzielt werden. Ähnliches, wenn auch in abgeschwächterer Form, zeigt sich für die BHB-Werte. Die hohen NEFA-Werte der Bullen basieren auf der großen motorischen Aktivität und Unruhe der Tiere, die während der Pause erheblich weniger Zeit für die Futteraufnahme verwendeten als die Ochsen (KOS 2001).
Da die Ochsen alle aus einem Betrieb kamen, fand bei dieser Tiergruppe kein Umgruppieren statt, so dass vermutlich neben dem geschlechtbedingten Temperament auch die „Homogenität“ der Tiergruppe über den gesamten Transportverlauf als Ursache für die geringere Unruhe und motorische Aktivität anzusehen ist.
Auch die Fütterung im Herkunftsstall wird vermutlich einen Einfluss auf den Energiehaushalt der Tiere haben. Die im Stall gehalten Bullen wurden zum überwiegenden Teil mit Silage und Kraftfutter gemästet, während es sich bei den Ochsen um auf der Weide gehaltene Tiere handelte.

Neben einem unterschiedlichen energetischen Bedarf können auch unterschiedliche Fütterungssysteme für die höheren NEFA- und BHB-Werte der Färsen (Spanientransporte) mitverantwortlich gemacht werden. Da Zuchttiere üblicherweise erheblich restriktiver gefüttert werden (u.a. um eine Verfettung der Tiere vor der Geburt zu vermeiden) als Schlachttiere, die zur Mastkondition gefüttert werden, haben die Zuchtfärsen auch erheblich geringer Energiereserven, auf die sie in Belastungs- und Mangelsituationen zurückgreifen können.

Die Thermoregulation, Energiestoffwechsel und Wasseraufnahme, sowie motorische Aktivität stehen in physiologischem Zusammenhang mit der **Körpertemperatur** von Säugetieren und haben somit Einfluss auf diese.
Um etwa 0,1 bis 0,2 °C steigt die Körpertemperatur der Färsen im Verlauf des Transports nach Spanien an. Sie liegt bei den Tieren des ersten Transports trotz der z. T. erheblich höheren Umgebungstemperaturen nur unwesentlich über der des zweiten Transports. Während der Pausen steigen Temperatur und Feuchte im Fahrzeuginneren an, da der LKW steht und somit der Abtransport der erwärmten Luft aus dem Laderaum eingeschränkt ist. Trotzdem sind nur geringe Schwankungen in der Körpertemperatur der Tiere zu verzeichnen, so dass die Thermoregulation offenbar ungestört verlief.
Die Ladedichte im Fahrzeug bleibt unter den Transportbedingungen ohne Einfluss.
Mit einem Korrelationskoeffizienten von $r = 0{,}51$ ($p < 0{,}005$) zwischen Körpertemperatur und dem β-Hydroxybutyrat-Gehalt (BHB) im Plasma und einem von $r = -0{,}42$ ($p < 0{,}05$) zur Glucose besteht eine relativ enge Beziehung zwischen der Körpertemperatur und dem Energieumsatz der Rinder. Der Anstieg der Körpertemperaturen während der Transporte ist deshalb wohl vornehmlich auf den steigenden Energieumsatz der Tiere zurückzuführen (ELSASSER et al. 2000). Dies stimmt auch mit Aussagen von WARRISS (1990) überein, die besagen , dass durch motorische und psychische Belastungen bei Verladevorgängen und Transport die Stoffwechselrate ansteigt und damit auch die Körpertemperatur der Tiere.
So besteht die Gefahr, dass die Tiere ein Energiedefizit entwickeln.

Zur Beurteilung des **Flüssigkeitshaushalts** der Tiere sind bei den Versuchen die Parameter **Gesamteiweiß**, **Natrium** und bei den Spanien- und Slowenienversuchen auch der **Hämatokrit** untersucht worden. Die Problematik der Dehydration im Zusammenhang mit Transport-Belastung ist bereits von zahlreichen Autoren aufgeworfen worden (JARVIS et al. 1996a u. 1996b, ATKINSON 1992, KNOWLES et al. 1999b, SCHAEFER et al. 1990 u. 1997). In den meisten Untersuchungen wird nur das Gesamteiweiß als Parameter des Flüssigkeitshaushalts herangezogen, gelegentlich auch der Hämatokrit, während die Natriumkonzentrationen im Plasma so gut wie nie untersucht werden.

Zu Beginn der Transporte nach Spanien ist ein deutlicher Anstieg der Konzentration des Gesamteiweiß (GE) zu beobachten. Als Ursache für diese initiale Erhöhung kann eine kreislaufbedingte Hämokonzentration angesehen werden, die auf einer Blutdruckerhöhung aufgrund stressbedingter Catecholaminausschüttung beruht.

Mit zunehmender Transportdauer zeigen Färsen (Spanientransporte) eine kontinuierliche Zunahme der GE-Plasmakonzentration. Dies stimmt auch mit den Untersuchungen anderer Autoren (KNOWLES 1999, WARRISS 1990, KNOWLES et al. 1999b, WARRISS et al. 1995) überein.

Neben einer stressinduzierten Blutdruckerhöhung kommen andere Ursachen für einen Anstieg der Parameter des Flüssigkeitshaushalts in Betracht; so ist eine vermehrte Flüssigkeitsabgabe durch Schwitzen sowie vermehrten Harn und Kotabsatz denkbar. Auch eine verminderte Wasseraufnahme kann zu Dehydration führen. Diese könnte auch durch Probleme mit der Tränketechnik entstehen, wenn z. B. unzureichende Druckverhältnisse im Leitungssystem das Wasserangebot vermindern. Die Messung der Wasseraufnahme der Tiere während der Fahrt wäre deshalb ein wichtiger Kontrollmechanismus.

Besonders auffällig ist der sprunghafte Anstieg der GE-Konzentration beim zweiten Spanientransport, bei dem die Färsen die ihnen unbekannten Nippeltränken nicht annahmen und so ihren Wasserbedarf nur über die manuelle Eimertränke während den Pausen decken konnten.

Die Befunde werden auch durch die Natrium-Konzentration bestätigt. Je länger der Transport dauert, desto größer ist die Gefahr des Anstiegs von Natrium, Gesamteiweiß und Hämatokrit.
Dies trifft auch für die Tiere der Slowenientransporte zu, wobei bei den Ochsen im Gegensatz zu den Bullen höhere Natriumwerte auffallen. Für diese auffälligen Tiergruppen- und Geschlechtseinflüsse auf die Parameter des Flüssigkeitshaushalts muss das unterschiedliche Haltungssystem berücksichtigt werden. Es ist zu vermuten, dass die Weideochsen aufgrund der Weidehaltung, Probleme mit der Gestaltung der Tränken im Fahrzeug hatten. Da sie sich bis zum Transport nur von Gras ernährt hatten, was im Gegensatz zu Heu über einen hohen Wassergehalt verfügt, besteht die Gefahr, dass die Tiere es nicht gewohnt waren, derart große Wassermengen aufzunehmen. Auch ist nicht bekannt, ob die Weide mit einem ähnlich gestalteten Tränkesystem ausgerüstet war, und somit die Tiere mit der Technik vertraut waren.
Es ist also wichtig die „Vorgeschichte“ der Tiere rechtzeitig vor dem Transport zu kennen, um sie bedarfsgerecht versorgen zu können. Zu überlegen ist auch, ob nicht alle Tiere grundsätzlich vor langen Transporten in den späteren Gruppen aufgestallt und an die Versorgungseinrichtungen des Transporters sowie an das Futter gewöhnt werden sollten. Wichtig ist auch eine ausreichende Versorung direkt nach dem Ausladen vom Transportfahrzeug. Dann können die „Normalwerte“ relativ rasch wieder erreicht werden. So sanken die Werte der Parameter des Flüssigkeitshaushalts bei den Tieren (mit Ausnahme des Hämatokrits bei den Bullen des dritten Transports) während der Ruhephase wieder ab. Dies stimmt auch mit Beobachtungen von WARRISS et al. (1995) überein, die feststellten, dass sich moderate Dehydrationen nach dem Transport rasch wieder ausgleichen, sobald die Tiere freien Zugang zu Wasser haben.

Im Zusammenhang mit der **Transportdauer** stellen sich besonders die **Energie- und Wasserversorgung** als Problembereiche dar. Eine zunehmende Dehydration der Tiere mit zunehmender Transportdauer ist bereits von vielen Autoren beschrieben worden (ATKINSON 1992, GRANDIN 1997, KNOWLES et al. 1999b, MORMÉDE et al. 1982, WARRISS 1990). Bei Transporten in den mediterranen Raum im Hoch-

sommer besteht die Gefahr, dass die Dehydration und Thermoregulation der Tiere, auch bei verbesserter Wasserversorgung und Lüftungstechnik, gravierendere Ausmaße annehmen kann.
Analog zur Wasserversorgung zeigt sich auch im Energiehaushalt ein Einfluss der Transportdauer, wobei der Gehalt an freien Fettsäuren und β-Hydroxybutyrat im Blut mit zunehmender Transportdauer deutlich zu steigen beginnt (KNOWLES 1999, WARRISS et al. 1995, WILHELM 1996).
Auch bei den Zucht- und Schlachtrindern zeigt sich über den Transportverlauf ein Anstieg der NEFA- und BHB-Werte. Dabei fällt auf, dass nach gleich langer Transportdauer (ca. 30 h) die Werte der Färsen bereits deutlich über denen der Bullen und Ochsen liegen. Erst nach weiteren 48 bis 60 Stunden werden die Färsen abgeladen; zu diesem Zeitpunkt sind die NEFA- und BHB-Werte noch weiter angestiegen. Die längere Transportdauer führt also zwar zu einer zunehmenden Belastung des Energiehaushalts, aber der große Unterschied zwischen den Tiergruppen nach gleich langer Transportdauer spricht jedoch dafür, dass noch andere Gründe für das Energiedefizit vorliegen müssen. Da die Fütterung in etwa ähnlich war (Heu), scheinen die hochtragenden Färsen einen höheren Energiebedarf als die Bullen und Ochsen zu haben, der mit Heufütterung nicht zu decken ist.
Zusätzlich zum erhöhten Bedarf hochtragender Zuchttiere kommt die üblicherweise restriktive Fütterung im Herkunftsbetrieb. Dementsprechend haben die weiblichen Zuchttiere geringere Reserven auf die sie zurückgreifen können und geraten schneller in ein Defizit. Um diese Problematik abzumildern, sollten die Tier gezielt auf die Transportbelastung vorbereitend gefüttert werden, zum einen, um einen rapiden Futterwechsel zu vermeiden, zum anderen aber um eine bessere Energieversorgung zu gewährleisten. Auch während des Transports müssen die Tiere besser versorgt werden, wobei z. B. Kraftfutter die Problematik von Fehlverdauung aufwirft. Es müssten folglich Grundfutter mit erhöhter Energiedichte vor und während des Transports zum Einsatz kommen.

Einige Autoren geben aufgrund ihrer Untersuchungen Empfehlungen zu maximalen Transportzeiten. So stellt WILHELM (1996) beispielsweise nach 4 bis 6 Stunden pa-

thologische Werte bei der Creatinkinase, der freien Fettsäuren und der Körpertemperatur fest und schlägt eine Beschränkung der Transportzeit auf vier Stunden vor. Dabei gilt jedoch zu beachten, dass diese Werte zum Teil auf relativ kleinen und heterogenen Tiergruppen basieren.
KNOWLES et al. (1999) stellen fest, dass Rinder mit einer Transportzeit von 31 Stunden zurecht kommen, sehen aber vor allem durch die Problematik der Dehydration eine Beschränkung der Transportzeit als erforderlich an. Ähnliches beobachten WARRISS et al. (1995) auch für 15 Stunden.
TARRANT und GRANDIN (2000) sehen nicht hauptsächlich in der Transportdauer die Problematik, sondern viel mehr in Transportkonditionen, -bedingungen und –management.

Im Anschluss an den Transport, bzw. nachdem die Tiere 29 Stunden transportiert worden sind, schreibt der Gesetzgeber eine **24-stündige Ruhepause** vor. Mehrere Autoren, unter anderem KNOWLES et al. (1997 u. 1999) haben Untersuchungen über die Länge der Ausruhphase gemacht, wobei sie zu dem Schluss kommen, dass 24 Stunden ein angemessener Zeitraum sind, in dem die meisten physiologischen Untersuchungsparameter wieder auf Werte zurückkehren, die im Bereich der Ausgangswerte liegen.
Bei den Färsen der Spanientransporte zeigt sich zwar für die meisten Werte eine „Normalisierung“, jedoch werden die Ausgangswerte selten wieder erreicht. Vor allem der Energiestoffwechsel scheint den Tieren noch nachhaltig Schwierigkeiten zu bereiten, besonders den Tieren des ersten Transports. Als Hauptgrund wird vermutlich die energetische Minderversorgung während der etwa vier Transporttage zu Buche schlagen, die sich im **Wartestall** in Spanien fortsetzt. Dort wird den Tieren überwiegend eine Ration aus Silage mit Zusatz von Orangenschalen angeboten, die von geringer Akzeptanz war.
Bei den Tieren der Slowenientransporte ist die Situation verschieden. Im Wartestall im Koper wird den Tieren reichlich frisches Heu und Wasser angeboten, auch die klimatische Situation ist bei den Versuchen nicht zu bemängeln. Trotzdem sind die meisten Werte der Bullen deutlich erhöht. Am auffälligsten ist der Wert der Creatinki-

nase dieser Tiergruppe erhöht, ebenso wie die deutlich erhöhte Herzfrequenz und der erhöhte Cortisolspiegel. Untersuchungen zum Verhalten während der Ausruhphase in Koper von KOS (2001) an diesen Tieren zeigten, dass die Bullen nur die Hälfte der Zeit mit Ausruhen und Wiederkäuen verbrachten als die Ochsen und auch deutlich weniger Zeit zum Fressen aufwendeten. Dafür waren die agonistischen Interaktionen, wie beispielsweise „Aufspringen“, bei den Bullen signifikant erhöht.
Bullen zeigen mit zunehmendem Alter ein aggressiveres Verhalten als Ochsen, wobei die Gruppengröße und das Platzangebot eine wichtige Rolle spielen. Steht den Tieren mehr Platz zur Verfügung, nimmt die Aggressivität etwas ab. Mit zunehmender Gruppengröße nimmt die Aggressivität zu, vor allem dauern die Kämpfe länger an (TENNESSEN et al. 1985).
Die Untersuchungen machen deutlich, dass die Räumlichkeiten und das Management in den Warteställen den Tiergruppen angepasst werden muss, damit die positiven Effekte der Ausruhphase nicht verloren gehen oder die Ruhephase sogar eine Fortsetzung der Stresseinwirkung durch den Transport darstellt.

Das intrazelluläre Kation **Magnesium** hat eine wichtige Rolle bei der neuromuskulären Erregungsbildung inne. Sinkt sein Plasmagehalt unter die kritische Grenze von 0,7 mmol/l ab, besteht die Gefahr des Auftretens einer Tetanie (ROSENBERGER 1978, SZENTKUTI u. EHRLEIN 2000). Bisher findet Magnesium jedoch bei den zahlreichen experimentellen Transportversuchen diverser Autoren keine große Beachtung, so dass vermutet werden könnte, dass Transporttetanien in der Praxis keine großer Rolle spielen oder deren Risiko unterschätzt wird.
Bei den Spanien- und Slowenientransporten nähern sich allerdings einige Tiere und Tiergruppen bedenklich dem unteren kritischen Bereich an. Die niedrigsten Mg-Werte werden gegen Ende des 2. Spanientransports erzielt.
Es scheint, dass mit zunehmender Dauer des Transportes der Magnesiumspiegel im Blut sinkt.
Interessanterweise lässt sich bei den Spanientransporten ein Einfluss der Position im Fahrzeug nachweisen. Hierbei zeigen die Tiere im Oberdeck die niedrigeren Werte.

Da die Fütterung gleich war, muss von einer höheren Belastung der Tiere im Oberdeck z.B. durch die stärkere Fahrzeugauslenkung ausgegangen werden.
Bei den Ochsen spielen vermutlich auch nutritive Faktoren eine Rolle. Die Weideochsen haben bereits zum Zeitpunkt der Verladung relativ niedrige Magnesiumgehalte im Plasma. Dies kann neben Stress auch durch eine verminderte Futteraufnahme, bzw. verminderte Resorption von Magnesium aus dem Futter bewirkt worden sein. Da die Ochsen längere Zeit vor dem Transport ausschließlich auf der Weide gehalten wurden und demnach eine weitestgehend auf Gras basierende Ernährung hatten, haben sie vermutlich alimentär weniger Magnesium aufgenommen.

Die **Schilddrüsenhormone** Trijodthyronin (**T_3**) und Thyroxin (**T_4**) haben eine wichtige Rolle bei der Regulierung des Stoffwechsels und der Thermoregulation. Dies geschieht zum einen über die Beeinflussung anderer Hormone wie beispielsweise Cortisol und Catecholamine, sie können aber auch direkt den Grundumsatz beeinflussen und damit Sauerstoffverbrauch und Wärmeproduktion verändern (MATTERI et al. 2000, SLEBODZINSKI 1994).

Einen Anstieg der Schilddrüsenhormone durch Transportbelastung bei schwarzbunten Färsen beobachteten STEINHARDT et al. (1997). Hinsichtlich des Energiestoffwechsels stellen FÜRLL et al. (1993) im Gegensatz zu von ihnen zitierten früheren Autoren eine positive Korrelation der Schilddrüsenhormonen mit NEFA- und BHB-Werten unter ketotischen Bedingungen fest.
MITCHELL et al. (1988) stellten in ihren Untersuchungen fest, dass ein „handling“ der Tiere einen Anstieg des T_3-Spiegels verursacht, der ausgeprägter ist als nach transportbedingten Belastungen.
Bei den Schlachttieren der Slowenientransporte sind für die T_3-Plasmakonzentration keine deutliche Transporteinflüsse festzustellen. Vom Zeitpunkt kurz vor dem Aufladen der Tiere bis nach dem Abladen der Tiere bleibt die T_3-Konzentration nahezu konstant, zum Teil mit geringfügig abnehmender Tendenz.

Im Vergleich der Tiere der Transporte nach Slowenien, zeigen die Weideochsen die mit Abstand niedrigsten Werte. Eine Korrelation zu den Parametern des Ernährungshaushalts besteht nicht. Bei der Varianzanalyse ist ein höchst signifikanter Einfluss der Tiergruppe festzustellen. Ein reiner Geschlechtseinfluss ist nicht nachweisbar, außer nach der 24-stündigen Ruhephase ($p < 0,05$). Auch die Untersuchungen von MITCHELL et al. (1988) können einen Geschlechtseinfluss nicht bestätigen. Nachdem sich auch kein klimatischer Einfluss statistisch nachweisen lässt, ist der Grund für die unterschiedliche Reaktion der Tiergruppen der Slowenienfahrten, die schon zum Zeitpunkt vor der Verladung vorliegt, nicht eindeutig zu klären.
Es liegen in der Literatur Hinweise auf unterschiedliche Werte der Schilddrüsenhormone bezüglich des Alters der Tiere und Schwankungen bei laktierenden und tragenden Schafen vor, aber keine Angaben auf geschlechtsspezifische Unterschiede im Hormonhaushalt (SLEBODZINSKI 1994).

Eine Beeinflussung des **Immunsystems** durch Stress ist ein bekanntes Phänomen (BLECHA 2000, LADEWIG 1994). Die bedeutendste Folge von Transportstress bei Rindern ist das sog. „shipping fever“, eine Erkrankung, die wesentlich durch die Beeinträchtigung des Immunsystems infolge Stress ausgelöst wird (TARRANT u. GRANDIN 2000).
„Shipping fever“ wurde bei keinem der untersuchten Tiere beobachtet. Allerdings fanden sich bei zahlreichen Einzeltieren Gesamtleukozytenzahlen, die über den physiologischen Grenzwerten lagen. Klinische feststellbare Symptome, die auf Veränderungen im weißen Blutbild hinweisen, waren nicht zu erkennen. Bemerkenswert waren die von Tag zu Tag erheblichen Schwankungen. Einflüsse seitens erhöhter Cortisolspiegel, die Leukozytosen auslösen können (BLECHA 2000), sind kaum aufgefallen.
Generell ist die Tendenz einer leichten Zunahme der Leukozyten zu sehen. Von einer deutlichen Leukozytose, wie sie MURATA und HIROSE (1990) in ihren Untersuchungen beobachteten, kann jedoch nicht die Rede sein (größter Mittelwert 9670 Leukozyten pro µl bei den Tieren des 3. Slowenientransports nach der Ausruhpha-

se). Den niedrigsten Wert, abgesehen von den Proben aus dem Herkunftsstall, weisen die Weideochsen des zweiten Transports vor der Verladung auf (7238 Leukozyten pro µl). Klimatische Bedingungen können einen Einfluss haben, wie auch das statistischen Modell andeutet. Dies könnte die niedrigeren Werte der Weideochsen im November (Temperatur-Mittelwert über den gesamten Transport 13,7 °C) gegenüber den Bullen des September-Transports (22,2°C) erklären. Auch ROSENERGER (1990) weist auf jahreszeitliche Einflüsse auf das weiße Blutbild mit Minimalwerten im Winter hin. Dem widersprechen die Befunde des dritten Transports (Januar 2001; 8,4°C), dort wiesen die Tiere Maximalwerte auf.
Der relativ hohe Gehalt an eosinophilen Granulozyten bei den Weideochsen (bis zu 11,8%) stellt vermutlich nur einen Nebenbefund ohne Bedeutung für Transporteinflüsse dar. Eventuell könnte Parasitenbefall bei den Weideochsen ursächlich daran mitbeteiligt sein.
Resümierend gilt festzustellen, dass immunologische Parameter vermutlich vom Transportgeschehen beeinflusst werden. Zu welchem Grad dies geschieht, ist aufgrund der Datenstruktur und großen individuellen Schwankung nicht zu belegen.

Für einige physiologische und biochemische Parameter zeigte die statistische Analyse der Daten, dass die **Position**, bzw. der Standort, den die Tiere im Fahrzeug haben, häufig einen signifikanten Einfluss auf die Belastungsreaktion ausübt. Dabei waren stets die Tiere, die im oberen Ladedeck untergebracht waren, stärker belastet als die Tiere, die unten standen. Besonders die Tiere in der vorderen Abteilung des Oberdecks reagierten am ausgeprägtesten hinsichtlich der meisten Parameter. Bei gleicher Behandlung der Tiere, gleichem Fahrstil und Straßenbeschaffenheit ist davon auszugehen, dass die höhere Belastung der Tiere von **Fahrzeugbau und –technik** herrührt. Aufgrund der Fahrzeughöhe ist nachzuvollziehen, dass Schwankungen und Neigungswinkel, vor allem quer zur Fahrtrichtung, sich in der oberen Etage stärker auswirken. Demnach werden vermutlich Beschleunigungsvorgänge, Kurven und Bodenunebenheiten dort als gravierender empfunden.

Als Ursache für die stärkere Belastung im vorderen Abteil kommen möglicherweise Probleme mit der Lüftung in Betracht. Auf den Spezialfahrzeugen für Rinder sind Zwangslüftungssysteme die gängige Praxis. Der vorderen Abteilung, die sich quasi direkt im Windschatten der Zugmaschine befindet, könnte dadurch eventuell nicht genügend Frischluft durch die Lüftungsklappen zugeführt werden, so dass es dort zu einer größeren Wärmebildung kommt. Die Klimamessungen in der vorliegenden Studie können diese Vermutung allerdings nicht belegen. Hinsichtlich des Klimas im Fahrzeuginneren und der Lüftungstechnik wären Verbesserungen anzustreben und sollten vertiefende Untersuchungen durchgeführt werden. Vor allem auch, weil das Zwangslüftungssystem ein großes Risiko für die Tiere bergen kann, wenn beispielsweise der Verkehr aufgrund von Staus oder Unfällen zum Stillstand kommt, (HONKAVAARA 1993, WARRISS 1996, TARRANT u. GRANDIN 2000).

Als weitere mögliche Ursache für unterschiedlich ausgeprägte Belastungsreaktionen in Abhängikeit vom Standort im Fahrzeug kommt in Betracht, dass sich das vordere Abteil oberhalb der Kopplungsstelle von Auflieger und Zugmaschine befindet. Dies kann sowohl eine stärkere Übertragung von Vibrationen verursachen als auch bei Wendungen und Kurven größere Kurvenradien beinhalten.

Es bestehen Zusammenhänge zwischen Vibrationen und der Federungstechnik der Fahrzeuge (SINGH 1991).

4.2 Schlussfolgerung

1. Es zeigt sich, dass eine bedarfsgerechte Futterversorgung beim Transport nicht immer gewährleistet werden kann. Besonders für hochtragende Zuchttiere sind die transportüblichen Futtermittel (Heu), nicht energiereich genug, so dass die Tiere in eine defizitäre Stoffwechsellage geraten, die sich mit zunehmender Transportdauer verstärkt.
Eine Versorgung der Tiere während aller Transportphasen mit energiereicherem Grundfutter sowie eine auf den Transport vorbereitende Fütterung der Tiere ist anzustreben.

2. Die Wasserversorgung der Tiere muss gewährleist sein, um eine zunehmende Dehydration während des Transports zu vermeiden. Dabei ist es vor allem wichtig, dass das Tränkesystem von den Tieren angenommen wird. D.h., die Tiere müssen das Tränkesystem kennen oder rechtzeitig vor dem Transport daran gewöhnt werden.

3. Anhand der vorliegenden Studie ist festzustellen, dass eine Optimierung der Futter- und Wasserversorgung wichtiger ist als die absolute Transportdauer und in diesem Bereich Verbesserungen anzustreben sind.

4. Die Befunde der freien Fettsäuren der Färsen zeigen, dass längere Pausen wie z.B. bei der Ein-Fahrerregelung eine bessere Futterversorgung der Tiere gewährleistet.

5. Die Schlachttiertransporte zeigen, dass ein Umgruppieren der Tiere nicht nur nachteilig die Aufregung in der Verladestation verstärkt, sondern vor allem auch den Effekt der Ausruhphase im Wartestall zunichte gemacht wird. D.h., es wäre ratsam möglichst nur Tiere aus einem Herkunftsstall gemeinsam zu verladen. Vor allem aber ist es sinnvoll, den Wartestall so zu gestalten, dass er den Bedürfnissen der Tiergruppe gerecht wird. Kleinere Buchten mit kleineren Tiergruppen, z. B. jeweils die

Tiere einer LKW-Abteilung, wären im Falle der Schlachtbullen günstiger. Ggf. müssten zusätzlich Vorrichtungen einsetzbar sein, die das Aufspringen von Bullen untereinander einschränken bzw. verhindern.

6. Die unterschiedlich starken Belastungsreaktionen anhand einiger Parameter (Herzfrequenz, Cortisol, NEFA, BHB) in Abhängigkeit vom Standort der Tiere im Fahrzeug zeigen, dass die Fahrzeugtechnik besonders im Hinblick auf die Federungssysteme im Zusammenhang mit Vibrationen und Beschleunigungsvorgängen weiter untersucht und verbessert werden sollte. Es gibt in der Literatur wenig Hinweise auf Untersuchungen zur Fahrzeugtechnik; dies stellt sicherlich einen Bereich dar, der im Sinne des Tierschutzes mit experimentellen Untersuchungen tiefer beleuchtet werden sollte.

5 ZUSAMMENFASSUNG

Fast jedes Rind wird im Laufe seines Lebens mindestens einmal transportiert. Auf diesen Transporten sind die Tiere einer Vielzahl unterschiedlicher Einflüsse ausgesetzt, die das Wohlbefinden der Tiere im unterschiedlichem Maße beeinträchtigen können. Je länger Transporte dauern, desto größer ist das Risiko von Belastungen für die Tiere. Aber nicht nur die Transportdauer sondern auch das Fahrzeug sowie Ausstattung, die Fahrweise, die Betreuung und Behandlung der Tiere durch den Menschen, Futter und Wasserversorgung, die Gruppenzusammensetzung und das Temperament der Tiere spielen eine wichtige Rolle. Um die Belastung der Tiere während des Transports zu mindern und um dem öffentlichen Interesse an tierschutzgerechten Transporten gerecht zu werden, hat der Gesetzgeber auf nationaler und europäischer Ebene Vorschriften erlassen, die u.a. die Ladedichte und die Transportzeiten begrenzen und Ruhepausen mit Versorgung vorschreiben. Allerdings sind viele der dort festgeschriebenen Werte nicht oder nur unzureichend durch wissenschaftliche Untersuchungen belegt. Besonders mangelt es an aussagekräftigen Praxisversuchen, die neben Witterungs- und Klimaeinflüssen auch physiologische und biochemische Belastungsindikatoren im Ferntransport einbeziehen.

Es wurden daher Zuchtfärsen, Schlachtbullen und Schlachtochsen auf Langstreckentransporten nach Slowenien (Bullen und Ochsen) und Spanien (Färsen) mit einem Laborwagen vom Ausgangsort bis zum Zielort begleitet.
Es fanden zwei Transporte mit insgesamt 116 tragenden Färsen aus Norddeutschland nach Südspanien statt. Die Transporte wurden jeweils mit zwei LKW durchgeführt und unterschieden sich in der Gestaltung von Fahrt- und Pausenintervallen nach der Ein- oder Zwei-Fahrrerregelung. Zusätzlich wurden hier die Auswirkungen einer reduzierten Ladedichte untersucht. An 64 Tieren wurde die Körpertemperatur und Herzfrequenz kontinuierlich gemessen, von 48 dieser Tiere wurde Blut gewonnen. Blutparameter waren Cortisol, CK, NEFA, BHB, Glucose, Gesamtprotein, Natrium und Magnesium sowie der Hämatokrit.

Es fanden drei Transporte mit insgesamt 199 Schlachtbullen und Schlachtochsen von Ostfriesland nach Koper (Slowenien) statt. Jeder Transport wurde mit jeweils zwei LKW durchgeführt. Beim ersten und dritten Transport wurden 15 bis 20 Monate alte Bullen transportiert, bei dem zweiten Transport Weideochsen im Alter von 24 bis 28 Monaten. Bei insgesamt 64 Tieren wurde die Herzfrequenz aufgezeichnet (21 Ochsen, 43 Bullen), Blutproben wurden von 80 Tieren (21 Ochsen, 59 Bullen) gewonnen. Hierbei wurden alle bereits erwähnten Parameter untersucht sowie zusätzlich die Gesamtleukozytenzahl und das Differentialblutbild bestimmt.

Die Untersuchungen der Transporte unter kommerziellen Bedingungen nach Spanien und Slowenien zeigen, dass eine Gewöhnung an die Belastung mit zunehmender Transportdauer nur bedingt und nur für einzelne Belastungsparameter wie beispielsweise Cortisol stattfindet. Die Transportdauer selbst stellt jedoch das geringere Problem dar. Schwerwiegender wirken sich ungünstige Transportbedingungen und Begleitumstände sowie ein mangelhaftes Transportmanagement aus.

Ein Hauptproblem stellt dabei die bedarfsgerechte Futterversorgung der Tiere dar. Besonders für die hochtragenden Zuchttiere weisen die transportüblichen Futtermittel wie Heu eine unzureichende Energiedichte auf, so dass die Tiere in eine defizitäre Stoffwechsellage geraten, die sich mit zunehmender Transportdauer verstärkt, charakterisiert durch steigende BHB- und NEFA-Werte. Die längeren Pausenintervalle der Ein-Fahrerregelung bieten den Tieren mehr Gelegenheit zur Futteraufnahme und verringern so das Energiedefizit, verlängern aber die Gesamtdauer des Transports.

Aufgrund der Untersuchungsergebnisse ist als Empfehlung festzuhalten, dass die Belastung des Energiestoffwechsels der Tiere durch längere Pausen, wie z.B. bei der Ein-Fahrerregelung, zu verbessern ist. Den Tieren sollte ferner ein energiereicheres Grundfutter angeboten werden. Zusätzlich wäre eine vorbereitende Fütterung im Hinblick auf den Transport insbesondere von in der Regel restriktiv gefütterten Zuchtfärsen sinnvoll.

Die Probleme, welche die Färsen des zweiten Spanientransports und die Weideochsen mit der Wasserversorgung hatten (ungenügende Wasseraufnahme mit erhöhten GE- und Natrium-Werten einhergehend), machen deutlich, dass auch hinsichtlich der Tränketechnik eine Vorbereitung der Tiere auf den Transport erforderlich ist. Dabei sollten entweder die Tiere vor dem Transport an das Tränkesystem der Fahrzeuge gewöhnt werden oder besser die Tränkeeinrichtung dem der Haltung der zu transportierenden Rinder entsprechen.

Besonders beim Transport von Bullen sollte die Zusammensetzung der Gruppen auch während der Ruhepausen in Versorgungsstationen beibehalten werden, da eine Umgruppierung die Aktivität der Tiere hier erheblich erhöht. Ein Ausruhen findet dadurch nicht statt und sowohl Futter- als auch Tränkeaufnahme bleiben reduziert, was sich auch in deutlich erhöhten Herzfrequenz, CK-Aktivität, Cortisol-, NEFA- und BHB-Werten widerspiegelt.
Bei einer Vielzahl physiologischer Parameter (Gewicht, Cortisol, NEFA, BHB, Mg) reagierten häufig die Tiere heftiger, die im Fahrzeug in der Bucht vorne oben untergebracht waren. Diese unterschiedlichen Reaktionen der Tiere hinsichtlich ihres Standorts im Fahrzeug machen deutlich, dass besonders in Bezug auf Vibration und Federung vertiefende Untersuchungen zur Fahrzeugtechnik durchgeführt werden sollten.

Es kann festgehalten werden, dass hinsichtlich einer bedarfsgerechten Futter- und Wasserversorgung, entsprechenden Pausenzeiten, Transportorganisation sowie bedarfsgerechter Ausstattung und Management von Warteställen eine Überarbeitung der gesetzlichen Regelungen sinnvoll erscheint.

6 SUMMARY

Stefanie B. Schmeiduch

Effect on breeding and slaughter cattle of long distance transportation by road

Almost every cattle will have to undergo the process of being transported at least once during its life. These transports bear a multitude of stressful events that might have impact on the well-being of the animal. National and EU rules and regulations were enacted in order to minimize these stressful events and to satisfy the public interest. These regulations contain directives like minimal space allowances, maximal transport time e.g. , but most of these directives are not scientifically verified. Most of all, mainly research under experimental conditions has taken place so far. This means that those experimental transports do not include additional stressful events, that quite often accompany the „real life transport situation“ such as prolonged transport time due to traffic jams or custom problems, extreme climatic conditions, unsuitable designed vehicle or lairage facilities etc. Therefore reliable data such physiological and biochemical parameters for evaluation of longdistance transports is scarce.

In this study breeding (heifers) and slaught cattle (bulls and steers) wered accompanied over the longdistance transport by a laboratory vehicle.
The two commercial transports of 116 pregnant heifers from northern Germany to the south of Spain. Each transport was conducted with 2 trucks. They differed regarding the intervals of driving and resting time depending on wether they were conducted with one or two drivers. During each transport, the 2 trucks varied regarding to loading density. Continuous heart rate and body temperature were measured on 64 animals, blood samples were taken from 48 of these heifers. Cortisol, CK, NEFA, BHB, glucose, total protein, sodium, magnesium and PCV were analyzed.

Three commercial transports were conducted with 199 slaughtercattle (bulls and steers). The animals were transported form northern Germany to the harbour of Ko-

per (Slovenia). Each transport was conducted with two trucks. Bulls of 15 o 20 months of age were used on the first and third transport; the second transport used 24 to 28 months old steers, raised on pasture ground. Heart rate was monitored on 21 steers and 43 bulls, blood samples were taken from 21 steers and 59 bulls. All parameters mentioned before were analyzed, as well as thyroid hormones (T_3 and T_4) and total and differential leukocyte count.

The commercial transports to Spain and Slovenia show, that an adaptation to the transport only takes part to a certain degree and for a few parameters such as cortisol. It seams that the transportation time is less of a problem as e.g. in comparison to inadequate transport condition and management.

One of the main problems is to satisfy the energetic demand of the animals. Especially pregnant breeding cattle is exposed to an energy deficit when only fed on hay, which is common practice on commercial transports. Naturally with increasing transport time the energetic deficit is becoming more severe, as represented by elevated plasma levels of NEFA and BHB. A transport conducted with one driver, as done on the second transport to Spain, is conducted with longer resting intervals, which guarantees a better food intake for the animals. Naturally it has the disadvantage of prolonging the total transport time.

As results of this study longer resting intervals, like those in transports conducted with one driver are recommend to improve the metabolic situation of the animals. In addition to that the animals should be fed with fodder of a higher energetic value. Since pregnant heifers usually are on a restrictive diet, it would be advisable to initiate a special feeding regime before transport, in order to prepare them nutritional wise for the upcoming transport situation.

Due to an unknown technology of the drinking system, the animals from the second transport to Spain (as to some degree the as well) were exposed to the risk of dehydration (an increase in total protein and sodium levels). In order to avoid such

problems, the animals should either be adapted to the system used on the vehicle, or the technology on the vehicle has to be designed in a way that is familiar to the animals.

It is recommend that the animal groups should not be mixed during transport or in the lairage facilities. This was particularly a problem with the bulls, who could not benefit much of their lairage time, since they were occupied for most of the time with fights over hierarchy, which also showed in increased CK, heart rate, cortisol, NEFA and BHB values. Furthermore an adjustment of the lairage facilities in respect to the type of animal group could add to an improvement.

This study showed as well that the animals‘ reaction was of different intensity regarding to in which part of the vehicle the animals were placed. The upper front pen showed quite often for most physiological parameters higher elevated levels (liveweigt, cortisol, NEFA, BHB, Mg) then in the others. This leads to the conclusion that vehicle technology especially in regard to vibration and suspension systems is underestimated and further research in this field should be conducted.

Therefore it can be concluded that regarding the feeding and watering regime, the resting intervals, the organization of transports, vehicle technology and lairage facilities an evaluation and adjustment of the legal situation would advisable.

7 LITERATURVERZEICHNIS

AGNES, F, P. SARTORELLI, B.H. ABDI u. A. LOCATELLI (1990):
Effect of transport loading or noise on blood biochemical variables in calves.
Am. J. Vet. Res. 51, S. 1679-1681

ALLEN, J.P., C.F. ALLEN, M.A. GREER u. J.J. JACOBS (1973):
Stress-induced secretion of ACTH. In: A. BRODISH u. E.S. REDGATE (Hrsg.): Brain-Pituitary-Adrenal Interrelationships
Verlag Karger, Basel, S. 99-127

AMADORI, M., I.L. ARCHETTI, M. FRASNELLI, M. BAGNI, E. OLZI, G. CARONNA u. M. LANTERI (1997):
An immunological approach to the evaluation of welfare in Holstein Friesian cattle.
J. Vet. Med. 44, S. 321-327

ANDERSON, B.H., D.L. WATSON u. I.G. COLDITZ (1999):
The effect of dexamethason on some immunological parameters in cattle.
Vet. Res. Commun. 23, S. 399-413

ATKINSON, P.J. (1992):
Investigation of the effects of transport and lairage on hydration state and resting behaviour of calves for export.
Vet. Rec. 130, S. 413-416

ATKINSON, S. (2000):
Farm animal transport, welfare and meat quality.
Upsala, Swedish University of Agricultural Sciences, Thesis (Master)

BALLIEUX, R.E. u. C.J. HEIJNEN (1987):
Stress and the immune system. In: P.R. WIEPKEMA u. P.W.M. VAN ADRICHEM (Hrsg.): Biology of stress in farm animals: an integrative approach
Verlag Martinus Nijhoff, Dordrecht, Niederlande, S. 29-38

BARTLEY, J.C. (1989):
Lipid Metabolism and its Diseases. In: J.J. KANEKO (Hrsg.): Clinical biochemistry of domestic animals. 4. Aufl.
Verlag Acad. Press, San Diego, USA, S. 107-141

BENSCHOP, R.J., M. RODRIGUEZ-FEUERHAHN and M. SCHEDLOWSKI (1996):
Catecholamine-induced leukocytosis: early observations, current research, and future directions.
Brain Behav. Immun. 10, S. 77-91

BICKHARDT, K. (1992):
Kompendium der Allgemeinen Inneren Medizin und Pathophysiologie für Tierärzte.
Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg

BICKHARDT, K. u. A. WIRTZ (1978):
Der Einfluss von Anbindestress und Fütterung auf Blutmesswerte des Schweines.
Dtsch. Tierärztl. Wschr. 85, S. 457-462

BICKHARDT, K., M. NEUMANN u. C. STEINMANN (1988):
Zur Bestimmung von Metaboliten des Energiestoffwechsels in Leber- Biopsien - ein Beitrag zur Charakterisierung der Schafketose.
J. Vet. Med. A 35, S. 790-799

BICKHARDT, K., G. KÖNIG, A. JÄGER-BLOH u. T. MEYER (1989):
Plasmakonzentrationen der Glucose und 3-Hydroxy-buttersäure bei Mutterschafen unterschiedlicher Rassen und Reproduktionsstadien sowie bei Ketose.
Zuchtungskunde 61, S. 121-130

BLECHA, F. (2000):
Immune system response to stress. In: G.P. MOBERG u. J.A. MENCH (Hrsg.): The biology of animal stress
Verlag CAB International, Wallingford, UK, S. 111-121

BROOM, D.M. (2000):
Welfare assessment and welfare problem areas during handling and transport. In: GRANDIN, T. (Hrsg.), Livestock handling and transport. 2. Aufl.
Verlag CAB International, Wallingford, UK, S. 43-62

BROOM, D.M., J.A. GOODE, S.J.G. HALL, D.M. LLOYD u. R.F. PARROTT (1996):
Hormonal and physiological effects of a 15 hour road journey in sheep: comparison with the responses to loading, handling and penning in the absence of transport.
Br. Vet. J. 152, S. 593-604

BROOM, D.M. u. K.G. JOHNSON (1993):
Stress and animal welfare
Verlag Chapman and Hall, London, UK

BRUSS, M.L. (1989):
Ketogenesis and ketosis. In: J.J. KANENKO (Hrsg.): Clinical biochemistry of domestic animals. 4. Aufl.
Verlag Acad. Press, San Diego, USA, S. 87-104

BURCHFIELD, S.R. (1979):
The stress response: a new perspective
Psychosom. Med. 41, S. 661-672

CANNON, W.B. (1928):
Die Notfallfunktionen des Sympathico-Adrenalen Systems.
Ergebn. Physiol. 27, S. 380-406

CANNON, W.B. (1929):
Bodily changes in pain, hunger, fear, and rage: an account of recent researches into the function of emotional excitement,
Verlag Appleton, New York, USA

CHARLTON, D.B. (1990):
Adrenal cortical innervation and glucocorticoid secretion.
J. Endocrinol. 126, S. 5-8

CHILLIARD, Y., F. BOCQUIER u. M. DOREAU (1998):
Digestive and metabolic adaptations of ruminants to undernutrition, and consequences on reproduction.
Reprod., Nutr., Développem. 38, S. 131-152.

COOK, C.J. u. L.H. JACOBSON (1996):
Heart rate as a measure of adaptation to stress in cattle.
Austr. Vet. J. 74, S. 471-472

COOK, D.I., J.M. LINGARD, E. WEGMAN u. J.A. YOUNG (1996):
Ernährung, Energiehaushalt und Stoffwechsel. In: R. KLINKE u. S. SILBERNAGEL (Hrsg.): Lehrbuch der Physiologie. 2. Aufl.
Verlag Georg Thieme, Stuttgart, S. 359-374

CREMASCHI, G.A., G. GORELIK, A.J. KLECHA, A.E. LYSIONEK u. A.M. GENARO (2000):
Chronic stress influences the immune system through the thyroid axis.
Life Sciences 67, S. 3171-3179

DANTZER, R. u. P. MORMÉDE (1983):
Stress in Farm Animals: a need for reevaluation.
J. Anim. Sci. 57, S. 6-18

DANTZER, R., R.M. BLUTHÉ u. A. TAZI (1988):
Stress-induced analgesia in pigs.
Ann. Rech. Vet. 17, S. 147-151

DeBOER, S.F., S.J. KOOPMANS, J.L. SLANGEN u. J. VAN DER GUGTEN (1990):
Plasma catecholamine, corticosterone and glucose response to repeated stress in rats: effects of interstressor interval length.
Physiol.Behav. 47, S. 1117-1124

DELBENDE, C., C. DELAURE, A. KAMOUN and H. VAUDRY (1992):
Glucocorticosteroids, transmitters and stress.
Br.J.Psych. 160, S. 24-34

DHABHAR, F.S. and B.S. McEWEN (1997):
Acute stress enhances while chronic stress suppresses cell- mediated immunity in vivo: a potential role for leukocyte trafficking.
Brain Behav.Immun. 11, S. 286-306

DHABHAR, F.S., B.S. McEWEN and R.L. SPENCER (1997):
Adaptation to prolonged or repeated stress - comparison between rat strains showing intrinsic differences in reactivity to acute stress.
Neuroendocrinology 65, S. 360-368

DÖCKE, F. u. A. KEMPER (1994):
Nebennierenmark In: F.H. DÖCKE (Hrsg.): Veterinärmedizinische Endokrinologie
3. Aufl.
Verlag Gustav Fischer, Jena, S. 357-378.

ELDRIDGE, G.A., D.J. CAHILL u. R. BALLANDIS (1984):
The behaviour and heart rate of cattle at different loading densities during road transport
Animal Production in Australia, 15, S. 676

ELDRIDGE, G.A. u. C.G. WINFIELD (1988):
The behaviour and bruising of cattle during transport at different space allowances.
Austr. J. Exp. Agricult. 28, S. 695-698.

ELDRIDGE, G.A., C.G. WINFIELD u. D.J. CAHILL (1988):
Responses of cattle to different space allowances, pen sizes and road conditions during transport
Austr. J. Exp. Agricult. 28, S. 155-159

ELSASSER, T.H., K.C. KLASING, N. FILIPOV u. F. THOMPSON (2000):
The metabolic consequences of stress: targets for stress and priorities of nutrient use. In: G.P. MOBERG and J.A. MENCH (Hrsg.): The biology of animal stress
Verlag CAB International, Wallingford, UK, S. 77-110.

FÜRLL, M., M. SCHÄFER, M.N. DABBAGH u. H. BIER (1993):
Hormonelle Reaktionen bei Mastbullen und Kühen während dreiwöchiger Buttersäurebelastung.
Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 106, S. 364-370

GAEHTGENS, P. (1996):
Das Kreislaufsystem In: R. KLINKE u. S. SILBERNAGEL (Hrsg.): Lehrbuch der Physiologie.
Verlag Georg Thieme, Stuttgart, New York, S. 141-212

GRANDIN, T (1997):
Assessment of stress during handling and transport.
J. Anim. Sci. 75, 249-257

GROSSMAN, A. (1988):
Opioids and stress in man.
J. Endocrinol. 119, S. 377-381

HALL, S.J.G., D.M. BROOM u. G.N.S. Kiddy (1998a):
Effect of transportation on plasma cortisol and packed cell volume in different genotypes of sheep.
Small Ruminant Res. 29, S. 233-237

HALL, S.J.G., S.M. KIRKPATRICK, D.M. LLOYD u. D.M. BROOM (1998b):
Noise and vehicular motion as potential stressors during the transport of sheep.
Anim. Sci. 67, S. 467-473

HARTMANN, H., H. GUNTHER, I. MANOIU, H. MEYER, V. POPESCU, G. STEINBACH u. E. VIOR (1977):
Allgemeines Adaptationssyndrom (Selye) beim Kalb 7. Mitteilung: Zusammenhang zwischen 11-OHKS-Gehalt im Plasma und Glukosestoffwechsel unter physiologischen Bedingungen sowie nach Stressoreinwirkung.
Arch. Exp. Vet. Med. 31, S. 771-788

HENRY, J.P. u. P.M. STEPHENS (1977):
Stress, Health, and the Social Environment. A Sociobiologic Approach to Medicine.
Topics in Environmental Physiology and Medicine.
Verlag Springer, New York, USA

HERD, R.M. (1989):
Serum cortisol and "stress" in cattle.
Austr. Vet. J. 66, S. 341-342

HOLTENIUS, P. (1997):
Disturbances in the energy metabolism of dairy cows.
Svensk Veterinartidning, 49, S. 277-283

HOLTENIUS, P. u. K. HOLTENIUS (1996):
New aspects of ketone bodies in energy metabolism of dairy cows: a review
J. Vet. Med. 43, S. 579-587

HONKAVAARA, M. (1993):
Effect of a controlled ventilation stockcrate on stress and meat quality.
Meat Focus Internat. 2, S. 545-547

HOPSTER, H. (1998):
Coping strategies in dairy cows.
Landbouwuniversiteit, Wageningen, NL, Diss.

HOPSTER, H., J.T.N. VAN DER WERF, J.H.F. ERKENS u. H.J. BLOKHUIS (1999):
Effects of repeated jugular puncture on plasma cortisol concentrations in loose-housed dairy cows.
J. Anim. Sci. 77, 708-714

HUETHER, G. (1996):
The central adaptation syndrome: psychosocial stress as a trigger for adaptive modifications of brain structure and brain function.
Prog. Neurobiol. 48, S. 569-612

JACOBSON, L.H. u. C.J. COOK (1996):
Heart rate response as a measure of stress and welfare in cattle.
Proc. New Zeal. Soc. Anim. Prod. 56, S.103-106

JACOBSON, L.H. u. C.J. COOK (1998):
Partitioning psychological and physical sources of transport- related stress in young cattle.
Vet. J. 155, S. 205-208

JARVIS, A.M., D.W.J. HARRINGTON u. M.S. COCKRAM (1996a):
Effect of source and lairage on some behavioural and biochemical measurements of feed restriction and dehydration in cattle at a slaughterhouse.
Appl. Anim. Behav. Sci. 50, S. 94

JARVIS, A.M., C.D.A. MESSER u. M.S. COCKRAM (1996b):
Handling, bruising and dehydration of cattle at the time of slaughter.
Anim. Welf. 5, S. 259-270

JESSEN, C. (2000):
Wärmebilanz und Temperaturregulation. In: W.v. ENGELHARDT u. G. BREVES (Hrsg.): Physiologie der Haustiere.
Verlag Enke, Stuttgart, S. 467-481

JOSEPH-BRAVO, P., R.M. URIBE, M.A. VARGAS, L. PEREZ-MARTINEZ, T. ZOELLER u. D.B. CHARLTON (1998):
Multifactoral modulation of TRH metabolism.
Cell. Molec. Neurobiol. 18, S. 231-247

KANEKO, J.J. (1989):
Carbohydrate metabolism and its diseases. In: J.J. KANEKO (Hrsg.): Clinical biochemistry of domestic animals. 4. Aufl.
Verlag Acad. Press, San Diego, USA, S. 45-84

KELLEY, K.W., C.A. OSBORNE, J.F. EVERMANN, S.M. PARISH u. C.T. GASKINS (1982):
Effects of chronic heat and cold stressors on plasma immunglobulin and mitogen-induced blastogenesis in calves.
J. Dairy Sci. 65, S. 1514-1528

KELLEY, K.W., C.A. OSBORNE, J.F. EVERMANN, S.M. PARISH u. D.J. HINRICHS (1981):
Whole blood leukocyte vs. separated mononuclear cell blastogenesis in calves: time-dependent changes after shipping.
Can. J. Comp. Med. 45, S.249-258

KENNY, F.J. u. P.V. TARRANT (1987a):
The physiological and behavioural responses of crossbred friesian steers to short-haul transport by road.
Livest. Prod. Sci. 17, S. 63-75

KENNY, F.J. u. P.V. TARRANT (1987b):
The reaction of young bulls to short-haul road transport.
Appl. Anim. Behavi. Sci. 17, S. 209-227

KENNY, F.J. u. P.V. TARRANT (1990):
The behavioural responses of beef cattle to short haul road transport.
Appl. Anim. Behavi. Sci. 26, S. 292-293

KENT, J.E. u. R. EWBANK (1983):
The effect of road transport on the blood constituents and behaviour of calves I. Six months old.
Brit. Vet. J. 139, S. 228-235

KLINIK FÜR KRANKHEITEN DES RINDES, Tierärztliche Hochschule Hannover
Angaben zum physiologischen Normbereich einiger Parameter beruhen auf den Referenzangaben des Labors der Klinik für Rinderkrankheiten der Tierärztlichen Hochschule Hannover

KLINKE, R. u. S. SILBERNAGEL (1996):
Lehrbuch der Physiologie
Verlag Georg Thieme, Stuttgart, New York

KNOWLES, T.G. (1995):
A review of post transport mortality among younger calves.
Vet. Rec. 137, S. 406-407

KNOWLES, T.G. (1999):
A review of the road transport of cattle.
Vet. Rec. 144, S. 197-201

KNOWLES, T.G., S.N. BROWN, P.D. WARRISS, A.J. PHILLIPS, S.K. DOLAN, P. HUNT, J.E. FORD, J.E. EDWARDS u. P.E. WATKINS (1995):
Effects on sheep of transport by road for up to 24 hours
Vet. Rec. 136, S. 431-438

KNOWLES, T.G., P.D. WARRISS, S.N. BROWN, S.C. KESTIN, J.E. EDWARDS, A.M. PERRY, P.E. WATKINS u. A.J. PHILLIPS (1996):
Effects of feeding, watering and resting intervals on lambs transported by road and ferry to France.
Vet. Rec. 139, S. 335-339

KNOWLES, T.G., P.D. WARRISS, S.N. BROWN, J.E. EDWARDS, P.E. WATKINS u. A.J. PHILLIPS (1997):
Effects on calves less than one month old of feeding or not feeding them during road transport of up to 24 h.
Vet. Rec. 140, S. 116-124

KNOWLES, T.G., S.N. BROWN, J.E. EDWARDS, A.J. PHILLIPS u. P.D. WARRISS (1999a):
Effect on young calves of a one-hour feeding stop during a 19- hour road journey.
Vet. Rec. 144, S. 687-692

KNOWLES, T.G., P.D. WARRISS, S.N. BROWN u. J.E. EDWARDS (1999b):
Effects on cattle of transportation by road for up to 31 hours.
Vet. Rec. 145, S. 575-582

KNOWLES, T.G u. P.D. WARRISS (2000):
Stress physiology of animals during transport. In: GRANDIN, T. (Hrsg.): Livestock Handling and Transport, 2. Aufl.
Verlag CAB International, Wallingford, UK, S. 385-407

KOLB, E. u. J. SEEHAWER (2000):
Auswirkungen von Belastung beim Rind auf die Cortisolsekretion und den Vitamin-stoffwechsel
Prakt. Tierarzt 81, S. 1037-1046

KONARSKA, M., R.E. STEWARD u. R. McCARTY (1990) Predictability of chronic intermittent stress: effects on sympathetic-adrenal medullary responses of laboratory rats.
Behav. Neural. Biol. 53, S. 231-243

KOS, U. (2001):
Losses and behaviour of cattle in lairage facilities after long-distance road transport.
Vet. Facult., University of Ljubljana, Slowenien; Thesis (Masters)

KRAFT, W. u. U.M. DÜRR (1999):
Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin
Verlag Schattauer, Stuttgart, New York.

KRAMER, J.W. (1989):
Clinical enzymology. In: J.J. KANEKO (Hrsg.): Clinical biochemistry of domestic animals.
Verlag Acad. Press, San Diego, USA, S. 338-363

KVETNANSKY, R., S. NEMETH, M. VEGAS, Z. OPRASLOVA u. J. JURIKOVICKOVA (1984):
Plasma catecholamines in rats during adaptation to intermittent exposure to different stress. In: E. USDIN, R. KVETNANSKY u. J. AXELROD (Hrsg.): Stress: The role of catecholamines and neurotransmitters
Verlag Gordon und Breach, New York, USA, S. 537-562

LADEWIG, J. (1994):
Stress. In: F.H. DÖCKE (Hrsg.): Veterinärmedizinische Endokrinologie, 3. Aufl., Verlag Gustav Fischer, Jena, S. 379-398

LADEWIG, J. (2000):
Chronic Intermittent Stress: A Model for the Study of Long-term Stressors. In: G.P. MOBERG u. J.A. MENCH (Hrsg.), The Biology of Animal Stress, 1 Aufl.
CAB International, Wallingford, UK

LAZARUS, R.S. (1981):
The stress and coping paradigma, in: C. EISENDORFER, D. COHN, A. KLEINMAN u. P. MAXIM (Hrsg.): Models for clinical psychopathology.
Verlag Spectrum Medical & Scientific Books, New York, S. 177-214

LAZARUS, R.S., A. de LONGIS, S. FOLKMAN u. R. GRUEN (1985):
Stress and adaptation outcomes
Am .Psychol, 770-779

LAZARUS, R.S. u. S. FOLKMAN (1984):
Stress appraisal and coping
Verlag Springer, New York

LAZARUS, R.S. u. R. LAUNIER (1978):
Stress-related transactions between person and environment. In: L.A. PERVIN u. M. LEWIS (Hrsg.): Perspectives in interactional psychology
Verlag Plenum Press, New York, S. 287-327

LEFEBVRE, D.M., G.F. GALLO u. E. BLOCK (1990):
The effect of assistance at calving, injections of recombinant bovine somatotropin and jugular catheterization on serum cortisol and its influence on GnRH-induced LH response in post-partum dairy cows.
Can. J. Anim. Sci. 70, S. 732-726

LENSINK, B.J., S. RAUSSI, X. BOIVIN, M. PYYKKÖNEN u. I. VEISSIER (2001):
Reactions of calves to handling depend on housing condition and previous experience with humans
Appl. Anim. Behav. Sci. 70, S. 187-199

LINZ, G. (1998):
Kurzbericht Rindertransporte über Triest.
Dtsch Tierärztl. Wschr. 105, S. 134-135

LOCATELLI,A., P. SARTORELLI, F. AGNES, G.P. BONDIOLOTTI u. G.B. PICOTTI (1989):
Adrenal response in the calf to repeated simulated transport.
Brit. Vet. J. 145, S. 515-522

LOMAX, M.A. u. G.D. BAIRD (1983):
Blood flow and nutrient exchange across the liver and gut of the dairy cow. Effects of lactation and fasting.
Brit. J. Nutr. 49, S. 481-496

MARAHRENS, M., J. HARTUNG u. N. PARVIZI (2000):
Untersuchungen zum tierschutzgerechten LKW-Transport von Rindern auf Langstrecken – Teil I. Unveröffentlichter Bericht an die Arbeitsgemeinschaft Deutscher Rinderzüchter, Bonn

MANTECA, X. u. B. DEAG (1993):
Use of physiological measures to assess individual differences in reactivity.
Appl. Anim. Behav. Sci. 37, S. 265-270

MASON, J.M. (1975):
Psychological stress and endocrine function. In: E.J. SACHER (Hrsg.), Topics in psychoendocrinology.
Verlage Grune u. Stratton, New York, USA, S. 1-18

MATTERI, R.L., J.A. CARROLL u. C.J. DYER (2000):
Neuroendocrine responses to stress. In: G.P. MOBERG u. J.A. MENCH (Hrsg.): The biology of animal stress.
Verlag CAB Inernational, Wallingford, UK, S. 43-76

MELLOR, D.J., D.J. COOK u. K.J. STAFFORD (2000):
Quantifying some responses to pain as a stressor. In: G.P. MOBERG u. J.A. MENCH (Hrsg.): The biology of animal stress.
Verlag CAB Inernational, Wallingford, UK, S. 171-198

MITCHELL, G., J. HATTINGH u. M. GANHAO (1988):
Stress in cattle assessed after handling, after transport and after slaughter.
Vet. Rec. 123, S. 201-205

MOBERG, G.P. (1985):
Animal stress.
Am. Psychol. Soc., Bethesda, 324.

MOBERG, G.P. (2000):
Biological Responses to Stress: Implications for Animal Welfare. In: G.P. MOBERG u. J.A. MENCH (Hrsg.): The biology of animal stress.
Verlag CAB Inernational, Wallingford, UK, S.1-21

MORMÉDE,P., J. SOISSONS, R.M. BLUTHE, J. RAOULT, G. LEGARFF, D. LEVIEUX u. R. DANTZER (1982):
Effect of transportation on blood serum composition, disease incidence, and production traits in young calves. Influence of the journey duration.
Ann. Rech. Vet. 13, S. 369-384

MUDRON, P., G. KOVAC, V. BAJOVA, J. PISTL, J. CHOMA, P. BARTKO u. H SCHOLZ (1994a):
Effect of vitamin E on some leukocytic parameters and functions in transported calves.
Dtsch. tierärztl. Wschr. 101, S. 47-49

MUDRON, P., H.P. SALLMANN, J. REHAGE, M. HOLTERSHINKEN, G. KOVAC, P. BARTKO u. H. SCHOLZ (1994b):
Auswirkungen einer operativen Reposition der linkseitigen Labmagenverlagerung auf Parameter des Energiestoffwechsels bei Milchkühen.
Dtsch. tierärztl. Wschr. 101, S. 376-378, 380

MURATA, H. (1989):
Suppression of lymphocyte blastogenesis by sera from calves transported by road.
Brit. Vet. J. 145, S. 257-262

MURATA, H. (1995):
Suppression of bovine neutrophil function by sera from calves transported over a long distance by road.
Anim. Sci. Techn. 66, S. 976-978

MURATA, H. u. H. HIROSA (1990):
Impairment of lymphocyte blastogenesis in road-transported calves observed with a whole blood culture technique
Jap. J. Vet. Sci. 52, S. 183-185

MURATA, H., H. TAKAHASHI u. H. MATSUMOTO (1985):
Influence of Truck Transportation of Calves on Their Cellular Immune Function.
Jap. J. Vet. Sci. 47, 823-827

MURATA, H., H. TAKAHASHI u. H. MATSUMOTO (1987):
The effects of road transportation on peripheral blood lymphocyte subpopulations, lymphocyte blastogenesis and neutrophil function in calves.
Brit. Vet. J. 143, S. 166-174

NAGEL, R. (2001):
Tiertransporte in Europa -Umfang und Tendenzen-
Dtsch. Tierärztl. Wschr. 108, S. 324-325

NICKEL, R., A. SCHUMMER u. E. SEIFERLE (1992):
Lehrbuch der Anatomie der Haustiere Band IV
Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg

NOCKELS, C.F. (1990):
Mineral alterations associated with stress, trauma, and infection and the effect on immunity.
Comp. Contin. Educ. Pract. Vet. 12, S. 1133-1139

OLIVERIO, A. (1987):
Endocrine aspects of stress: Central and peripheral mechanisms. In: WIEPKEMA, P.R. u. P.W.M. VAN ADRICHEM (Hrsg.): Biology of stress in farm animals: an itegrative approach.
Verlag Martinus Nijhoff, Dordrecht, NL, S. 3-12

PARROTT, R.F., S.G.J. HALL, D.M. LLOYD, J.A. GOODE u. D.M. BROOM (1998):
Effects of a maximum permissible journey time (31 h) on physiological responses of fleeced and shorn sheep to transport, with observations on behaviour during a short (1 h) rest-stop.
Anim. Sci. 66, S. 197-207

PARVIZI, N. (1994):
Endogene Opioide und Melanozytenstimulierendes Hormon. In: F. DÖCKE (Hrsg.), Veterinärmedizinische Endokrinologie. 3. Aufl.
Verlag Gustav Fischer, Jena, Stuttgart, S. 212-227

ROSENBERGER, G. (1978):
Krankheiten des Rindes
Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg

ROSENBERGER, G. (1990):
Die klinische Untersuchung des Rindes
Paul Parey Verlag, Berlin, Hamburg

ROTH, J.A. u. L.J. PERINO (1998):
Immunology and prevention of infection in feedlot cattl.
Vet. Clin. N. Am., Food Anim. Pract. 14, S. 233-256

RUSHEN, J. u. J. LADEWIG (1991):
Stress-induced hypoalgesia and opioid inhibition in pigs' responses to restraint.
Physiol. Behav. 50, S. 1093-1096

SAMUELS, M.H. u. P.A. McDANIEL (1997):
Thyrotropin levels during hydrocortisone infusions that mimic fasting-induced cortisol elevations: a clinical research center study.
J. Clin. Endocrin. Metab. 82, S. 3700-3704

SCHAEFER, A.L., S.D.M. JONES u. R.W. STANLEY (1997):
The use of electrolyte solution for reducing transport stress.
J. Anim. Sci. 75, S. 258-265

SCHAEFER, A.L., S.D.M. JONES, A.K.W. TONG, P. LERAGE u. N.L. MURRAY (1990):
The effects of withholding feed and water on selective blood metabolites in market-weight beef steers.
Can. J. Anim. Sci. 70, S. 1155-1158

SCHOLZ, H. (1990):
Stoffwechselkontrolle in der Milchkuhherde an Hand von Blut- und Milchparametern
Coll.Vet. 21, S. 32-35

SCHWARZE, N., J. LADEWIG u. D. SMIDT (1991):
Chronisch intermittierender Stress - Bedeutung für Verhalten und Haltung von Schweinen
Aktuelle Arbeiten zur artgemaessen Tierhaltung.KTBL Schrift
Landwirtschaftsverlag Münster 351, 149-157

SELLER, H. (1996):
Neurovegitative Regulation. In: R. KLINKE u. S. SILBERNAGEL (Hrsg.): Lehrbuch der Physiologie
Verlag Georg Thieme, Stuttgart, New York, S. 105-184

SELYE, H. (1936):
A syndrome produced by diverse noxious agents.
Nature 136, 32-32

SELYE, H. (1950):
The physiology and pathology of exposure to stress.
Verlag Acta, Montreal, Canada

SHAPIRO, P.A., R.P. SLOAN, E.M. HORN, M.M. MYERS u. J.M. GORMAN (1993):
Effect of innervation on heart rate response to mental stress.
Arch. Gen. Psych. 50, S. 275-279

SIEGEL, H.S. (1987):
Effects of Behavioural and Physical Stressors on Immune Responses. In: P.R. WIEPKEMA u. P.W.M. VAN ADRICHEM (Hrsg.): Biology of stress in farm animals: an integrative approach
Verlag Martinus Nijhoff, Dordrecht, Niederlande, S. 39-54

SIMENSEN, E., B. LAKSESVELA, A.K. BLOM u. O.E.V. SJAASTAD (1980):
Effects of transportations, a high lactose diet and ACTH injections on the white blood cell count, serum cortisol and immunoglobulin G in young calves.
Acta Vet. Scand. 21, S. 278-290

SINGH, S. P. (1991):
Vibration levels in commercial truck shipments.
Am. Soc. Agricult. Engin., St. Joseph, Michigan, Paper No. 91-6016.

SLEBODZINSKI, A. (1994):
Schilddrüse. In: F.H. DÖCKE (Hrsg.): Veterinärmedizinische Endokrinologie 3. Aufl.
Verlag Gustav Fischer, Jena, S. 228-268

STEINHARDT, M. u. H.H.THIELSCHER (1998):
Wiederholte Transportbelastung und Reaktionsformen von Träkekälbern auf Transport mit Strassenfahrzeugen. Effekte von Haltungsvarianten auf hormonelle, metabolische und hämatologische Variablen und individuellen Reaktionsformen, Landbauforschung Völkenrode, Heft 2, 65-77

STEINHARDT, M. u. H.H. THIELSCHER (1999):
Reaktionen vom am Tränkeautomaten aufgezogenen Milchrindkälbern am Ende der Milchernährungsperiode auf Transportbelastung Säure-Basen-Status, metabolische und hormonelle Variablen und Herzschlagfrequenz.
Tierärztl. Umsch. 54, S. 610-617

STEINHARDT, M. u. H.H. THIELSCHER (2000):
Herzfrequenzkennwerte, Aktivitätsperioden und Blutmesswerte trächtiger und nicht laktierender Rinder bei Weidehaltung.
Tierärztl. Umsch. 55, S. 133-140

STEINHARDT, M., H.H. THIELSCHER u. D. RATH (1997):
Reaction of non-pregnant cattle and cattle at different stages of pregnancy, of the Holstein Friesian and from German Black Pied breeds exposed to transport stress: variability and individual reaction patterns of hormonal metabolic and haematological variables.
Dtsch. tierärztl. Wschr. 104, S. 505-512

SZENTKUTI, L. u. H.J. EHRLEIN (2000):
Muskelphysiologie. In: W.v. ENGELHARDT u. G. BREVES (Hrsg.): Physiologie der Haustier.
Verlag Enke, Stuttgart, S. 110-135

TARRANT, P.V. (1990):
Transportation of cattle by road.
Appl. Anim. Behav. Sci. 28, S. 153-170

TARRANT, P.V. u. J.M. McVEIGH(1979):
The effect of skeletal muscle needle biopsy on blood constituents, muscle glycogen and heart rate of cattle.
Res. Vet. Sci. 27, S. 325-328

TARRANT, P.V. u. A. LACOURT (1984):
Effect of glucocorticoid, insulin and glucose treatment on muscle glycogen content in stressed young bulls.
Brit. Vet. J. 140, S. 337-346

TARRANT, P.V. u. T. GRANDIN (2000):
Cattle transport. In: GRANDIN, T. (Hrsg.): Livestock Handling and Transport, 2. Aufl.
Verlag CAB International, Wallingford, UK, S. 151-173

TARRANT, P.V., F.J. KENNY u. D. HARRINGTON (1988):
The effect of stocking density during 4 hour transport to slaughter on behaviour, blood constituents and carcass bruising in Friesian steers.
Meat Sci. 24, S. 209-222

TARRANT, P.V., F.J. KENNY, D. HARRINGTON u. M. MURPHY (1992):
Long distance transportation of steers to slaughter: effect of stocking density on physiology, behaviour and carcass quality.
Livestock Prod. Sci. 30, S. 223-238

TENNESSEN, T., M.A. PRICE u. R.T. BERG (1984):
Comparative responses of bulls and steers to transportation.
Can. J. Anim. Sci. 64, S. 333-338

TENNESSEN, T., M.A. PRICE u. R.T. BERG (1985):
The social interactions of young bulls and steers after re-grouping.
Appl. Anim. Behav. Sci. 14, S. 37-47

THUN, R. (1987):
Untersuchungen über die Tagesrhythmik von Cortisol beim Rind.
Verlag Enke, Stuttgart

THUN, R. u. D. SCHWARZ-PORSCHE (1994):
Nebennierenrinde. In: F.H. DÖCKE (Hrsg.): Veterinärmedizinische Endokrinologie, 3. Aufl.
Verlag Gustav Fischer, Jena, Stuttgart, S. 309-351

TRUNKFIELD, H.R. (1990):
The effects of housing experience on calf responses to handling and transport.
Appl. Anim. Behav. Sci. 26, S. 293

TRUNKFIELD, H.R. u. D.M. BROOM(1990):
The welfare of calves during handling and transport.
Appl. Anim. Behav. Sci. 28, 135-152

VEITH-FLANIGAN, J. u. C.A. SANDMAN (1985):
Neuroendocrine relationships with stress. In: S.R. Burchfield (Hrsg.): Stress. Psychological and physiological interactions.
Verlag Hemisphere, Washington, USA, S. 129-161

VOIGT, K. (1995):
Endokrines System. In: R. KLINKE u. S. SILBERNAGEL (Hrsg.): Lehrbuch der Physiologie.
Verlag Georg Thieme, Stuttgart, S. 439-490

WARRISS, P.D. (1984):
The behaviour and blood profile of bulls which produce dark cutting meat.
J. Sci. Food Agricult. 35, S. 863-868

WARRISS, P.D. (1990):
The handling of cattle pre-slaughter and its effects on carcass and meat quality.
Appl. Anim. Behav. Sci. 28, S. 171-186

WARRISS, P.D. (1996):
The welfare of animals during transport.
Vet. Annual 36, S. 73-85

WARRISS, P.D., S.C. KESTIN, S.N. BROWN u. L.J. WILKINS (1984):
The time required for recovery from mixing stress in young bulls and the prevention of dark cutting beef.
Meat Sci. 10, S. 53-68

WARRISS, P.D., S.N. BROWN, T.G. KNOWLES, S.C. KESTIN, J.E. EDWARDS, S.K. DOLAN u. A.J. PHILLIPS (1995):
Effects on cattle of transport by road for up to 15 hours.
Vet. Rec. 136, S. 319-323

WIEPKEMA, P.R. u. J.M. KOOLHAAS (1992):
The emotional brain.
Anim. Welfare 1, S. 13-18

WIEPKEMA, P.R. u. J.M. KOOLHAAS (1993):
Stress and animal welfare.
Anim. Welfare 2, S. 195-218

WILHELM, J. S. (1996):
Untersuchung zur Transportbelastung von Rindern anhand physiologsicher Parameter.
Giessen, Diss. vet. med.

ZANELLA, A.J., P. BRUNNER, J. UNSHELM, M.T. MENDL u. D.M. BROOM (1998):
The relationship between housing and social rank on cortisol, ß-endorphin and dynorphin (1-13) secretion in sows.
Appl. Anim. Behav. Sci. 59, S. 1-10

DANKSAGUNG

Herrn Prof. Dr. J. Hartung danke ich herzlich für die Überlassung des Themas und die freundliche Unterstützung bei der Abfassung der Arbeit.

Großer Dank gebührt Herrn Dr. Michael Marahrens für die gute Betreuung dieser Arbeit.

Ganz besonders möchte ich mich auch bei meiner ‚Mitdoktorandin' Isabelle von Richthofen bedanken, für Freundschaft, Sports- und Teamgeist sowie Motivation bei den diversen Tiefpunkten zwischen Ostfriesland und Slowenien.

Ich danke den Mitarbeitern des Instituts für Tierhygiene, Tierschutz und Nutztierethologie für die freundliche Unterstützung.

Für die engagierte Unterstützung bei der Bearbeitung der Proben danke ich den Mitarbeitern des Labors der Rinderklinik, besonders Frau Iris Grewe sowie den Mitarbeitern von Frau Prof. Parvizi bei der FAL in Mariensee, besonders Herrn Patrick Aldag.

Ganz besonders möchte ich auch der Familie Dieckmann, der Familie Finkl und der Familie Hüfner danken, für ihre Geduld mit uns in allen Bereichen der Fahrzeugtechnik und des „Fernfahrerwesens".
Dank gebührt auch den zahlreichen Fahrern für ihre Hilfsbereitschaft !

Ferner möchte ich mich bei Herrn Ulf Bösch von der Viehverwertung Uelzen bedanken.

Ich danke dem Verein Ostfriesischer Stammviehzüchter (VOST) und der Zuchtrinder Erzeugergemeinschaft Hannover eG (ZEH), besonders den hilfsbereiten Mitarbeitern im Stall. Ebenso gilt mein besonderer Dank den stets freundlichen Mitarbeitern im Hafen von Koper (Slowenien).

Bedanken möchte ich mich auch bei Frau Dr. med. vet. Ursa Kos, stellvertretend für alle beteiligten Kollegen der Universität Ljubljana für die großartige Zusammenarbeit in Koper.

Ganz herzlich bedanke ich mich bei Herrn Dr. Thomas Schmidt für die große Hilfe bei der statistischen Auswertung der Daten.

Ich danke auch meiner Leserschaft Sven Brammer, Andreas Hillrichs, Jörg Heide und meinen Eltern für Lesen und Korrekturvorschläge einzelner Kapitel.

Wesentlicher Dank gebührt meinen Eltern, die mir immer die nötige Motivation und Unterstützung gaben und es mir ermöglicht haben, diesen großartigen Beruf zu ergreifen.