

Untersuchungen zum tierschutzgerechten LKW-Transport von Rindern auf Langstrecken

Teil II

Dr. M. Marahrens¹ und Prof. Dr. J. Hartung²

¹Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin (BgVV)
Fachgebiet 911: Spezielle Fragen des Tierschutzes, Berlin

²Institut für Tierhygiene und Tierschutz der Tierärztlichen Hochschule Hannover,
Bünteweg 17 P, 30559 Hannover

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung und Problemstellung	3
2.	Material und Methoden	4
2.1.	1. Transport (2 – Fahrerregel)	4
2.2.	2. Transport (1 – Fahrerregel)	5
2.3.	Statistische Auswertung der Befunde	7
3.	Ergebnisse	8
3.1.	Lebendgewicht	8
3.2.	Klimatische Bedingungen während Transport und Ruhepause	8
3.3.	Herzfrequenz	13
3.4.	Körpertemperatur	16
3.5.	Biochemische Untersuchungen	18
3.5.1.	Cortisol	18
3.5.2.	Creatinkinase	20
3.5.3.	Freie Fettsäuren (FFA)	21
3.5.4.	3-Hydroxybutyrat (3-HB)	23
3.5.5.	Glucose	25
3.5.6.	Gesamteiweiß	26
3.5.7.	Natrium	28
3.5.8.	Kalium	30
3.5.9.	Magnesium	31
3.6.	Hämatokrit	32
4.	Zusammenfassung der wichtigsten Befunde	34
5.	Diskussion	36
6.	Schlußfolgerungen	39
7.	Literatur	40

1. Einleitung und Problemstellung

Die deutsche Tierschutz-Transportverordnung vom 25. Februar 1997 (BGBl. I, S. 348) schreibt auf der Grundlage der Transportrichtlinie der EU bei Rindertransporten mit Spezialfahrzeugen nach einer Transportzeit von 29 Stunden (14 h Transport, 1 h Versorgungspause, 14 h Transport) ein Ausruhen der Tiere für 24 Stunden vor. Dabei sind die Tiere abzuladen und in einer Station zu versorgen, bevor sie nach 24 Stunden weiter transportiert werden dürfen. Diese „Abladeregelung“ wird in Fachkreisen vielfach kritisiert, da neben einer mittlerweile nachgewiesenen höheren Belastung der Tiere durch die Be- und Entladevorgänge auch ein erhöhtes Risiko für die Übertragung von Seuchenerregern bestehen kann.

In einer vorhergehenden Untersuchung (siehe Bericht an die ADR vom 27. Juli 1999 über Untersuchungen zum tierschutzgerechten LKW – Transport von Rindern auf Langstrecken, Teil I) wurde nachgewiesen, dass unter den klimatischen und organisatorischen Bedingungen in Deutschland ein Ausruhen der Tiere im Fahrzeug keine erhöhten Belastungsreaktionen hervorruft, wenn die Besatzdichte geringer als in der Tierschutz – Transportverordnung vorgesehen bleibt. Da jedoch der größte Teil deutscher Exporte von Zuchtrindern in den mediterranen Raum geht, soll in der vorliegenden Untersuchung u. a. geklärt werden, welchen Verlauf die Belastungsreaktion tragender Zuchtrinder beim Transport unter den dort herrschenden klimatischen Bedingungen nimmt. Das Ausruhen der Tiere erfolgt hierbei im Fahrzeug.

Als eine häufig unbekannte Ausnahmesituation stellt der Transport eine Belastung für die Tiere dar, durch die insbesondere an ihren Energie- und Flüssigkeitshaushalt große Anforderungen gestellt werden. Da eine bedarfsgerechte Versorgung der Tiere im Verlaufe des Ferntransportes zunehmend schwer fällt, stellt auch die Gesamtdauer des Transportes einen Belastungsfaktor eigener Qualität dar. Es sollte deshalb darauf hingewirkt werden, dass die Transporte - unter strenger Wahrung eines wissenschaftlich begründeten Tierschutzes - so zügig wie möglich abgewickelt werden. Hierfür ist die Harmonisierung der widersprüchlichen Regelung von Fahrerlenkzeiten (VO (EWG) Nr. 3820/85, Europäisches Übereinkommen über die Arbeit des im internationalen Straßenverkehr beschäftigten Fahrpersonals –AETR-, Fahrpersonalgesetz vom 19.2.1987) und der Fahrt – und Pausenintervalle in der Tierschutz-Transportverordnung erforderlich.

In enger Zusammenarbeit mit dem Institut für Tierhygiene und Tierschutz der Tierärztlichen Hochschule Hannover wurden von der Beratung und Forschung für den Tierschutz in der Nutztierhaltung (BFN) Untersuchungen zur Belastung von tragenden Rindern während zweier Transporte nach Spanien durchgeführt. An insgesamt 116 Rindern in 4 Fahrzeugen sollte der Frage nachgegangen werden, welchen Belastungen die Tiere während des Transportes im mediterranen Klimaraum unter Einhaltung der Fahrt- und Pausenintervalle nach den Sozialvorschriften für die Fahrer ausgesetzt sind, wobei die Tiere während der Ruhepausen im Fahrzeug verbleiben.

2. Material und Methoden

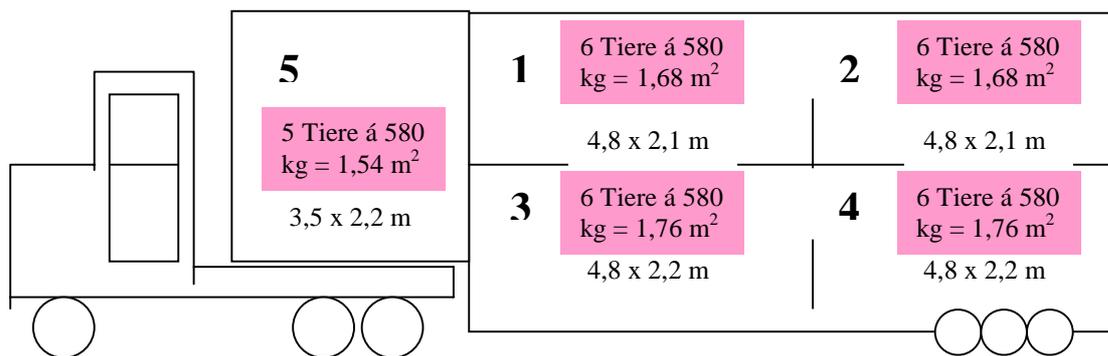
2.1 1. Transport (Zwei – Fahrerregelung), September 1999

Für die Untersuchungen wurden 54 tragende Zuchtfärsen aus dem norddeutschen Raum (Zuchtverband ZEH) im Sammel- und Exportstall der ZEH in Verden aufgestellt. Es erfolgten anschließend über 3 Tage die Futterumstellung der Tiere für den Transport (gutes Wiesenheu und Wasser ad libitum, etwa 1 kg Krafftutter), klinische Untersuchungen und die Einteilung der Tiere in die Transportgruppen sowie die Auswahl der Versuchstiere und ihre gleichmäßige Verteilung nach Herkunft und Gewicht. Am Tag vor Transportbeginn wurden erste Blutproben zur Bestimmung der Ruhewerte durch Venenpunktion gewonnen und anschließend die Tiere mit einem Venenkatheter versehen.

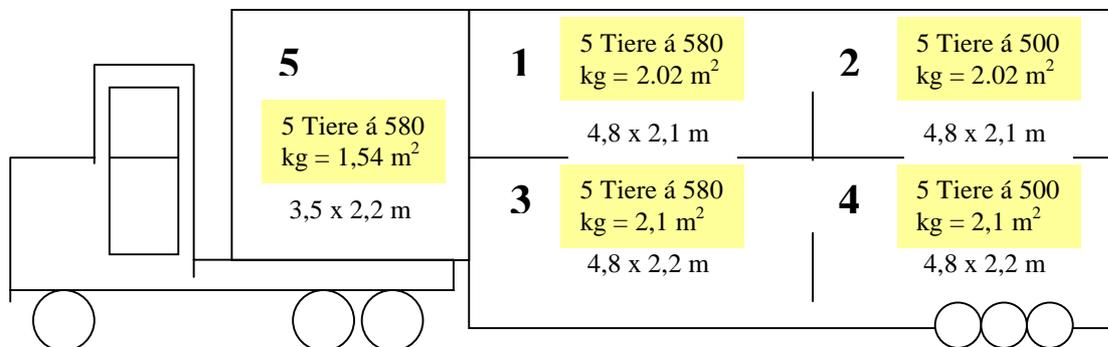
Vor Beginn der Verladung wurden erneut Blutproben zur Ruhewertbestimmung gezogen und die Brustgurte zur Messung der Herzfrequenz angebracht sowie intravaginal die Monitore zur Messung und Speicherung der Körpertemperatur eingelegt.

Der Transport der Rinder erfolgte in zwei gleich gebauten LKW mit Hubboden (Typ Pezzaio-li), die in unterschiedlicher Weise belegt wurden:

LKW 1: 29 Tiere (~ 580 kg) im Fahrzeug



LKW 2: 25 Tiere (~ 580 kg) im Fahrzeug



Gruppeneinteilung in LKW: Gruppe 1: Tiefbett oben vorne Gruppe 2: oben hinten
 Gruppe 3: Tiefbett unten vorne Gruppe 4: unten hinten
 Gruppe 5: Schwanenhals

Die Transporte erfolgten nach den Bestimmungen der Verordnung 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. Der Transport erfolgte nach folgendem Schema:

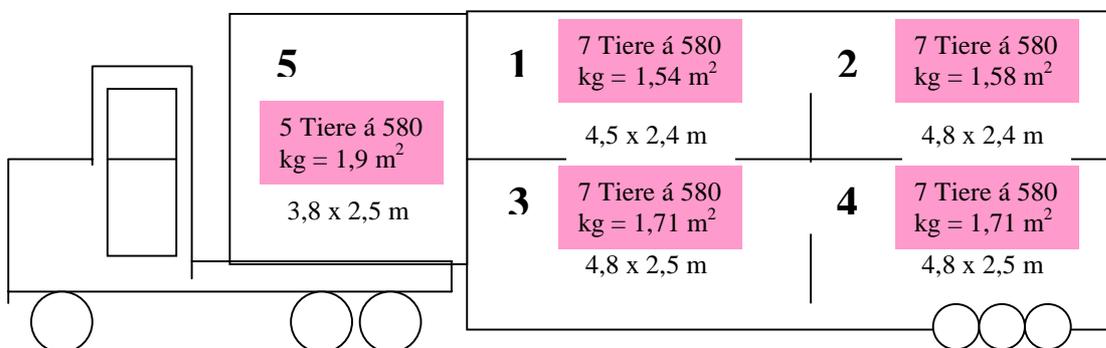
Transportabschnitt	Entfernung	Probenahmen
Verden Ohey (Belgien)	570 km	Ruhewerte (3 Proben) 3 Stunden Versorgungspause
Coulombiers bei Portiers (Frankreich)	700 km	4. Blutentnahme nach Fahrt 1+2, Ruhepause 12 Stunden, 5. Blutentnahme
Carabana bei Madrid (Spanien)	900 km	6. Blutentnahme nach Fahrt 3, 3 Stunden Ruhepause
Torres de Cotilla bei Murcia	500 km	7. Blutentnahme nach Fahrt 4 im Fahrzeug, 8. Blutentnahme nach 12 Stunden (Stall)

Die Transportzeiten betragen jeweils etwa 10 bis 12 Stunden, durch Versorgungs- und Ruhepausen von 3 bis 4 Stunden Dauer unterbrochen wurden. Nach etwa der Hälfte der Strecke wurde in Coulombiers eine Ruhepause von etwa 12 Stunden Dauer eingelegt.

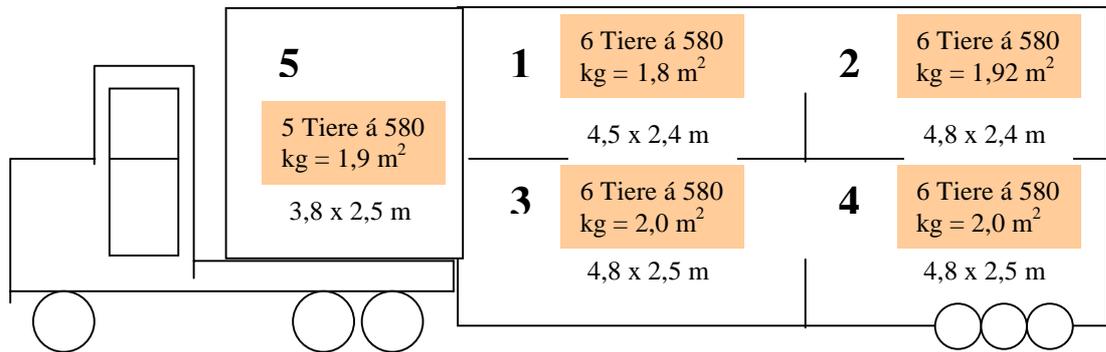
2.2 2. Transport (Ein – Fahrerregelung), Oktober 1999

Der Transport der Rinder erfolgte im zweiten Versuchsdurchgang mit zwei identischen Fahrzeugen mit starrem Zwischenboden (Typ Van de Wetering). Auch hier variierten die Ladedichten nach folgendem Schema:

LKW 3: 33 Tiere (~ 580 kg) im Fahrzeug



LKW 4: 29 Tiere (~ 580 kg) im Fahrzeug



Transportabschnitt	Entfernung	Probenahmen
Verden Brakel (Holland)	450 km	Ruhewerte (2 Proben) 12 Stunden Versorgungspause, danach 3. Blutentnahme
Coulombiers bei Portiers (Frankreich)	600 km	4. Blutentnahme nach Fahrt 2, Ruhepause 12 Stunden, 5. Blutentnahme
Burgos (Spanien)	700 km	6. Blutentnahme nach Fahrt 3, 12 Stunden Ruhepause, 7. Blutentnahme
Torres de Cottillas bei Murcia	700 km	8. Blutentnahme nach Fahrt 4 im Fahrzeug, 9. Blutentnahme nach 12 Stunden (Stall)

Der Transport erfolgte hier nach den europäischen Sozialregelungen für Fahrten mit einem Fahrer. Die Transportzeiten betragen jeweils etwa 8 bis 11 Stunden, an die sich Versorgungs- und Ruhepausen von etwa 12 Stunden Dauer anschlossen.

Für die Beschreibung der Methoden zur Untersuchung der klimatologischen Daten in den Fahrzeugen sowie der physiologischen und biochemischen Parameter der Belastungsreaktion sei hier auf den Teil I des Berichtes an die ADR verwiesen.

2.3 Statistische Auswertung der Befunde

Die Auswertung der erhobenen Daten erfolgte mit der Version 6.12 des Statistical Analysis System (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. Zur Einhaltung dieses Grenzwertes wurden die Daten der Parameter Körpertemperatur (KT), Cortisol (CORT), unveresterte Fettsäuren (NEFA), 3-Hydroxybutyrat (HB), Creatinkinase (CK), Kalium (K), Chlorid (CL) und Hämatokrit (HTK) logarithmiert.

Zur varianzanalytischen Auswertung der beiden Transportfahrten wurde folgendes gemischte statistische Modell verwendet (SAS-Prozedur GLM, nicht signifikante Interaktionen eliminiert):

$$Y_{ijklm} = \mu + \text{tour}_i + \text{grp}_j + \text{tier}_{(tour\ grp\ dichte)_{kim}} + nr_l + \text{dichte}_m + \text{tour} \times \text{dichte}_{im} + \text{tour} \times nr_{il} + \text{tour} \times \text{grp}_{ij} + \text{grp} \times \text{dichte}_{jm} + nr \times \text{dichte}_{lm} + e_{ijklm}$$

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	

3. Ergebnisse

3.1 Lebendgewicht

Zur Feststellung des Lebendgewichtes wurden die Tiere unmittelbar vor der Verladung in die Fahrzeuge in der stationeigenen Durchtriebswaage verwogen. Im Anschluß an die Transporte konnte jedoch keine Einzeltierverwiegung vorgenommen werden. Es wurde deshalb behelfsmäßig nach dem Entladen eines jeden Decks das Transportfahrzeug auf einer Fahrzeugwaage in einem in der Nähe angesiedelten Industriebetrieb verwogen, um durchschnittliche Gewichtsverluste berechnen zu können. Die Ergebnisse sind jedoch nicht verwertbar, da auf beiden Transporten teilweise unlogisch erscheinende Gewichtszunahmen von einzelnen Tiergruppen in den Fahrzeugen zu verzeichnen waren.

3.2 Klimatische Bedingungen während der Transporte und Ruhepausen

Während der Fahrt und der Ruhepausen wurden an jeweils 4 Meßstellen in den beiden Fahrzeugen Temperatur und Luftfeuchte gemessen und aufgezeichnet. Die Aufzeichnung der Aussenbedingungen erfolgte am Begleitfahrzeug. Infolge eines Meßfühlerausfalles am Datenlogger des Begleitfahrzeuges konnten die Aussenbedingungen bei der ersten Versuchsdurchführung (Tour 1) nicht aufgezeichnet werden.

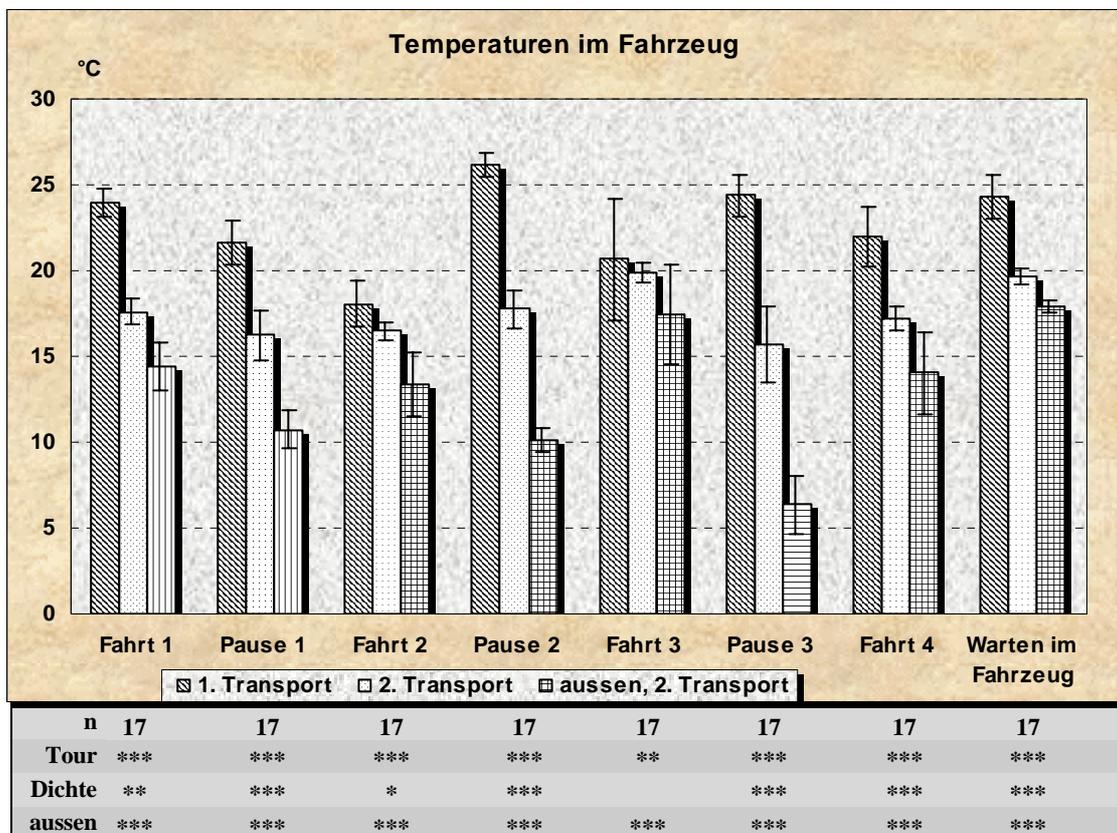


Abb. 1: Mittelwerte und Standardabweichungen der Lufttemperaturen in den Fahrzeugen in einzelnen Fahrtabschnitten beider Versuchsfahrten. Signifikanz der Mittelwertunterschiede und Einflußfaktoren: Tour = Versuchsfahrt 1/2, Dichte = Fahrzeuge mit hoher/geringer Ladedichte, aussen = Aussenluftbedingungen auf dem 2. Transport. $p \leq 0,001 = ***$; $p \leq 0,01 = **$; $p \leq 0,05 = *$

Die Abbildung 1 zeigt die Mittelwerte der Temperaturen in den Fahrzeugen während verschiedener Transportabschnitte auf den Transporten 1 (2-Fahrerregelung) und 2 (1-Fahrerregelung). Die über alle Fahrzeugabteile und Transportabschnitte gemittelten Temperaturen unterscheiden sich mit 22,64 °C auf der ersten Tour und mit 17,55 °C (Differenz etwa 5,1 Kelvin) auf der zweiten hochsignifikant. Diese Unterschiede bleiben während der einzelnen Transportabschnitte, wie in Abb. 1 dargestellt, erhalten (Tour).

Gegenüber den Aussenbedingungen sind auf dem 2. Transport im Fahrzeuginnern Temperaturerhöhungen um 3 bis 9 Kelvin (K), im Mittel 4,5 K, durch Sonneneinstrahlung und Wärmeproduktion der Tiere festzustellen. Diese Temperaturerhöhung erfolgt in den Fahrzeugen, die mit einer natürlichen Lüftung ausgestattet sind, während der Stand- und Pausenzeiten schneller und in größerem Umfang als in den Fahrtabschnitten. Die drei etwa 11 bis 12 Stunden andauernden Pausen während des 2. Transportes wurden über Nacht bei relativ geringen Außentemperaturen eingelegt. Es ist anzunehmen, daß die Temperaturerhöhung im Fahrzeuginnern bei Fahrtunterbrechungen während des Tages, insbesondere bei höheren Außentemperaturen und bei Sonneneinstrahlung, erheblich größer ausfallen dürfte.

Durch höhere Ladedichten in den Fahrzeugen 2 und 4 (Dichte) bedingt, sind hier höhere mittlere Temperaturen zu verzeichnen. Über die vier Fahrzeuge während der beiden Transportfahrten und allen Fahrtabschnitten gemittelt beträgt dieser Unterschied 0,73 Kelvin (höhere Ladedichte: 20,46 °C, geringere Ladedichte: 19,73 °C, $p < 0,001$). In Transportabschnitten mit stehendem Fahrzeug sind diese Unterschiede größer ($\Delta t = 1,2$ K, $p < 0,001$). Auch zeigt sich, daß bei höheren Aussentemperaturen (Transport 1) der Einfluß der Ladedichte auf die Fahrzeuginnentemperatur mit $\Delta t = 0,93$ K größer ausfällt als bei den geringeren Außentemperaturen ($\Delta t = 0,5$ K, $p < 0,001$) während des 2. Transportes (Tabelle 1).

Tab. 1: Einfluß der Ladedichte auf die Fahrzeuginnentemperatur (TEMP) bei verschiedenen Ladedichten (°C)

TOUR	DICHTE	TEMP LSMEAN	Std Err LSMEAN	Pr > T HO: LSMEAN=0	Pr > T i / j	HO: LSMEAN(i)=LSMEAN(j)			
						1	2	3	4
1	hoch	23.1140625	0.0982269	0.0001	1 .	0.0001	0.0001	0.0001	
1	weni	22.1715625	0.0982269	0.0001	2 0.0001	.	0.0001	0.0001	
2	hoch	17.8025000	0.0982269	0.0001	3 0.0001	0.0001	.	0.0003	
2	weni	17.3003125	0.0982269	0.0001	4 0.0001	0.0001	0.0003	.	

Hinsichtlich des Standortes der Tiere im Fahrzeug (Gruppen 1 und 2 oben vorn und hinten, Gruppen 3 und 4 unten vorn und hinten) liegen in den mittleren Umgebungstemperaturen signifikante Unterschiede zwischen allen Gruppen vor (Tabelle 2). Die geringsten Temperaturen sind in der Gruppe 1 zu verzeichnen.

Tab. 2: mittlere Temperaturen (TEMP) in den vier Abteilungen (GRP) des Tiefbettes der Fahrzeuge (°C)

GRP	TEMP LSMEAN	Std Err LSMEAN	Pr > T HO: LSMEAN=0	Pr > T i / j	HO: LSMEAN(i)=LSMEAN(j)			
					1	2	3	4
1	19.0237500	0.0982269	0.0001	1 .	0.0001	0.0001	0.0001	
2	20.8487500	0.0982269	0.0001	2 0.0001	.	0.0083	0.0001	
3	20.4806250	0.0982269	0.0001	3 0.0001	0.0083	.	0.0014	
4	20.0353125	0.0982269	0.0001	4 0.0001	0.0001	0.0014	.	

In Abbildung 2 sind die relativen Luftfeuchten in den Fahrzeugen beider Versuchsfahrten vergleichend dargestellt.

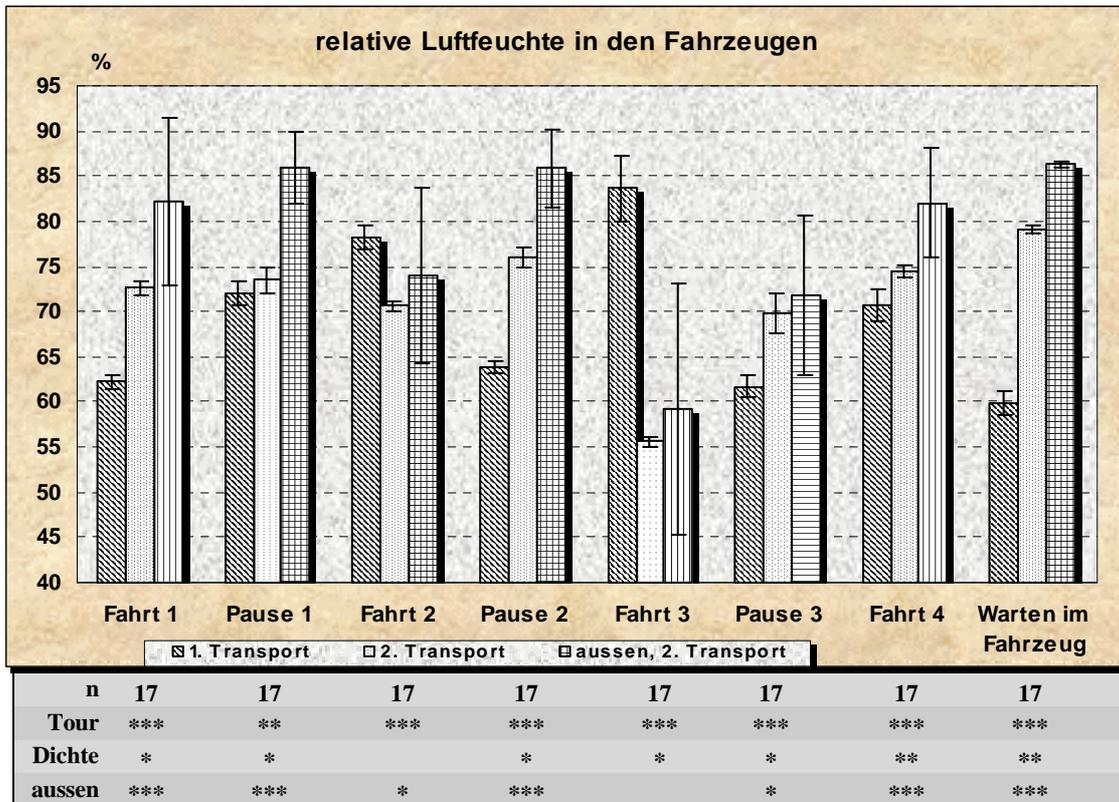


Abb. 2: Mittelwerte und Standardabweichungen der relativen Luftfeuchten in den Fahrzeugen in einzelnen Fahrtabschnitten beider Versuchsfahrten. Signifikanz der Mittelwertunterschiede und Einflußfaktoren: Tour = Versuchsfahrt 1/2, Dichte = Fahrzeuge mit hoher/geringer Ladedichte, aussen = Vergleich mit Aussenluftbedingungen auf dem 2. Transport. $p \leq 0,001 = ***$; $p \leq 0,01 = **$; $p \leq 0,05 = *$

Ebenso wie die Temperaturen unterscheiden sich die relativen Luftfeuchten in allen Transportabschnitten in signifikantem Ausmaß. Der Unterschied beträgt gemittelt 2,4 % (Tour 1: 69,04 %, Tour 2: 71,47 %, $p < 0,001$). Große und gegenläufige Unterschiede bestehen in der Pause 2 (Coulombiers) und im Transportabschnitt 3 (Coulombiers – Nordspanien). Verglichen mit den Aussenluftbedingungen beim Transport 2 liegen die Luftfeuchten in den Fahrzeugen, bedingt durch die hier herrschenden höheren Temperaturen, jedoch niedriger. Die Wasserdampfproduktion in den Fahrzeugen bleibt somit vernachlässigbar.

Tab. 3: Einfluß der Ladedichte auf die relative Luftfeuchte (FEU) im Fahrzeuginnern bei verschiedenen Ladedichten (Angabe in %)

TOUR	DI CHTE	FEU LSMEAN	Std Err LSMEAN	Pr > T HO: LSMEAN=0	Pr > T HO: LSMEAN(i)=LSMEAN(j)				
					i / j	1	2	3	4
1	hoch	69.6596875	0.2283490	0.0001	1	.	0.0002	0.0009	0.0001
1	weni	68.4306250	0.2283490	0.0001	2	0.0002	.	0.0001	0.0001
2	hoch	70.7421875	0.2283490	0.0001	3	0.0009	0.0001	.	0.0001
2	weni	72.2068750	0.2283490	0.0001	4	0.0001	0.0001	0.0001	.

Auch die Ladedichte spielt eine relativ geringe Rolle; über beide Transporte gemittelt liegt die relative Luftfeuchte in den Fahrzeugen mit hoher Ladedichte um 0,1 % höher. Während des 2. Transportes liegt die mittlere Luftfeuchte im Fahrzeug mit der geringeren Ladedichte sogar um etwa 1,8 % höher (Tabelle 3). In den verschiedenen Abteilungen der Fahrzeuge variieren die mittleren relativen Luftfeuchten während beider Transporte um maximal etwa 4,8 % (Tabelle 4). Diese geringen Unterschiede sind jedoch signifikant.

Tab. 4: Mittlere relative Luftfeuchten (FEU) in den vier Abteilungen (GRP) des Tiefbettes der Fahrzeuge (%)

GRP	FEU LSMEAN	Std Err LSMEAN	Pr > T HO: LSMEAN=0	Pr > T i / j	HO: LSMEAN(i)=LSMEAN(j)			
					1	2	3	4
1	72.6606250	0.2283490	0.0001	1	.	0.0001	0.0001	0.0001
2	71.0084375	0.2283490	0.0001	2	0.0001	.	0.0001	0.0001
3	67.8681250	0.2283490	0.0001	3	0.0001	0.0001	.	0.0001
4	69.5021875	0.2283490	0.0001	4	0.0001	0.0001	0.0001	.

Für die Thermoregulation der Tiere spielt die Temperatur im Zusammenwirken mit der Luftfeuchte eine große Rolle, da die latente Wärmeabgabe (Evaporation) von der Luftfeuchte abhängt, die sensible (Wärmestrahlung, Konvektion, Konduktion) jedoch vom Temperaturgradienten zur Umgebung.

Zur Bewertung des Einflusses der thermohygrischen Umgebungsbedingungen auf die Thermoregulation von erwachsenen Rindern dient der BOSEN (1959) und THOM (1959) sowie vom Livestock Conservation Institute (1970), zitiert von HAHN und MADER (1997), entwickelte Thermo-Humidity-Index (THI). Die Berechnung der Einflussfaktoren erfolgt nach folgender Formel:

$$THI = 0,8 t_L + rLF(t_L - 14,4) + 46,4$$

wobei: t_L = Lufttemperatur (°C)
 rLF = relative Luftfeuchte (dezimale Form)

Der THI berücksichtigt die physiologische Kapazität der Thermoregulation der Rinder und liegt dem Livestock Weather Safety Index (LCI 1970) zu Grunde, der die thermischen Umgebungsbedingungen für erwachsene Rinder in folgende Gefährdungsklassen einteilt:

THI	≤	74	=	normal;
THI		75 - 78	=	Grenze der thermoregulativen Kapazität erreicht;
THI		79 - 83	=	Gefährdung der Tiere;
THI	≥	84	=	akute Lebensgefahr.

In Abbildung 3 sind die mittleren THI dargestellt, die aus den Daten für Temperatur und Feuchte während des Transportes in den Ladedecks der LKW errechnet wurden.

Unter Einbeziehung der Thermoregulationskapazität der Rinder zeigen sich durch die Wichtung der klimatischen Einzelfaktoren größere Unterschiede als bei deren isolierter Bewertung. In allen Transportabschnitten zeigen sich hier signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsfahrten. Der LCI – Grenzwert von 74 wird vor allem während des ersten Transportes während der Ruhepausen teilweise überschritten. Hier wurden während der 12-stündigen Ruhepause in Coulombiers (Pause 2), die tagsüber erfolgte, in einzelnen Fahrzeugabteilen THI von über 83 errechnet, die nach LCI die Tiere erheblich gefährden können. Gemittelt über alle Fahrzeuge und Transportabschnitte liegen die mittleren THI während des ersten Transportes in den Fahrzeugen bei 70,04 Einheiten, während des zweiten bei 62,64 ($p < 0,001$), nach dem LCI also im normalen Bereich.

Durch eine Verringerung der Beladedichte sinkt der mittlere THI um 1,2 Einheiten (65,7 gegenüber 66,9, $p < 0,001$).

Tab. 5: Einfluß der Ladedichte auf die mittleren THI im Fahrzeuginnern bei verschiedenen Ladedichten

TOUR	DI CHT E	THI LSMEAN	Std Err LSMEAN	Pr > T HO: LSMEAN=0	Pr > T i / j	HO: LSMEAN(i)=LSMEAN(j)			
						1	2	3	4
1	hoch	70.8031250	0.1561503	0.0001	1	.	0.0001	0.0001	0.0001
1	weni	69.2750000	0.1561503	0.0001	2	0.0001	.	0.0001	0.0001
2	hoch	62.9843750	0.1561503	0.0001	3	0.0001	0.0001	.	0.0019
2	weni	62.2937500	0.1561503	0.0001	4	0.0001	0.0001	0.0019	.

Wie in Tabelle 5 dargestellt, sinkt bei höheren Umgebungstemperaturen (Tour 1) der THI durch eine Verringerung der Ladedichte in stärkerem Ausmaß als bei geringeren Umgebungstemperaturen (Tour 2).

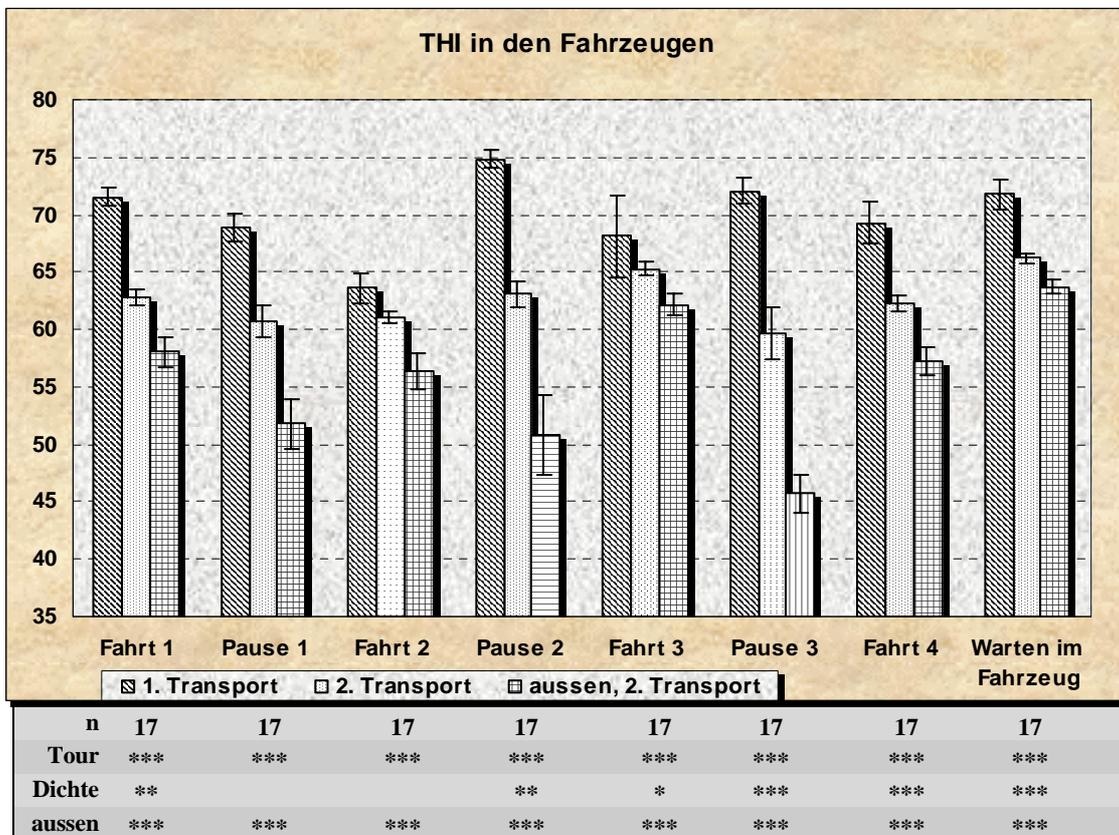


Abb. 3: Mittelwerte und Standardabweichungen der THI in den Fahrzeugen in einzelnen Fahrtabschnitten beider Versuchsfahrten. Signifikanz der Mittelwertunterschiede und Einflußfaktoren: Tour = Versuchsfahrt 1/2, Dichte = Fahrzeuge mit hoher/geringer Ladedichte, aussen = Vergleich mit Aussenluftbedingungen auf dem 2. Transport. $p \leq 0,001 = ***$; $p \leq 0,01 = **$; $p \leq 0,05 = *$

Die thermische Belastung der Rinder ist während des Transportes in der Abteilung „oben vorne“ der Fahrzeuge (Grp. 1), auch unter Einbeziehung der relativen Luftfeuchte, am geringsten (Tabelle 6). Die THI in den beiden unteren Kompartimenten des Tiefbettes zeigen hier geringe Unterschiede und liegen tiefer als in der oberen hinteren Abteilung.

Tab. 6: Mittlere THI in den vier Abteilungen (GRP) des Tiefbettes der Fahrzeuge 1 bis 4

GRP	THI	Std Err LSMEAN	Pr > T HO: LSMEAN=0	Pr > T i / j	HO: LSMEAN(i)=LSMEAN(j)			
	LSMEAN				1	2	3	4
1	64.7843750	0.1561503	0.0001	1	.	0.0001	0.0001	0.0001
2	67.5406250	0.1561503	0.0001	2	0.0001	.	0.0010	0.0001
3	66.8062500	0.1561503	0.0001	3	0.0001	0.0010	.	0.0088
4	66.2250000	0.1561503	0.0001	4	0.0001	0.0001	0.0088	.

3.3 Herzfrequenz

Die während des Transportes und der Ruhepausen kontinuierlich durchgeführten Herzfrequenzmessungen an den Rindern wurden in folgende 11 Transportabschnitte eingeteilt:

Stall	Stall vor Verladung (etwa 10 bis 30 Minuten)
Verladen	Aufladen (Meßdauer etwa 30 Minuten)
Fahrt 1	Fahrtabschnitt Verden – (Ohey oder Brakel)
Pause 1	3 Stunden (Ohey) oder 12 Stunden (Brakel)
Fahrt 2	Transportabschnitt nach Pause bis Coulombiers (etwa 10 Stunden)
Pause 2	Pause in Coulombiers, 12 Stunden
Fahrt 3	Fahrtabschnitt Coulombiers – Nordspanien (Cabana oder Burgos)
Pause 3	4 Stunden in Cabana (Tour 1), 12 Stunden in Burgos (Tour 2)
Fahrt 4	Fahrtabschnitt bis zum Zielort (Murcia)
Abladen	Meßperiode im Stall nach Abladen (30 Minuten)
Stall	12 Stunden Aufzeichnung bis zur letzten Blutentnahme

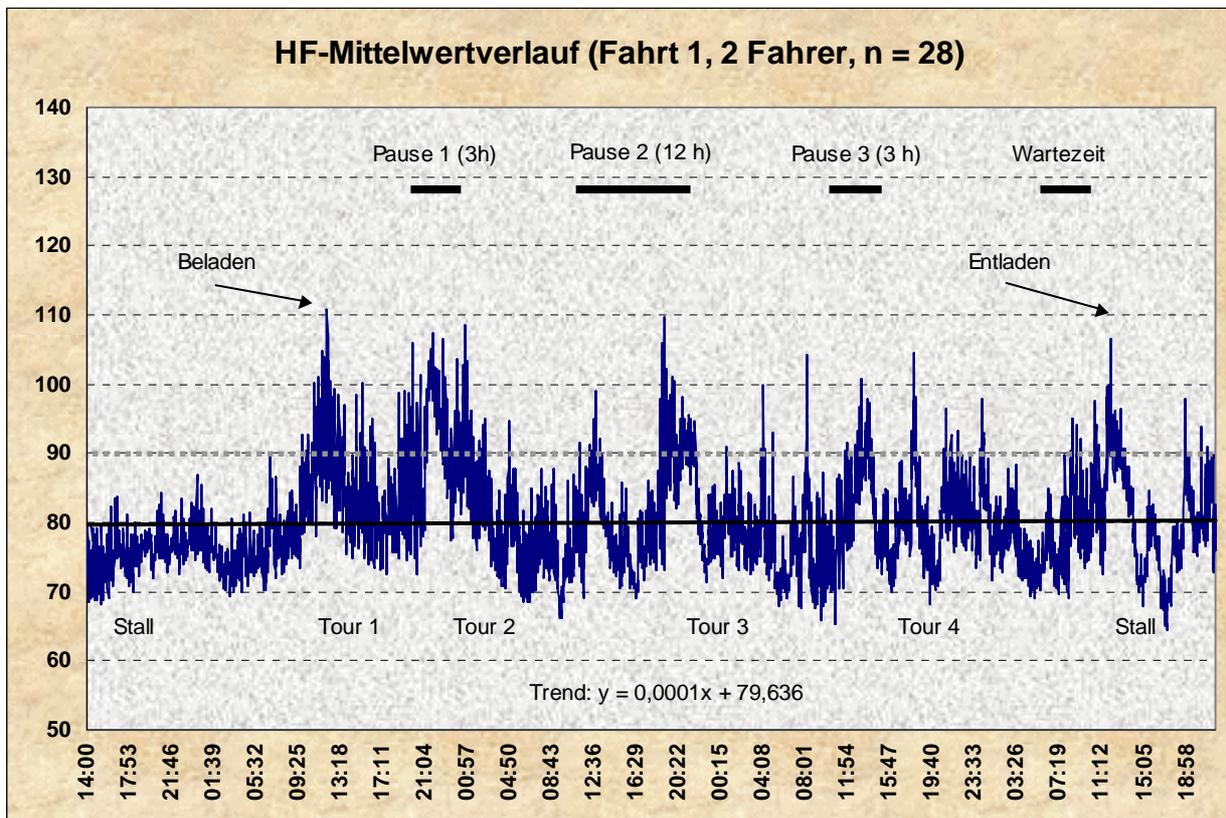


Abb. 4: Mittelwertverlauf der Herzfrequenzen von im Mittel 28 Rindern (bei 32 untersuchten Tieren, Datenverluste durch Geräteausfall, Meßintervall 1 Minute) während des Transportes nach der 2-Fahrer-Regel (1. Spanientransport) mit unterschiedlicher Ladedichte in 2 Fahrzeugen

Die Abbildung 4 zeigt den Verlauf der gemittelten Herzfrequenzen von insgesamt 28 Rindern während des ersten Transportes nach Spanien, der nach den Fahrt- und Pausenintervallen der 2 – Fahrerregel erfolgte. Obwohl die Regressionsgerade eine schwach ansteigende Tendenz aufweist, fällt die Mittelwertskurve im Verlauf des Transportes leicht ab. Sie liegt etwa 5 bis 10 Schläge/min über dem Ruhewert. Der Grenzwert von 90 Schlägen pro Minute wird vor allem zu Beginn des Transportes (Verladen) und während der Pausen (Fütterungen) überschritten. Blutentnahmen haben im Fahrzeug zu Beginn und Ende der 2. Pause (12 h), zu Beginn der 3. Pause (3 h) und zu Beginn der Wartezeit vor der Entladung stattgefunden.

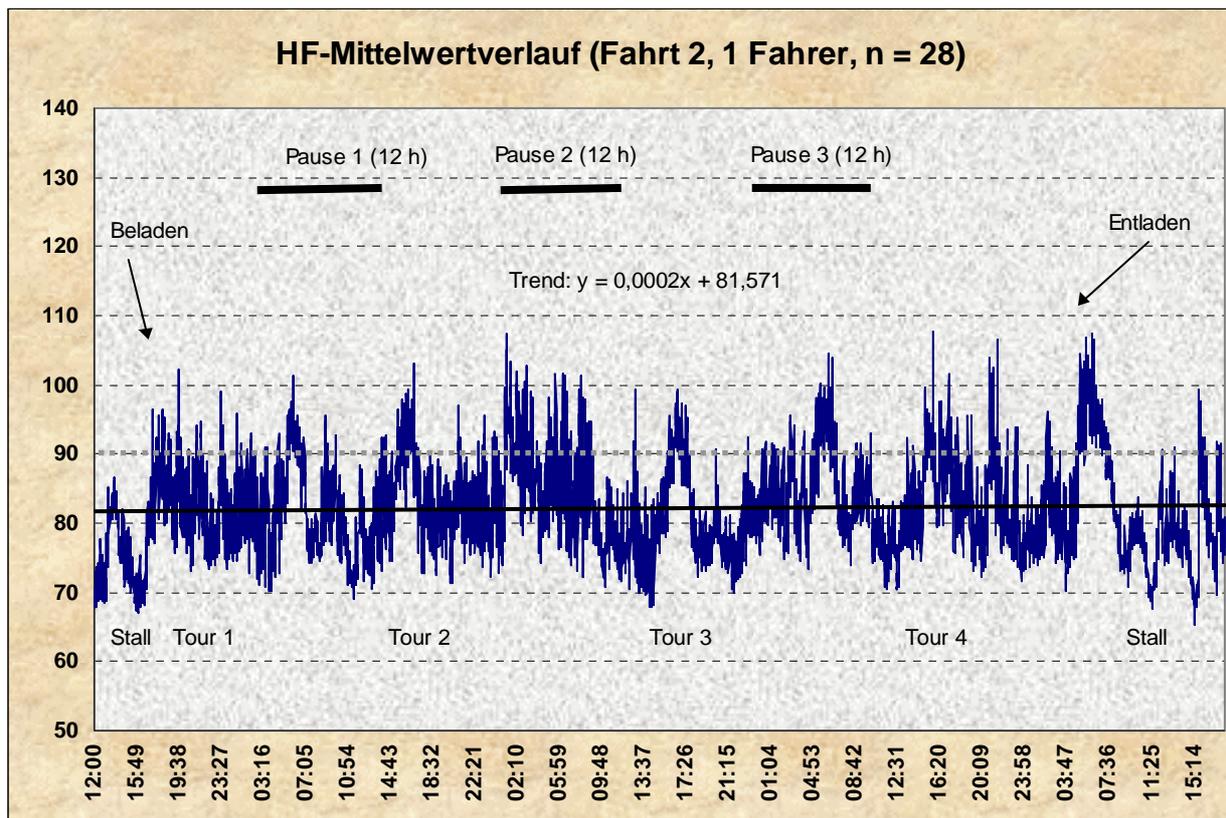


Abb. 5: Mittelwertverlauf der Herzfrequenzen von im Mittel 28 Rindern (bei 32 untersuchten Tieren, Datenverluste durch Geräteausfall, Meßintervall 1 Minute) während des Transportes nach der 1-Fahrer-Regel (2. Spanientransport) mit unterschiedlicher Ladedichte in 2 Fahrzeugen

Auch während des 2. Spanientransportes nach der 1 – Fahrerregel (Abbildung 5) zeigt die Trendlinie auf einem im Vergleich zum 1. Transport geringgradig erhöhten Niveau eine leicht ansteigende Tendenz. Der Grenzwert von 90 Schlägen/min wird hier vornehmlich während der zweiten Transporthälfte überschritten. Es zeigt sich auch hier, daß ausgeprägte Erhöhungen der mittleren Herzfrequenz vornehmlich während der Fahrtpausen (Fütterungen, während der 2. und 3. Fahrtpause auch Tränke) stattfinden. Das die Herzfrequenz beeinflussende Blutentnahmeintervall entspricht dem des ersten Transportes.

Die Herzfrequenzen aller Tiere in den beiden Versuchsfahrten liegen über alle Transportabschnitte gemittelt bei 83,3 resp. 83,7 Schlägen pro Minute (Tabelle 8). Somit ist praktisch kein Unterschied vorhanden, der durch eine Veränderung der Fahrt- und Pausenintervalle im Transportablauf verursacht werden könnte. Auch im statistischen Modell der Varianzanalyse ist ein signifikanter Einfluß der unterschiedlichen Fahrt- und Pausengestaltung nicht festzustellen (Tabelle 7).

Bezogen auf die einzelnen Fahrtabschnitte sind in der ersten Hälfte des Transportes Unterschiede nur während des Beladens und in der ersten Fahrtpause zu verzeichnen (Abbildung 6). Im zweiten Fahrtabschnitt zeigen die Tiere während des ersten Transportes tendenziell eine leichte Abnahme der mittleren Herzfrequenz, während sie im zweiten leicht zunimmt. Hierdurch ergeben sich geringfügige Unterschiede, die bezogen auf die stark veränderte Transportgestaltung jedoch nicht ins Gewicht fallen.

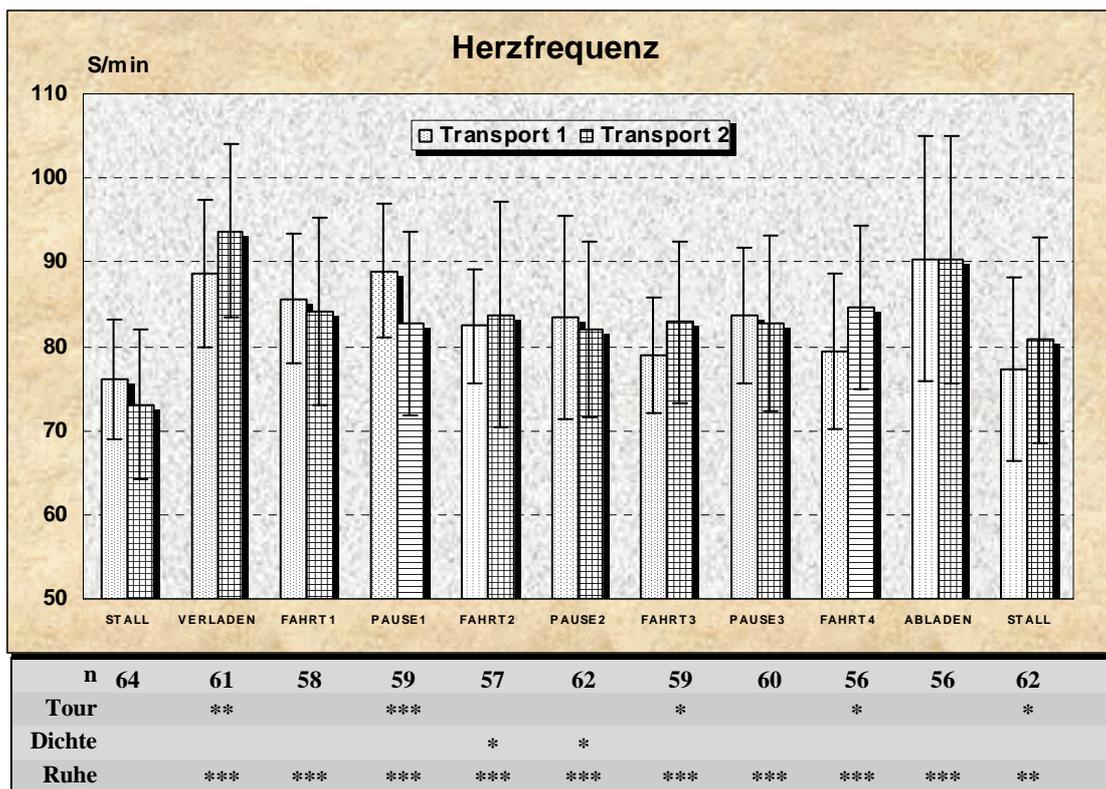


Abb. 6: Mittelwerte und Standardabweichungen der Herzfrequenz von Rindern in einzelnen Fahrabschnitten beider Versuchsfahrten. Signifikanz der Mittelwertunterschiede und Einflussfaktoren: Tour = Versuchsfahrt 1/2 (LKW 1+2/3+4), Dichte = Ladedichte hoch/gering (LKW 1+3/2+4). Ruhe = Veränderung zum Ruhewert (Stall). $p \leq 0,001 = ***$; $p \leq 0,01 = **$; $p \leq 0,05 = *$

Tab. 7: Signifikanz der Einflussfaktoren auf die Herzfrequenz von Rindern während des Transportes im statistischen Gesamtmodell. TOUR = Transport 1/2, DICHTe = Ladedichte hoch/gering, GRP = Standort im Fahrzeug, NR = Transportabschnitt 1 – 11, verschiedene Interaktionen

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TI ER(TOUR*DI CHT*GRP)	49	33120.58387282	675.93028312	14.63	0.0001
TOUR	1	15.10800807	15.10800807	0.33	0.5676
DI CHTe	1	74.72656663	74.72656663	1.62	0.2040
GRP	3	1623.98005630	541.32668543	11.72	0.0001
NR	10	12688.59901185	1268.85990119	27.47	0.0001
TOUR*DI CHTe	1	435.87971825	435.87971825	9.44	0.0022
TOUR*GRP	3	3140.25946830	1046.75315610	22.66	0.0001
TOUR*NR	10	1703.08499135	170.30849914	3.69	0.0001
DI CHTe*GRP	3	420.29323227	140.09774409	3.03	0.0289
DI CHTe*NR	10	812.37034074	81.23703407	1.76	0.0653

Im Gegensatz zu den Ergebnissen des ersten Versuchsabschnittes in Deutschland zeigen sich keine Unterschiede in der Herzfrequenz, die durch eine unterschiedliche Ladedichte hervorgerufen werden. Über alle Tiere gemittelt liegt die Herzfrequenz in den Fahrzeugen mit geringerer Ladedichte (Fahrzeuge 2 und 4) mit 83,8 S/min sogar um 0,6 höher als in den dichter beladenen Fahrzeugen ($p = 0,26$, Tabelle 8).

Tab. 8: Mittlere Herzfrequenzen in Abhängigkeit von Transportfahrt und Ladedichte in den Fahrzeugen 1 bis 4

TOUR	HF LSMEAN	Std Err LSMEAN	Pr > T HO: LSMEAN=0	Pr > T HO: LSMEAN1=LSMEAN2
1	83.2655373	0.4013381	0.0001	0.4658
2	83.6697020	0.3813626	0.0001	
DI CHTe				
hoch	83.1567032	0.3873156	0.0001	0.2615
weni	83.7785361	0.3952453	0.0001	

Dieser fehlende Unterschied könnte darin begründet sein, daß während beider Transporte die mittlere Herzfrequenz aller Tiere trotz des höheren Alters und größeren Körpergewichtes um etwa 10 Schläge/min höher liegt als im ersten Versuchsabschnitt in Deutschland (siehe Bericht an die ADR). Die Tiere werden allerdings in einem weiter vorangeschrittenen Trächtigkeitsstadium transportiert. Beim Vergleich der Fahrzeuge mit geringer Ladedichte aus den beiden Versuchsabschnitten fällt dieser Unterschied noch größer aus: Fahrzeug 3 (erster Versuchsabschnitt in D) mittlere HF = 68,5, Fahrzeug 2 (zweiter Versuchsabschnitt Spanien): mittlere HF = 82,6, Fahrzeug 4: mittlere HF = 84,9. Es ist zu vermuten, daß verglichen mit dem Versuch in Deutschland durch eine größere Belastung der Tiere während der Spanientransporte, ausgedrückt durch eine selten 80 S/min unterschreitende Herzfrequenz, die Einflüsse durch eine höhere Ladedichte maskiert wurden. Diese Annahme wird auch durch eine während der beiden Transporte nach Spanien um eine im Vergleich zum ersten Versuchsabschnitt in Deutschland etwa 65 % höhere Cortisolausschüttung (12,6 gegenüber 19,2 ng/l, siehe S. 17) untermauert. Mit Korrelationskoeffizienten nach PEARSON von 0,41 bis 0,51 ($p < 0,01$) zeigt die HF im vorliegenden Versuchsabschnitt eine relativ enge Beziehung zur Cortisol-ausschüttung der Tiere.

Der Einfluß einer möglichen thermischen Belastung der Tiere während der beiden Transporte nach Spanien wird in der Varianzanalyse mit einer durch die Kovariable THI adjustierten Regression

$$Y_{HF} = 19,45 + 1,051(\text{THI})$$

geschätzt.

Mit $p > 0,4$ bleibt die Regression jedoch ohne Signifikanz, so daß hier nicht von einer die Kreislaufregulation beeinflussenden thermischen Belastung der Tiere ausgegangen werden kann.

In beiden hier dargestellten Versuchsvarianten verdeutlichen sich die Belastungen durch die Auf- und Abladevorgänge sowohl zu Beginn und Ende des Transportes durch große Steigerungen der mittleren Herzfrequenz auf über 90 Schläge pro Minute. Von diesen Belastungen erholen sich die Tiere während des jeweils anschließenden Fahrtabschnittes über 8 bis 10 Stunden, ohne jedoch Ruhewerte zu erreichen. Insbesondere nach dem zweiten Transport erreichen die Tiere nach dem Abladen auch über einen Zeitraum von 12 Stunden nicht wieder die Ruhewerte, die sie vor dem Transport zeigten.

3.4. Körpertemperatur

Für die Messung der Körpertemperatur wurden die Transporte in die gleichen Abschnitte eingeteilt wie bei den Erhebungen zur Herzfrequenz. Die Logger wurden im Transport 1 etwa 3 Stunden vor Transportbeginn intravaginal eingelegt, im Transport 2 einen Tag zuvor.

Die Abbildung 7 gibt einen Überblick über den Verlauf der vaginal erhobenen Körpertemperaturen der transportierten Rinder in den vier LKW der beiden Spanientransporte. Hier wird deutlich, daß im Verlauf der Transporte die Körpertemperatur langsam ansteigt und im Zielstall, auch über einen Zeitraum von etwa 12 Stunden gemittelt, die höchsten Werte erreicht. Die physiologisch kritische Grenze von 39,0 °C wird in beiden Transporten von jeweils 5 Tieren vornehmlich während der zweiten Fahrthälfte überschritten. Dieser Zusammenhang drückt sich auch in einer Zunahme der Standardabweichung aus.

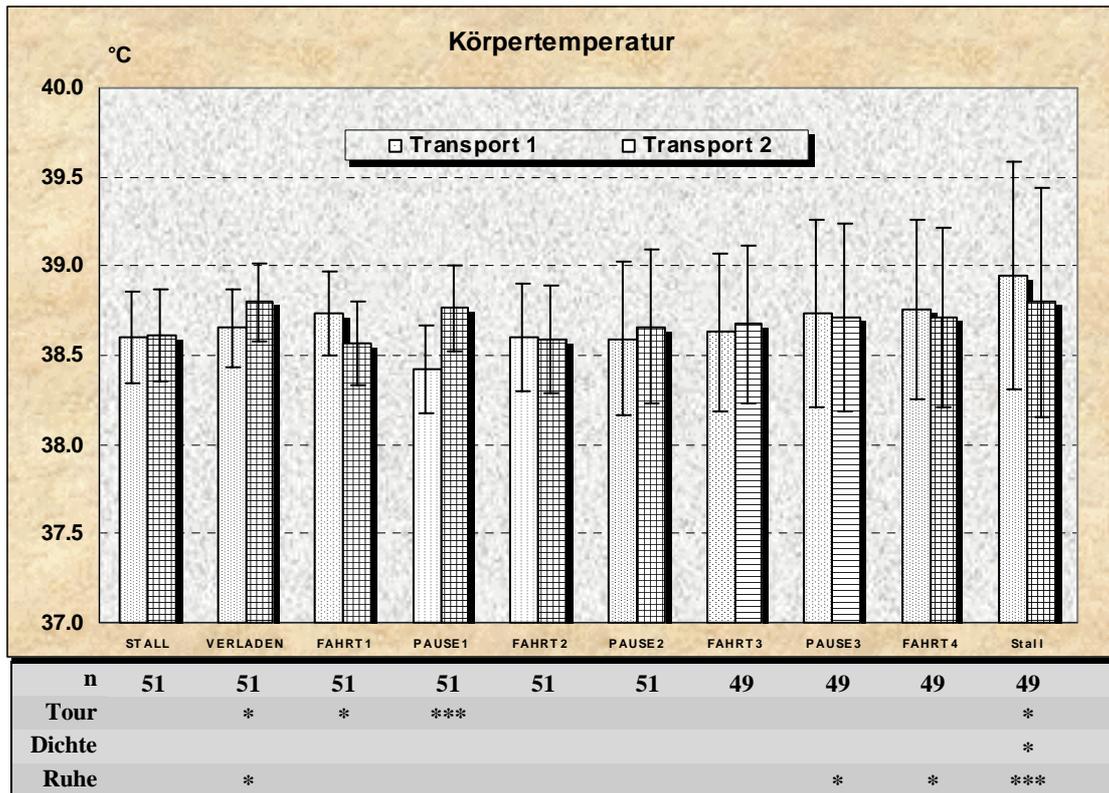


Abb. 7: Mittelwerte und Standardabweichungen der Körpertemperatur von Rindern in einzelnen Fahrtabschnitten beider Versuchsfahrten. Signifikanz der Mittelwertunterschiede und Einflußfaktoren: Tour = Versuchsfahrt 1/2 (LKW 1+2/3+4), Dichte = Ladedichte hoch/gering (LKW 1+3/2+4). Ruhe = Veränderung zum Ruhewert (Stall). $p \leq 0,001 = ***$; $p \leq 0,01 = **$; $p \leq 0,05 = *$

Unterschiedliche Reaktionen zeigen die Tiere hauptsächlich in der 1. Fahrtpause, die einschließlich der Versorgung der Tiere im ersten Transport etwa 3 Stunden dauert, im zweiten 12 Stunden. Beide Pausen fanden während der Nacht statt, wobei trotz eines um etwa 10 Einheiten höheren THI in den Fahrzeugen des ersten Transportes hier geringere Körpertemperaturen aufgezeichnet wurden. Innerhalb der während der Transporte vorherrschenden Bandbreite von Temperaturen und Luftfeuchten in den Fahrzeugen lassen sich keine Beziehungen zur Thermoregulation der Tiere herstellen. Die Korrelationskoeffizienten nach PEARSON liegen für die Beziehungen Körpertemperatur und Lufttemperatur bei $r = -0,08$, für Luftfeuchte bei $r = -0,07$ und für den THI bei $r = -0,08$. Auch die THI – adjustierte Regression mit

$$Y_{KT} = 37,04 + 0,027(\text{THI})$$

bleibt ohne Signifikanz. Die Körpertemperaturen unterscheiden sich bei den Tieren der ersten Fahrt trotz der z. T. erheblich höheren Umgebungstemperaturen nur unwesentlich von denen des zweiten Transportes, wie in Tabelle 9 dargestellt. Auch bleibt die Ladedichte im Fahrzeug ohne Einfluß.

Tab. 9: Mittlere Körpertemperaturen (KT) in Abhängigkeit von Transportfahrt und Ladedichte in den Fahrzeuge 1 bis 4

TOUR	KT LSMEAN	Std Err LSMEAN	Pr > T HO: LSMEAN=0	Pr > T HO: LSMEAN1=LSMEAN2
1	38.6796572	0.0185512	0.0001	0.5505
2	38.6948687	0.0174419	0.0001	
DICHTE	KT	Std Err	Pr > T	Pr > T HO:
hoch	38.6817188	0.0178574	0.0001	0.6635
weni	38.6928072	0.0181575	0.0001	

Tab. 10: Mittlere Körpertemperaturen (KT) in den vier Abteilungen (GRP) des Tiefbettes der Fahrzeuge 1 bis 4

GRP	KT LSMEAN	Std Err LSMEAN	Pr > T HO: LSMEAN=0	Pr > T HO: LSMEAN(i)=LSMEAN(j)				
				i / j	1	2	3	4
1	38.6516311	0.0240702	0.0001	1	.	0.0001	0.7675	0.6439
2	38.8204354	0.0275201	0.0001	2	0.0001	.	0.0001	0.0001
3	38.6412249	0.0256675	0.0001	3	0.7675	0.0001	.	0.8776
4	38.6357604	0.0244523	0.0001	4	0.6439	0.0001	0.8776	.

In der Abteilung „oben hinten“ der Fahrzeuge zeigen die Rinder eine im Mittel um etwa 0,2 °C höhere Körpertemperatur als in den übrigen Abteilungen der Fahrzeuge ($p < 0,001$, [Tabelle 10](#)). Auch wenn hier höhere Temperaturen vorherrschen als in den anderen Abteilungen des Fahrzeuges (Tab. 2), dürfte die Ursache hauptsächlich in einer höheren physischen Belastung der Tiere zu suchen sein. Mit einem Korrelationskoeffizienten von $r = 0,51$ ($p < 0,001$) zwischen Körpertemperatur und dem Plasmaspiegel von 3 – Hydroxybutyrat (3-HB) und einem von $r = -0,42$ ($p < 0,01$) zur Glucose besteht eine relativ enge Beziehung zwischen der Körpertemperatur und dem Energieumsatz der Rinder, wie später noch zu zeigen sein wird. Der Anstieg der Körpertemperaturen während der Transporte ist deshalb vornehmlich auf den steigenden Energieumsatz der Tiere zurückzuführen.

3.5 Biochemische Untersuchungen

Vor und während des Transportes wurden an sieben Zeitpunkten Blutproben gezogen, die auf den Gehalt an biochemischen Belastungsindikatoren untersucht wurden:

- 1:** Vortag **2:** vor Verladung **3:** Ende 2. Fahrt **4:** Ende 2. Pause
5: Ende 3. Fahrt **6:** Ende 4. Fahrt **7:** im Stall, 12 h nach Abladen

3.5.1 Cortisol

Aufgrund der beim Rind bis zu 15 Minuten andauernden Ausschüttungslatenz sind akute Belastungen, wie sie beim Be- und Entladen auftreten können, anhand des Cortisolspiegels im Blutplasma nur eingeschränkt nachzuweisen. Es sind deshalb in der [Abbildung 8](#) nur die Cortisolspiegel dargestellt, die zum Ende der jeweiligen Transportphasen vorlagen.

Im Gegensatz zu den Untersuchungen des ersten Abschnittes in Deutschland steigt im Verlauf der Transporte der Cortisolspiegel der Blutproben auf einen Maximalwert an, der im weiteren Verlauf mehr oder weniger beibehalten wird. Im ersten Transport erreichen die Tiere diesen Wert gegen Ende des 3. Fahrtabschnittes (Nordspanien), im zweiten schon gegen Ende der 12-stündigen Ruhepause in Coulombiers. Auffällig ist, daß ein vergleichsweise hohes Niveau auch nach Beendigung der Transporte beibehalten und Ruhewerte nicht wieder erreicht werden.

Insgesamt zeigen die Tiere im zweiten Transport (1 - Fahrerregelung) eine mittlere Cortisolausschüttung von 20,48 ng/ml, die um etwa 2,1 ng/ml höher liegt als im ersten ($p = 0,02$). Diese Unterschiede liegen jedoch weit unter den Veränderungen, die durch den Transportverlauf auf die Cortisolausschüttung der Tiere verursacht werden. Die hohen Cortisolgehalte der Blutproben aus der zweiten Pause (Coulombiers) im zweiten Transport finden keine Entsprechung in Herzfrequenz oder Körpertemperatur. Es ist jedoch bekannt, daß durch ein Absinken der Umgebungstemperatur bei Warmblütern eine höhere Cortisolausschüttung stattfindet. Im Vergleich zum ersten Transport liegen die Umgebungstemperaturen zur Zeit der Probenahmen im Vergleich zum ersten Transport um etwa 8 °C tiefer, da die Pause hier während der Nacht stattfindet. Zudem hat es zu diesem Zeitpunkt im Gegensatz zum ersten Transport kräftig geregnet. Auch könnte hier der diurnale Ausschüttungsrhythmus bei den

Tieren zum Tragen kommen, da im zweiten Transport die Probenahme am Morgen erfolgte, während des ersten am Abend. In beiden Transporten wurden die Proben vor der Fütterung der Tiere entnommen. Tendenziell findet jedoch während beider Transporte in gleicher Weise eine Zunahme der endokrinen Belastungsreaktion statt, die mit einer Zunahme der energetischen Belastung der Tiere einhergeht. In der zweiten Hälfte der Transporte (Fahrten 3 und 4) besteht mit einer THI-adjustierten Korrelation von $r = -0,34$ ($p = 0,03$) eine Beziehung des Cortisolspiegels zum Glucoseverbrauch der Tiere.

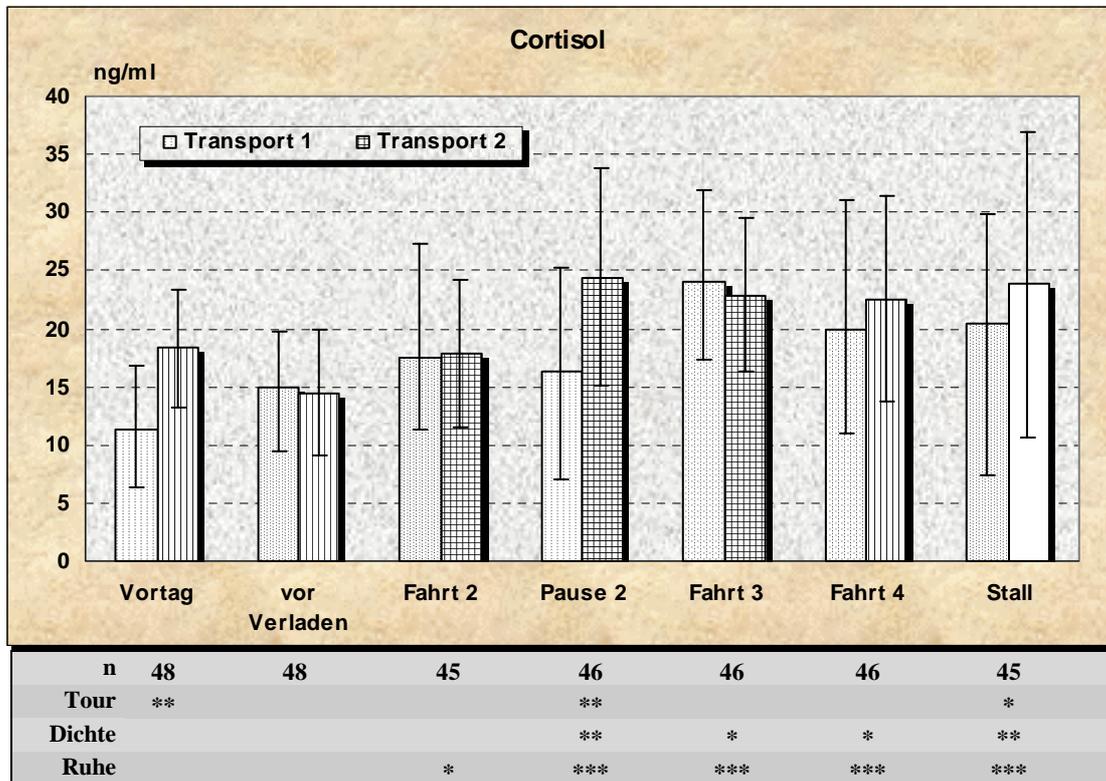


Abb. 8: Mittelwerte und Standardabweichungen der Plasma-Cortisolgehalte von Rindern in einzelnen Fahrtabschnitten beider Versuchsfahrten. Signifikanz der Mittelwertunterschiede und Einflußfaktoren: Tour = Versuchsfahrt 1/2 (LKW 1+2/3+4), Dichte = Ladedichte hoch/gering (LKW 1+3/2+4), Ruhe = Veränderungen zum Ruhewert (vor Verladen). $p \leq 0,001 = ***$; $p \leq 0,01 = **$; $p \leq 0,05 = *$

Im statistischen Modell gehen die Einflußfaktoren mit der in Tabelle 11 dargestellten Signifikanz in die Cortisolausschüttung der Rinder während des Transportes ein. Sie zeigt, daß die Transportform (1-Fahrerregelung, 2-Fahrerregelung = TOUR), der Transportverlauf (NR) und die Interaktion zwischen Standort im Fahrzeug (GRP) und Ladedichte (DICHTE) die individuellen Einflüsse durch die Tiere (TIER) überwiegen.

Tab. 11: Signifikanz der Einflußfaktoren auf die Cortisolausschüttung 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

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TIER(TOUR*DI CHT*GRP)	35	5357.68208682	153.07663105	2.72	0.0001
TOUR	1	273.70706634	273.70706634	4.86	0.0284
DI CHTE	1	95.81291710	95.81291710	1.70	0.1934
GRP	3	423.71756963	141.23918988	2.51	0.0595
NR	6	3326.00889627	554.33481604	9.84	0.0001
TOUR*DI CHTE	1	0.14546827	0.14546827	0.00	0.9595
TOUR*GRP	3	172.94601072	57.64867024	1.02	0.3829
TOUR*NR	6	1004.87171371	167.47861895	2.97	0.0080
DI CHTE*GRP	3	779.09337281	259.69779094	4.61	0.0037
DI CHTE*NR	6	161.81110024	26.96851671	0.48	0.8239

Die Cortisolausschüttung der Rinder, die in Fahrzeugen mit höherer Ladedichte transportiert wurden, liegt im Mittel um etwa 1,2 ng/ml höher als in Fahrzeugen mit geringerer Ladedichte. Dieser Unterschied ist im Gesamtmodell nicht signifikant. Es gibt aber vor allem in der zweiten Hälfte der Transporte zu einzelnen Probenahmezeitpunkten signifikante Unterschiede, die eine höhere endokrine Belastungsreaktion der mit höherer Ladedichte transportierten Rinder anzeigt. Auch der Standort im Fahrzeug bleibt nicht ohne Einfluß auf die Cortisolausschüttung der Tiere. Wie auch schon bei der Körpertemperatur, zeigen die Rinder in Gruppe 2 (oben hinten im Fahrzeug) eine höhere Belastungsreaktion (Tabelle 12).

Tab. 12: Mittlere Cortisolausschüttung (CORT) in den vier Abteilungen (GRP) des Tiefbettes der Fahrzeuge 1 bis 4

GRP	CORT LSMEAN	Std Err LSMEAN	Pr > T HO: LSMEAN=0	Pr > T i / j	HO: LSMEAN(i)=LSMEAN(j)			
					1	2	3	4
1	17.7842557	0.8250825	0.0001	1	0.0071	0.2635	0.1329	
2	20.9495335	0.8250825	0.0001	2	0.0071	0.1997	0.3746	
3	19.2583708	1.0246431	0.0001	3	0.2635	0.1997	0.7196	
4	19.7751118	1.0321181	0.0001	4	0.1329	0.3746	0.7196	

3.5.2 Creatinkinase

Die Plasmaaktivität der Creatinkinase (CK) steigt durch die Verladung der Tiere in die Fahrzeuge nur geringgradig an und bleibt im Verlaufe des Transportes auf einem in etwa gleichbleibendem Niveau (Abbildung 9). Unterschiede zwischen den beiden Spanientransporten liegen nur im Anschluß an das Abladen am Zielort vor, wo einige wenige Tiere aufgrund höherer motorischer Aktivität („Austoben“ nach dem Transport) steigende Plasmagehalte aufweisen. Im Mittel liegt die Plasmaaktivität der CK bei 62,5 U/l während des Transportes 1 und bei 61,2 U/l während des Transportes 2. Die Verlängerung der Ruhepausen bei der 1-Fahrerregelung zeigt deshalb auf die motorische Belastung der Tiere kaum einen Einfluß, wie auch aus der Tabelle 13 hervorgeht. Es zeigt sich hier kein signifikanter Unterschied (TOUR).

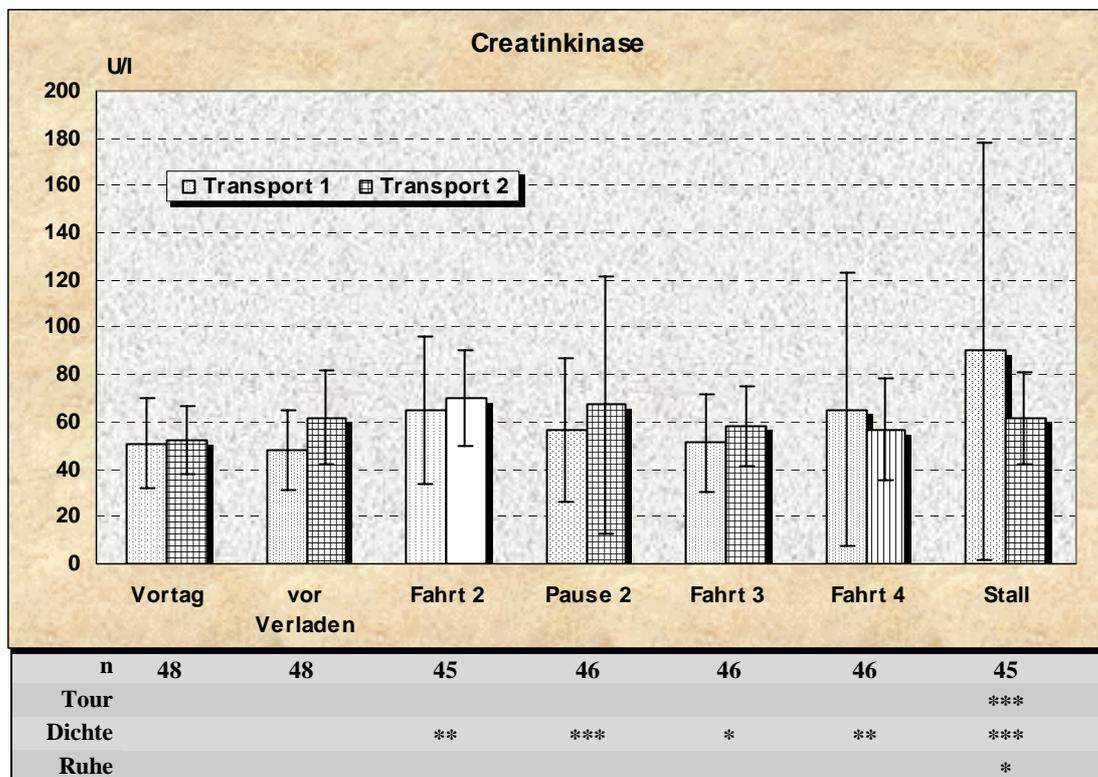


Abb. 9: Mittelwerte und Standardabweichungen der Plasmaaktivität der Creatinkinase von Rindern in einzelnen Fahrtabschnitten beider Versuchsfahrten. Signifikanz der Mittelwertunterschiede und Einflußfaktoren: Tour = Versuchsfahrt 1/2 (LKW 1+2/3+4), Dichte = Ladedichte hoch/gering (LKW 1+3/2+4). Ruhe = Veränderungen zum Ruhewert (vor Verladen). $p \leq 0,001 = ***$; $p \leq 0,01 = **$; $p \leq 0,05 = *$

Deutlicher sind die Unterschiede hinsichtlich der Ladedichten. Bei höheren Ladedichten in den Fahrzeugen 1 und 3 der Spanientransporte liegen die Mittelwerte bei 68,8 U/l, in den niedrigeren der Fahrzeuge 2 und 4 bei 53,0 U/l. Diese Unterschiede sind in allen Fahrt- und Pausenabschnitten signifikant. Es liegen hier somit Hinweise auf eine größere motorische Belastung der Tiere bei höheren Ladedichten vor. Der Einfluß des Standortes im Fahrzeug (GRP) zeigt auf die Plasmaaktivität der CK einen vergleichsweise geringen Einfluß (Tabelle 13).

Tab. 13: Signifikanz der Einflußfaktoren auf die Plasmaaktivität der CK 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

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TI ER(TOUR*DI CHT*GRP)	34	112267.73439339	3301.99218804	2.25	0.0002
TOUR	1	151.50785440	151.50785440	0.10	0.7480
DI CHTe	1	13000.18016776	13000.18016776	8.87	0.0032
GRP	3	12532.34397150	4177.44799050	2.85	0.0379
NR	6	28949.86554659	4824.97759110	3.29	0.0039
TOUR*DI CHTe	1	545.80521108	545.80521108	0.37	0.5422
TOUR*GRP	3	3300.36037115	1100.12012372	0.75	0.5227
TOUR*NR	6	25795.08053641	4299.18008940	2.93	0.0087
DI CHTe*GRP	3	23990.43557829	7996.81185943	5.46	0.0012
DI CHTe*NR	6	4773.58127870	795.59687978	0.54	0.7752

3.5.3 unveresterte (freie) Fettsäuren

Während einer Belastung wird eine sich einstellende katabole Stoffwechsellage der Tiere durch einen Anstieg der unveresterten Fettsäuren angezeigt, die endokrinologisch aus der durch Katecholamine und Cortisol induzierten Fettgewebseinschmelzung stammen. Dieser Vorgang ist sowohl in akuten als auch in chronischen Belastungssituationen zu beobachten und somit auch als Belastungsreaktion zu bewerten. Aus der Abbildung 10 wird deutlich, daß im Verlaufe des insbesondere des ersten Transportes die Plasmagehalte der Tiere an unveresterten Fettsäuren stark ansteigen. Die Mittelwerte des Transportes 1 mit 986 µmol/l und des Transportes 2 mit 783 µmol/l liegen über den Maximalwerten, die im ersten Versuchsabschnitt in Deutschland erreicht wurden (590 bis 650 µmol/l, Bericht an die ADR).

Bei Plasmagehalten von über 600 µmol/l liegen Anzeichen eines Fettmobilisationssyndromes vor, das in eine klinisch manifeste Ketose übergehen kann. Die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigen, daß die Tiere insbesondere während des ersten Transportes in der zweiten Transporthälfte ein ausgeprägtes Energiedefizit aufweisen. Da vor und während beider Transporte die Fütterung gleich gestaltet wurde (Heu und Wasser), kann eine Erklärung in der höheren thermischen Belastung der Tiere während des ersten Transportes liegen. Dieser Effekt ist jedoch nicht grundsätzlich von der veränderten Fahrt- und Pausengestaltung (2-Fahrerregelung mit insgesamt etwa 18 Stunden Pause, 1-Fahrerregelung mit insgesamt etwa 30 Stunden Pause) zu unterscheiden. Eine kürzere Gesamttransportzeit dürfte die Tiere nur dann energetisch stärker belasten, wenn die Fahrtunterbrechungen für eine ausreichende Versorgung zu kurz ausfallen. Dafür liegen hier keine Anzeichen vor, zumal die Rinder auch während der Fahrt Futter aufnehmen. Dennoch reicht in beiden Transporten die Versorgung der Tiere mit zunehmender Transportdauer nicht aus, wie aus der Tabelle 14 hervorgeht. Der Transportverlauf (NR) zeigt sich im statistischen Modell als der am stärksten ausgeprägte Effekt (F-Wert = 41,7). Eine Verkürzung des Transportes um 10 bis 15 Stunden erweist sich jedoch nicht als Vorteil. Auch im zweiten Transport (längere Pausenzeiten) wird die kritische Grenze von 600 µmol/l überschritten, die Energiemobilisation erfolgt hier jedoch in weitaus geringerem Maße.

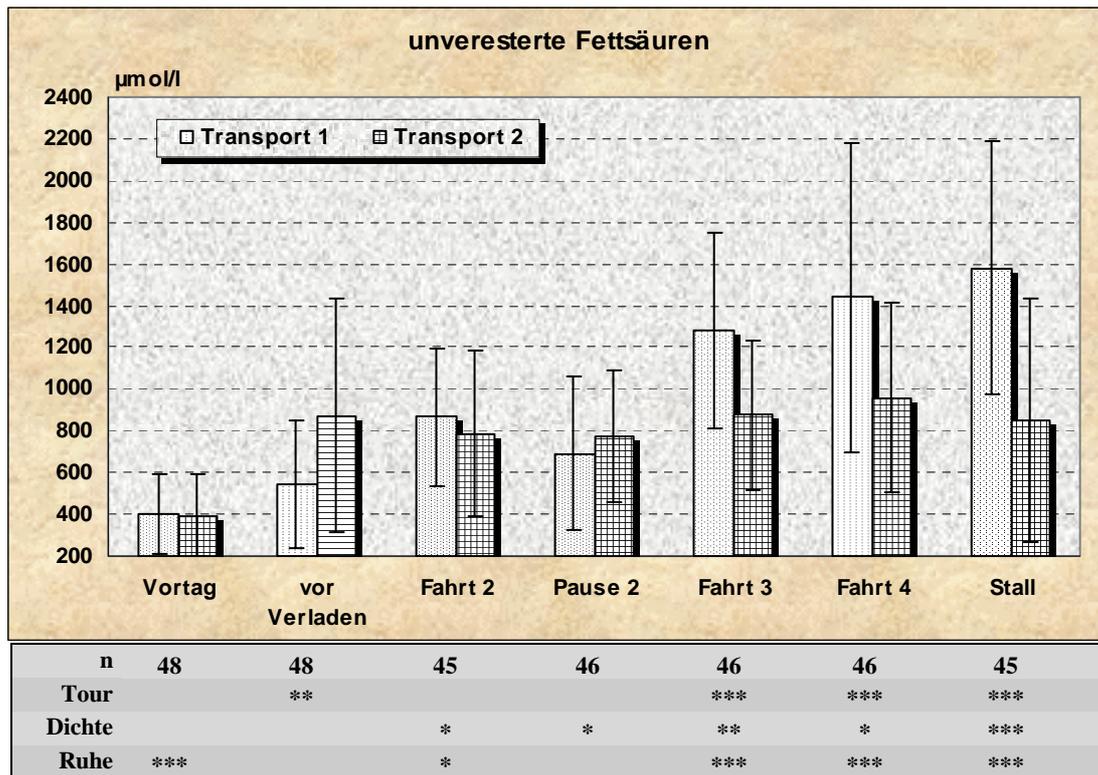


Abb. 10: Mittelwerte und Standardabweichungen der Plasmagehalte an unveresterten Fettsäuren von Rindern in einzelnen Fahrtabschnitten beider Versuchsfahrten. Signifikanz der Mittelwertunterschiede und Einflußfaktoren: Tour = Versuchsfahrt 1/2 (LKW 1+2/3+4), Dichte = Ladedichte hoch/gering (LKW 1+3/2+4). Ruhe = Veränderung zum Ruhewert (vor Verladen). $p \leq 0,001 = ***$; $p \leq 0,01 = **$; $p \leq 0,05 = *$

Tab. 14: Signifikanz der Einflußfaktoren auf unveresterte Fettsäuren (NEFA) 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

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TI ER(TOUR*DI CHT*GRP)	34	26336328. 74092990	774597. 90414500	7. 90	0. 0001
TOUR	1	2980744. 57214729	2980744. 57214729	30. 39	0. 0001
DI CHTe	1	13961. 50530982	13961. 50530982	0. 14	0. 7063
GRP	3	290439. 65130769	96813. 21710256	0. 99	0. 3994
NR	6	24540279. 61618520	4090046. 60269754	41. 71	0. 0001
TOUR*DI CHTe	1	28962. 34302914	28962. 34302914	0. 30	0. 5873
TOUR*GRP	3	5909093. 44308823	1969697. 81436274	20. 09	0. 0001
TOUR*NR	6	8646457. 04402821	1441076. 17400470	14. 69	0. 0001
DI CHTe*GRP	3	1756167. 23638385	585389. 07879462	5. 97	0. 0006
DI CHTe*NR	6	504090. 94071991	84015. 15678665	0. 86	0. 5274

Die höheren Umgebungstemperaturen und THI im ersten Transportabschnitt des ersten Transportes (bis einschließlich der Pause 2 in Coulombiers) zeigen mit $r = 0,37$ und $r = 0,36$ ($p = 0,01$) eine gesicherte positive Korrelation zum Plasmaspiegel an NEFA der Tiere im zweiten Transportabschnitt. Dieser Zusammenhang legt den Schluß nahe, daß für die erhöhte Energiemobilisation der Tiere im zweiten Transportabschnitt u. a. eine höhere thermische Belastung verantwortlich ist. Da diese Belastung hier zum größten Teil während der Pause erfolgte, sollten Fahrtunterbrechungen für länger andauernde Pausen möglichst in die Nachtstunden verlegt werden.

Beim Vergleich der Ladedichten zeichnet sich ein im Mittel um etwa 20 $\mu\text{mol/l}$ erhöhter Fettsäurespiegel bei den Tieren in den Fahrzeugen 1 und 3 ab. Diese Unterschiede werden ebenfalls hauptsächlich im zweiten Teil der Transporte deutlich, bleiben aber unter der Signifikanzgrenze. Auch bleibt der Einfluß des Standortes im Fahrzeug (GRP) ohne Signifikanz auf den NEFA – Spiegel der Tiere.

Erfahrungsgemäß sinkt auch ein hoher Plasmaspiegel an Fettsäuren nach der Belastung der Tiere in wenigen Stunden wieder auf physiologische Werte ab. Dies ist im vorliegenden Fall auch nach 12 Stunden nicht der Fall. Wahrscheinlich beruht dieses Phänomen auf der niedrigen Akzeptanz des am Zielort angebotenen Futters. Es sei in diesem Zusammenhang angemerkt, daß durch ein physiologisches Energiedefizit die Gefahr des Verkalbens ansteigt.

3.5.4 3-Hydroxybutyrat

In Abbildung 11 sind die Konzentrationen des Ketokörpers 3 – Hydroxybutyrat (3-HB) im Blutplasma der transportierten Rinder zu den einzelnen Transportabschnitten dargestellt. Während beider Transporte ist ein gleichmäßiger Anstieg des Plasmaspiegels an 3-HB festzustellen. Die durch eine Anflutung von Fettsäuren angezeigte verstärkte Mobilisierung körpereigener Energiereserven als Ausgleich für ein zunehmendes Energiedefizit führt zu einem verstärkten Substratangebot im Zitronensäurezyklus und damit zu einer Bereitstellung von Energieträgern. In absoluten oder relativen Energiemangelsituationen fehlen jedoch im Zitronensäurezyklus Vorläufersubstanzen (Oxalacetat), die die aus der β -Oxidation stammenden Fettsäurebruchstücke aufnehmen und in den Zyklus einschleusen. Statt dessen erfolgt aus diesen Bruchstücken eine Bildung von Ketonkörpern, zu denen auch das 3-HB zählt. Ein erhöhter 3-HB – Spiegel ist somit trotz der Anflutung großer Mengen an NEFA ein Ausdruck für eine überforderte Energiebereitstellung durch die beim Wiederkäuer erfolgende Bereitstellung von Kohlenhydraten aus der Gluconeogenese („Fette verbrennen im Feuer der Kohlenhydrate“). Diese Zusammenhänge führen bei drei Tieren des ersten und acht Tieren des zweiten Transportes zu Blutspiegeln von weit über 1 mmol/l, die als Anzeichen für eine beginnende Ketose angesehen werden. Auch bei diesem Parameter ist in beiden Transporten nach Spanien ein weit höherer Mittelwert zu verzeichnen als bei den Versuchen in Deutschland. Hier lagen die Durchschnittswerte bei 0,33 bis 0,41 mmol/l.

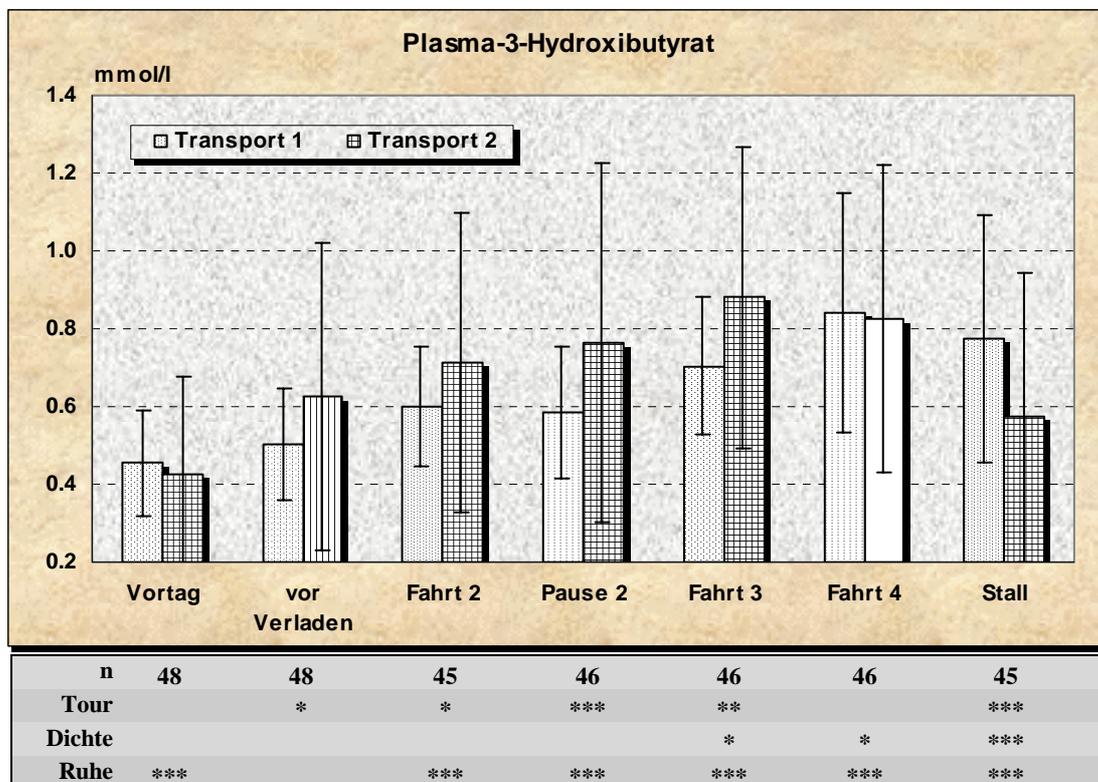


Abb. 11: Mittelwerte und Standardabweichungen der Plasmagehalte an 3 - Hydroxybuttersäure von Rindern in einzelnen Fahrtabschnitten beider Versuchsfahrten. Signifikanz der Mittelwertunterschiede und Einflußfaktoren: Tour = Versuchsfahrt 1/2 (LKW 1+2/3+4), Dichte = Ladedichte hoch/gering (LKW 1+3/2+4). $p \leq 0,001 = ***$; $p \leq 0,01 = **$; $p \leq 0,05 = *$

Trotz einer geringeren Anflutung von NEFA zeigen die Tiere des zweiten Transportes eine stärkere Ketogenese, die allerdings ohne Signifikanz bleibt (Tabelle 15, TOUR). Dennoch wird hierdurch verdeutlicht, daß für eine ausreichende Versorgung der Tiere während des Transportes ein Mindestmaß an leicht umsetzbarer Energie in Form von Kohlenhydraten bereitgestellt werden sollte.

Tab. 15: Signifikanz der Einflußfaktoren auf 3 – Hydroxybutyrat (3-HB) 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

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TIER(TOUR*DI CHT*GRP)	34	13.99619444	0.41165278	16.31	0.0001
TOUR	1	0.08547129	0.08547129	3.39	0.0669
DI CHTE	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*DI CHTE	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
DI CHTE*GRP	3	3.21059455	1.07019818	42.41	0.0001
DI CHTE*NR	6	0.19771118	0.03295186	1.31	0.2549

Wie bei den NEFA zeigt sich auch hier neben einem ausgeprägten individuellen Einfluß mit einem hohen F-Wert die Signifikanz des Transportverlaufes (NR) auf die Ketogenese der transportierten Rinder. Die Dauer des Transportes zeigt sich unabhängig von der Gestaltung von Fahrt- und Pausenintervallen als Belastungsfaktor für den Energiehaushalt der Rinder, was durch hohe Korrelationsfaktoren zwischen 3-HB und NEFA (0,7; p < 0,001) und Glucose (-0,71; p < 0,001) verdeutlicht wird. Es besteht auch eine enge Korrelation zur Körpertemperatur der Tiere (0,53; p < 0,001), die eine endogene Wärmebildung durch den erhöhten Energieumsatz belegt. Zur Umgebungstemperatur während der zweiten Hälfte der untersuchten Transporte steht die Ketogenese der Tiere in einer negativen Beziehung, die durch die (nicht signifikante) Regression

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

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 3-HB Plasmaspiegel bei Tieren, die mit hoher Ladedichte transportiert werden, bei 0,7 mmol/l. Geringere Ladedichten zeigen hier Plasmaspiegel um 0,6 mmol/l. Hier zeigt sich jedoch ein besonderer Effekt des zweiten Transportes, wie in Tabelle 16 dargestellt ist.

Tab. 16: Einfluß der Ladedichte auf die mittleren Plasma 3-Hydroxybutyratgehalte von Rindern während der zwei Spanientransporte

TOUR	DI CHTE	HB LSMEAN	Std Err LSMEAN	Pr > T HO: LSMEAN=0	Pr > T HO: LSMEAN(i)=LSMEAN(j)				
					i/j	1	2	3	4
1	hoch	0.64845238	0.01733195	0.0001	1	.	0.7704	0.0006	0.3275
1	weni	0.64066528	0.02025299	0.0001	2	0.7704	.	0.0005	0.5381
2	hoch	0.73463909	0.01758439	0.0001	3	0.0006	0.0005	.	0.0001
2	weni	0.62401489	0.01788845	0.0001	4	0.3275	0.5381	0.0001	.

Während im ersten Transport kein signifikanter Unterschied feststellbar ist, zeigt sich in Fahrzeug 3 (hohe Ladedichte) während des zweiten Transportes eine zu allen anderen Fahrzeugen der beiden Transporte signifikant erhöhte Ketogenese. Der im Vergleich zum ersten höhere mittlere 3-HB Spiegel des zweiten Transportes beruht somit in erster Linie auf die

Reaktion der Tiere in diesem Fahrzeug. Hier scheinen individuelle Einflüsse durch den Fahrer im Vordergrund zu stehen.

3.5.5 Glucose

Der Glucosespiegel im Blutplasma wird beim Rind bei einem geringen Fütterungsniveau nahezu ausschließlich über die Gluconeogenese aus dem Pansenstoffwechsel entstammender flüchtiger Fettsäuren aufrechterhalten. Bei höherem Energiebedarf wird die Gluconeogenese neben dem Abbau von Glycogenvorräten der Leber und Muskulatur auch über Aminosäuren betrieben. Diese Aktivierung wird über Katecholamine aus der Nebenniere, Glucagon und Cortisol reguliert und findet über einen kurzen Zeitraum statt. In der Abbildung 12 sind die Plasma-Glucosegehalte der Rinder während der zwei Transporte nach Spanien dargestellt. Auffällig ist der stetige Anstieg des Glucosespiegels der Rinder im zweiten Transport. Dieser spricht für einen zunehmenden Energieumsatz der Tiere. Während des ersten Transportes kommt es zur Erschöpfung der Glucosebereitstellung, die sich bei ausgeprägter Umstellung des Energiehaushaltes auf katabole Stoffwechsellage (NEFA, 3-HB, Laktat) einstellt. Die abgesicherte negative Korrelation zu NEFA, 3-HB und zur Körpertemperatur zeigt diese Umstellung des Energiestoffwechsels an. Der untere Grenzwert von 2,4 mmol Glucose pro Liter wird nicht unterschritten.

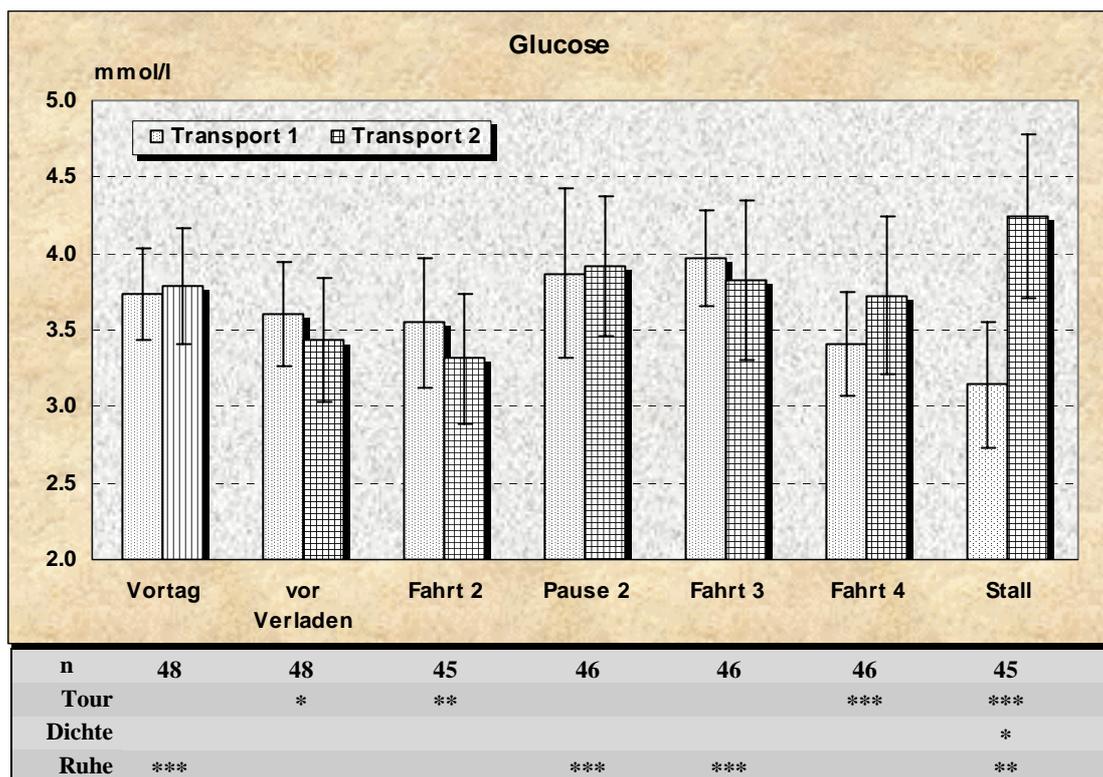


Abb. 12: Mittelwerte und Standardabweichungen der Plasmagehalte an Glucose von Rindern in einzelnen Fahrtabschnitten beider Versuchsfahrten. Signifikanz der Mittelwertunterschiede und Einflußfaktoren: Tour = Versuchsfahrt 1/2 (LKW 1+2/3+4), Dichte = Ladedichte hoch/gering (LKW 1+3/2+4). Ruhe = Veränderung gegenüber Ruhewert (vor Verladen). $p \leq 0,001 = ***$; $p \leq 0,01 = **$; $p \leq 0,05 = *$

Das statistische Modell verdeutlicht den großen Einfluß der Fahrt- und Pausengestaltung auf den Glucosespiegel der Tiere (TOUR, F-Wert = 21,21, $p < 0,001$, Tabelle 16). Im Gegensatz zu NEFA und 3-HB lassen sich keine Beziehungen zur Umgebungstemperatur während der Transportfahrten herstellen. Es ist deshalb davon auszugehen, daß die mit der 2-Fahrerregelung einhergehende Verkürzung der Pausenintervalle zur Umstellung des Energiehaus-

haltes der Tiere auf eine katabole Stoffwechsellage beiträgt, die im vorliegenden Fall nicht mehr kompensiert werden kann.

Tab. 16: Signifikanz der Einflußfaktoren auf den Plasma-Glucosespiegel 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

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TI ER(TOUR*DI CHT*GRP)	34	20.81885303	0.61231921	7.20	0.0001
TOUR	1	1.80266557	1.80266557	21.21	0.0001
DI CHTE	1	0.01455239	0.01455239	0.17	0.6794
GRP	3	5.05475921	1.68491974	19.82	0.0001
NR	6	9.01026443	1.50171074	17.67	0.0001
TOUR*DI CHTE	1	0.01626493	0.01626493	0.19	0.6622
TOUR*GRP	3	5.25294145	1.75098048	20.60	0.0001
TOUR*NR	6	14.02559448	2.33759908	27.50	0.0001
DI CHTE*GRP	3	1.62746148	0.54248716	6.38	0.0003
DI CHTE*NR	6	0.58342078	0.09723680	1.14	0.3374

Die unterschiedliche Ladedichte zeigt während der beiden Transporte keinen Einfluß auf die Glucosekonzentration im Blutplasma der Tiere. In der oberen hinteren Bucht in den Fahrzeugen (Grp 2; 3,48 mmol/l) sind die geringsten Glucosegehalte, in der unteren hinteren (Grp 4; 3,83 mmol/l) die höchsten zu finden. Diese Unterschiede sind signifikant.

3.5.6 Gesamteiweiß

Aufgrund ihrer Wasserbindung bestimmen die Plasmaeiweiße in ihrer Gesamtheit den kolloid-osmotischen Druck des Blutplasmas und durch ihre kapilläre Permeation in bestimmten Geweben auch den der interstitiellen Flüssigkeit. Sie beeinflussen auf diesem Wege das Verteilungsvolumen von Flüssigkeit zwischen intra- (Gefäße) und extravasalem Raum (Gewebe). Durch einen erhöhten Blutdruck kommt es in Belastungssituationen zu einer Flüssigkeitsverschiebung in den extravasalen Raum, die sich durch erhöhte Konzentrationen von Gesamteiweiß im Plasma ausdrückt. Auch eine fortgeschrittene Dehydratation durch Wasserentzug bei großer Hitze bedingt eine Konzentrierung der Plasmaproteine. Die während der Transporte gemessenen Proteinkonzentrationen liegen im physiologischen Normbereich von 60 bis 80 g/l, steigen jedoch mit zunehmender Transportdauer an.

Insbesondere im Transport 2 kommt es im zweiten Fahrtabschnitt zu einem sprunghaften Anstieg der Proteinkonzentration im Blutplasma der Tiere (Abbildung 13). Ursache hierfür ist vermutlich ein relativer Flüssigkeitsmangel, da die Rinder die Wasserversorgung in den holländischen Fahrzeugen nicht angenommen haben. Die Fahrer waren so gezwungen, in Fahrtpausen Wasser in Schalen bereitzustellen. Diese Versorgung hat möglicherweise nicht ausgereicht, da ein Zugang im weiteren Verlauf des betreffenden Fahrtabschnittes nicht vorhanden war.

Im weiteren Verlauf bleiben die Proteinkonzentrationen gleichbleibend auf einem gegenüber dem Transport 1 absicherbar leicht erhöhten Niveau und sinken erst im Stall wieder ab. Gegenüber der Ausgangssituation verdeutlicht der in der zweiten Hälfte beider Transporte angestiegene Proteingehalt des Blutplasmas eine Minderversorgung mit Wasser an. Sie bleibt aber im physiologischen Normbereich. Das statistische Modell verdeutlicht einen großen Einfluß der Fahrt- und Pausengestaltung (TOUR) auf den Proteinspiegel der transportierten Rinder (Tabelle 17).

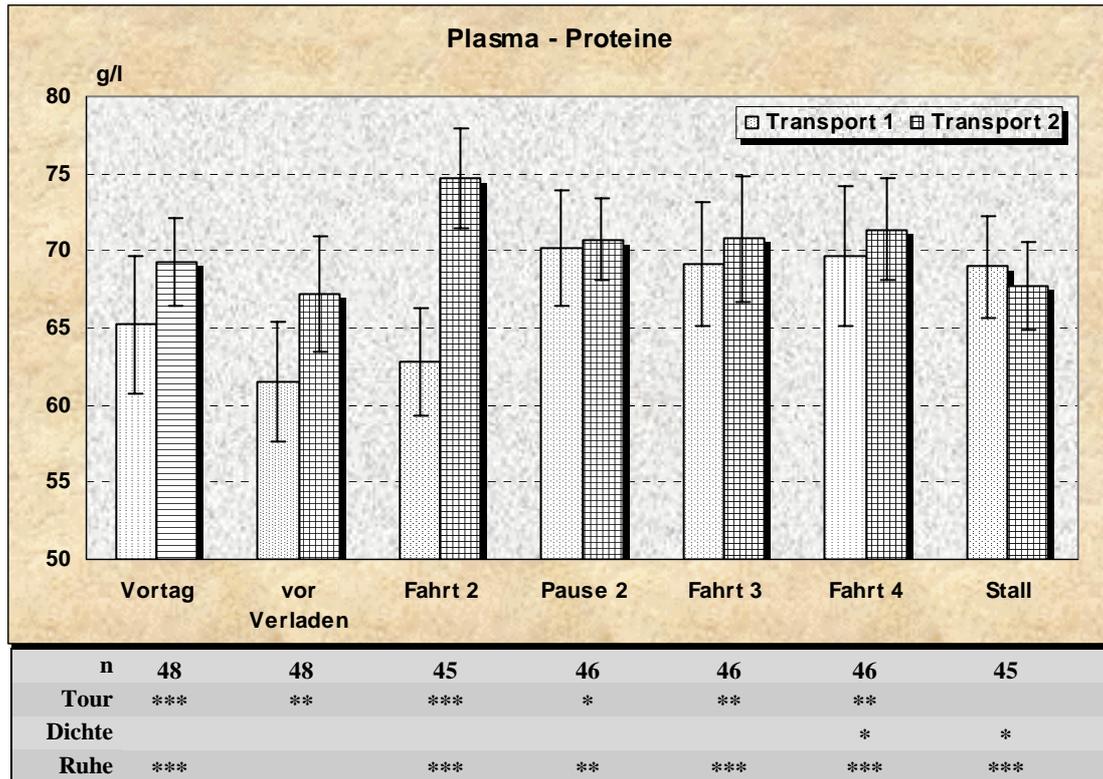


Abb. 13: Mittelwerte und Standardabweichungen der Plasmaproteingehalte an Gesamtprotein von Rindern in einzelnen Fahrtabschnitten beider Versuchsfahrten. Signifikanz der Mittelwertunterschiede und Einflussfaktoren: Tour = Versuchsfahrt 1/2 (LKW 1+2/3+4), Dichte = Ladedichte hoch/gering (LKW 1+3/2+4). Ruhe = Veränderung zum Ruhewert (vor Verladen). $p \leq 0,001 = ***$; $p \leq 0,01 = **$; $p \leq 0,05 = *$

Tab. 17: Signifikanz der Einflussfaktoren auf den Plasma-Proteinspiegel 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

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TI ER(TOUR*DI CHTE*GRP)	35	2151. 82259639	61. 48064561	11. 41	0. 0001
TOUR	1	1006. 17594423	1006. 17594423	186. 79	0. 0001
DI CHTE	1	40. 22572791	40. 22572791	7. 47	0. 0067
GRP	3	25. 99032594	8. 66344198	1. 61	0. 1879
NR	6	667. 42100881	111. 23683480	20. 65	0. 0001
TOUR*DI CHTE	1	24. 23697181	24. 23697181	4. 50	0. 0349
TOUR*GRP	3	216. 77711837	72. 25903946	13. 41	0. 0001
TOUR*NR	6	1752. 47168807	292. 07861468	54. 22	0. 0001
DI CHTE*GRP	3	33. 95457299	11. 31819100	2. 10	0. 1006
DI CHTE*NR	6	48. 79947490	8. 13324582	1. 51	0. 1753

Es sind hier jedoch die Effekte der höheren Umgebungstemperatur während des ersten Transportes und die technisch bedingte Minderversorgung der Tiere mit Wasser im zweiten Transport zu berücksichtigen. Durch letztere wird eine negative Scheinkorrelation der Proteinkonzentration zur Umgebungstemperatur ($r = -0,66$; $p < 0,001$) verursacht, da während des zweiten Transportes die Fahrzeuginnentemperaturen bei höheren Proteinspiegeln (im Mittel 70,3 % gegenüber 66,5 % im ersten Transport, $p < 0,001$) niedriger lagen. Die durch eine unterschiedliche Wasserversorgung hervorgerufenen Effekte überlagern so die der unterschiedlichen Transportorganisation. Dies trifft auch für die anderen hier untersuchten Parameter des Flüssigkeitshaushaltes (Na^+ , Cl^- , Hämatokrit) regelmäßig, jedoch in unterschiedlichem Ausmaß zu. Eine Aussage zu den Auswirkungen der unterschiedlichen Fahrt- und Pausengestaltung der Ein- oder Zweifahrerregelung auf die Balance des Flüssigkeitshaushaltes ist deshalb hier nur eingeschränkt möglich.

Die unterschiedliche Ladedichte spielte nur im ersten Transport, wo bei höherer Ladedichte eine um etwa 2 % erhöhte Proteinkonzentration vorlag, eine Rolle (Tabelle 18). Es ist deshalb anzunehmen, daß bei höheren Temperaturen die Ladedichte einen größeren Einfluß auf den Flüssigkeitshaushalt der Tiere nimmt.

Tab. 18: Einfluß der Ladedichte auf die mittleren Plasma - Proteingehalte von Rindern während der zwei Spanientransporte

TOUR	DICHTE	PROT LSMEAN	Std Err LSMEAN	Pr > T HO: LSMEAN=0	Pr > T HO: LSMEAN(i)=LSMEAN(j)				
					i /j	1	2	3	4
1	hoch	67.2141795	0.2551071	0.0001	1	.	0.0012	0.0001	0.0001
1	weni	65.8955947	0.3097546	0.0001	2	0.0012	.	0.0001	0.0001
2	hoch	70.3493971	0.2569240	0.0001	3	0.0001	0.0001	.	0.6497
2	weni	70.1828061	0.2613669	0.0001	4	0.0001	0.0001	0.6497	.

Im Gegensatz zum ersten Versuchsabschnitt in Deutschland zeigt der Standort der Tiere im Fahrzeug keinen signifikanten Einfluß auf die Proteinkonzentration im Blutplasma.

3.5.7 Natrium

Das extrazelluläre Kation Natrium bestimmt im wesentlichen die Serumosmolalität und damit das intrazelluläre Flüssigkeitsvolumen. Bei erhöhten Wasserverlusten (Thermoregulation, Durchfall) kann es zu einer isotonen Dehydratation kommen, wobei der Na^+ -Spiegel nicht verändert ist. Bei gleichzeitigem Sistieren der Wasseraufnahme (fehlender Zugang, Krankheit) ist eine hypertone Dehydratation die Folge, bei der der Na^+ - Spiegel ansteigt. Der Normbereich liegt beim Säugetier bei 135 bis 145 mmol/l.

Die Plasma – Natriumkonzentrationen der Rinder nehmen während des Ferntransportes nach Spanien einen ähnlich zweigipfligen Verlauf wie während des experimentellen Transportes in Deutschland (Abbildung 14). Eine erste Hämokonzentration ist zum Ende des zweiten Transportabschnittes zu verzeichnen, eine zweite zum Ende des vierten. Der Grenzwert von 145 mmol/l wird nur bei Tieren im zweiten Transport überschritten, in dem die Wasserversorgung manuell erfolgte. Es ergibt sich somit auch hier der Effekt, daß bei der Einfahrer – Regelung der Einfluß einer veränderten Pausengestaltung mit einer manuellen Wasserversorgung confounded wird und eine scheinbar negative Korrelation des Natriumspiegels zur Umgebungstemperatur entsteht. Insgesamt liegen die Natriumkonzentrationen mit einem Mittelwert von 143,4 mmol/l im ersten und 143,1 mmol/l ($p = 0,2$) im zweiten Transport unter den Werten, die in Deutschland gemessen wurden (142,6 bis 144,9 mmol/l).

Im ersten Transport kommen für die Erhöhung der Na^+ - Konzentration als Ursache in erster Linie trotz der scheinbar negativen Korrelation die relativ hohen Umgebungstemperaturen in Betracht, während im zweiten Transport eine Minderversorgung mit Wasser die Ursache sein könnte. Hier zeigen sich die Schwächen einer manuellen Wasserversorgung auch bei relativ moderaten Umgebungstemperaturen, wie wir sie auch beim Transport in Deutschland festgestellt haben. Da in den einzelnen Fahrtabschnitten abwechselnd zunächst im ersten, danach im zweiten Transport die höheren Werte zu verzeichnen sind, spielt die unterschiedliche Gestaltung von Fahrt- und Pausenintervallen vermutlich eine untergeordnete Rolle. Es sollte jedoch geprüft werden, ob für den Anstieg der Na^+ – Konzentration im ersten Abschnitt des ersten Transportes (2 – Fahrerregelung) eine Pause von 3 Stunden Dauer zwischen Fahrt 1 und Fahrt 2 verantwortlich ist, da sie möglicherweise für eine ausreichende Wasseraufnahme aller Tiere zu kurz ist. Einer Verlängerung dieser Standzeit des Fahrzeuges stehen jedoch hohe Umgebungstemperaturen und damit eine thermische Belastung der Tiere entgegen, wenn sie tagsüber erfolgt.

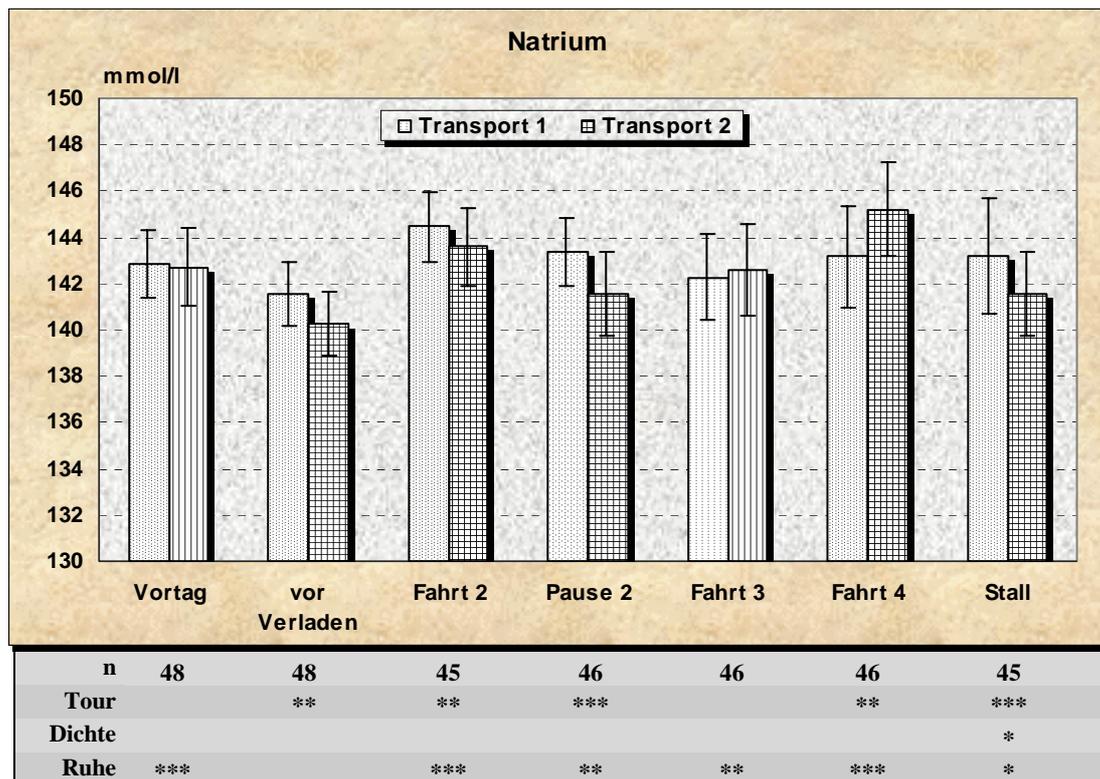


Abb. 14: Mittelwerte und Standardabweichungen der Plasma-Natriumgehalte von Rindern in einzelnen Fahrtabschnitten beider Versuchsfahrten. Signifikanz der Mittelwertunterschiede und Einflußfaktoren: Tour = Versuchsfahrt 1/2 (LKW 1+2/3+4), Dichte = Ladedichte hoch/gering (LKW 1+3/2+4), Ruhe = Veränderung zum Ruhewert (vor Verladen). $p \leq 0,001 = ***$; $p \leq 0,01 = **$; $p \leq 0,05 = *$

Auch in der Varianzanalyse zeigt sich, daß der Transportverlauf und damit seine Dauer (NR) einen überwiegenden Einfluß auf den Verlauf der Natriumkonzentrationen im Blutplasma der Tiere nimmt (Tabelle 19). Es zeigt sich jedoch auch, daß der Unterschied im Kurvenverlauf der Konzentrationen in den Transporten 1 und 2 signifikant ist (TOUR*NR), obwohl die beiden Transporte in der mittleren Na^+ -Konzentration keine Unterschiede zeigen (TOUR).

Tab. 19: Signifikanz der Einflußfaktoren auf den Plasma-Natriumspiegel 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

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TI ER(TOUR*DI CHT*GRP)	34	336.56880074	9.89908237	3.74	0.0001
TOUR	1	4.39531505	4.39531505	1.66	0.1988
DI CHTe	1	8.82540600	8.82540600	3.33	0.0691
GRP	3	10.39227533	3.46409178	1.31	0.2723
NR	6	525.97986970	87.66331162	33.10	0.0001
TOUR*DI CHTe	1	2.63609553	2.63609553	1.00	0.3194
TOUR*GRP	3	31.05731711	10.35243904	3.91	0.0094
TOUR*NR	6	266.25171371	44.37528562	16.76	0.0001
DI CHTe*GRP	3	7.18183931	2.39394644	0.90	0.4397
DI CHTe*NR	6	17.88319565	2.98053261	1.13	0.3479

Die unterschiedliche Ladedichte in den Fahrzeugen zeigt nur ersten Transport einen abscherbaren Einfluß auf die Natriumkonzentration im Blutplasma (Tabelle 20).

Tab. 20: Einfluß der Ladedichte auf die mittleren Plasma - Natriumgehalte von Rindern während der zwei Spanientransporte

TOUR	DI CHTe	NA LSMEAN	Std Err LSMEAN	Pr > T HO: LSMEAN=0	Pr > T HO: LSMEAN(i)=LSMEAN(j)			
					i / j	1	2	3
1	hoch	143.654762	0.177552	0.0001	1	0.0466	0.0917	0.0220
1	weni	143.108652	0.207477	0.0001	2	0.0466	0.6807	0.8712
2	hoch	143.222714	0.183345	0.0001	3	0.0917	0.6807	0.5415
2	weni	143.063542	0.185241	0.0001	4	0.0220	0.8712	0.5415

3.5.8 Kalium

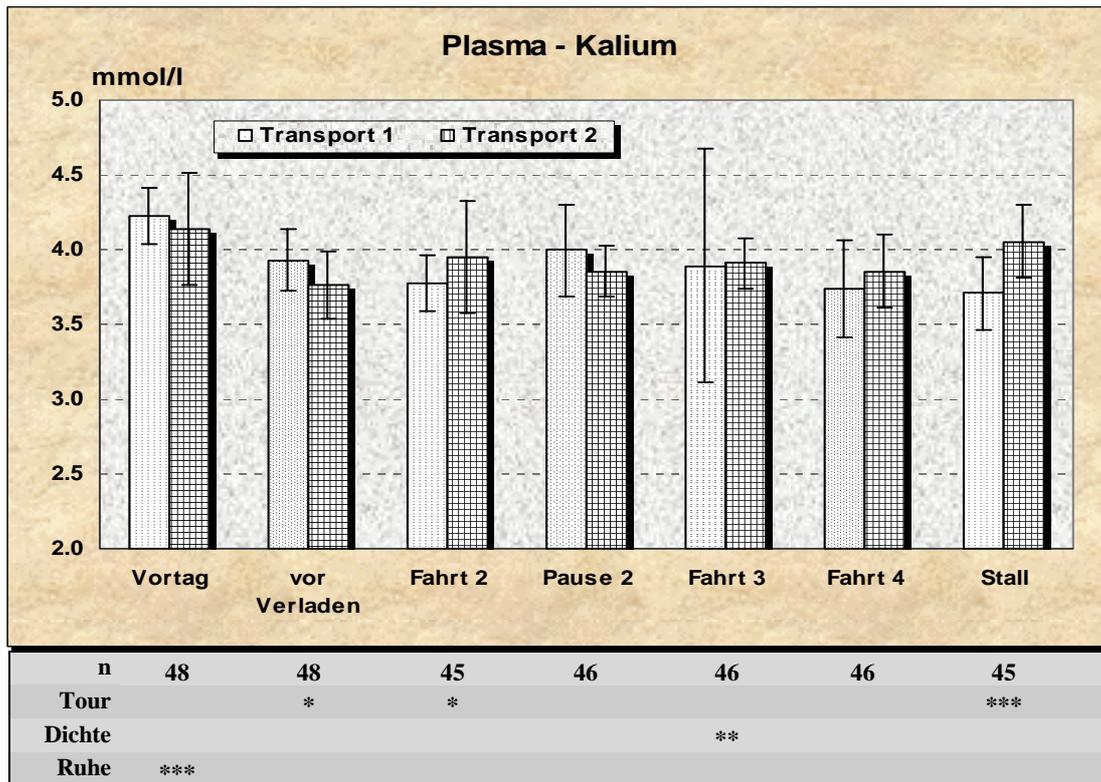


Abb. 15: Mittelwerte und Standardabweichungen der Plasmagehalte an Kalium von Rindern in einzelnen Fahrtabschnitten beider Versuchsfahrten. Signifikanz der Mittelwertunterschiede und Einflußfaktoren: Tour = Versuchsfahrt 1/2 (LKW 1+2/3+4), Dichte = Ladedichte hoch/gering (LKW 1+3/2+4), Ruhe = Veränderung zum Ruhewert (vor Verladen). $p \leq 0,001 = ***$; $p \leq 0,01 = **$; $p \leq 0,05 = *$

Bei Störungen des Flüssigkeitshaushaltes, die mit einer Veränderung der Osmolalität einhergehen (verdeutlicht durch z. B. der Na^+ – Konzentration) oder bei Störungen des Säure – Basengleichgewichtes (Lactacidämie bei Belastung) steigt die K^+ - Konzentration im Blutplasma. Der Normbereich liegt beim Rind zwischen 3,5 und 4,5 mmol/l Blutplasma.

Im Gegensatz zu den Versuchen in Deutschland zeigen die in beiden Varianten nach Spanien transportierten Rinder nur geringfügige Veränderungen der Kaliumkonzentration. Die Mittelwerte liegen während der Spanientransporte jedoch höher (3,90 mmol/l im ersten, 3,94 mmol/l im zweitenTransport; 3,82 und 3,69 mmol/l in Deutschland). Eine gesicherte Veränderung gegenüber den Ausgangswerten vor der Verladung ist, abgesehen von einer tendenziellen Zunahme des K^+ -Gehaltes im Blutplasma im zweiten Transport und einer lediglich mit schwachem F-Wert absicherbaren Signifikanz des Transportverlaufes (NR, Tabelle 21), in keiner Transportvariante festzustellen. Auch bleiben Ladedichte und Standort im Fahrzeug insgesamt gesehen ohne Einfluß auf den Kaliumgehalt des Blutplasmas.

Tab. 21: Signifikanz der Einflußfaktoren auf den Plasma-Kaliumspiegel 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

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TI ER(TOUR*DI CHT*GRP)	34	6.16270186	0.18125594	1.93	0.0023
TOUR	1	0.09829023	0.09829023	1.05	0.3068
DI CHTE	1	0.23095495	0.23095495	2.46	0.1178
GRP	3	0.53288929	0.17762976	1.89	0.1309
NR	6	4.29674000	0.71612333	7.64	0.0001
TOUR*DI CHTE	1	0.18936376	0.18936376	2.02	0.1565
TOUR*GRP	3	0.44039862	0.14679954	1.57	0.1981
TOUR*NR	6	2.37593735	0.39598956	4.22	0.0005
DI CHTE*GRP	3	0.11741865	0.03913955	0.42	0.7406
DI CHTE*NR	6	0.71010831	0.11835139	1.26	0.2752

3.5.9 Magnesium

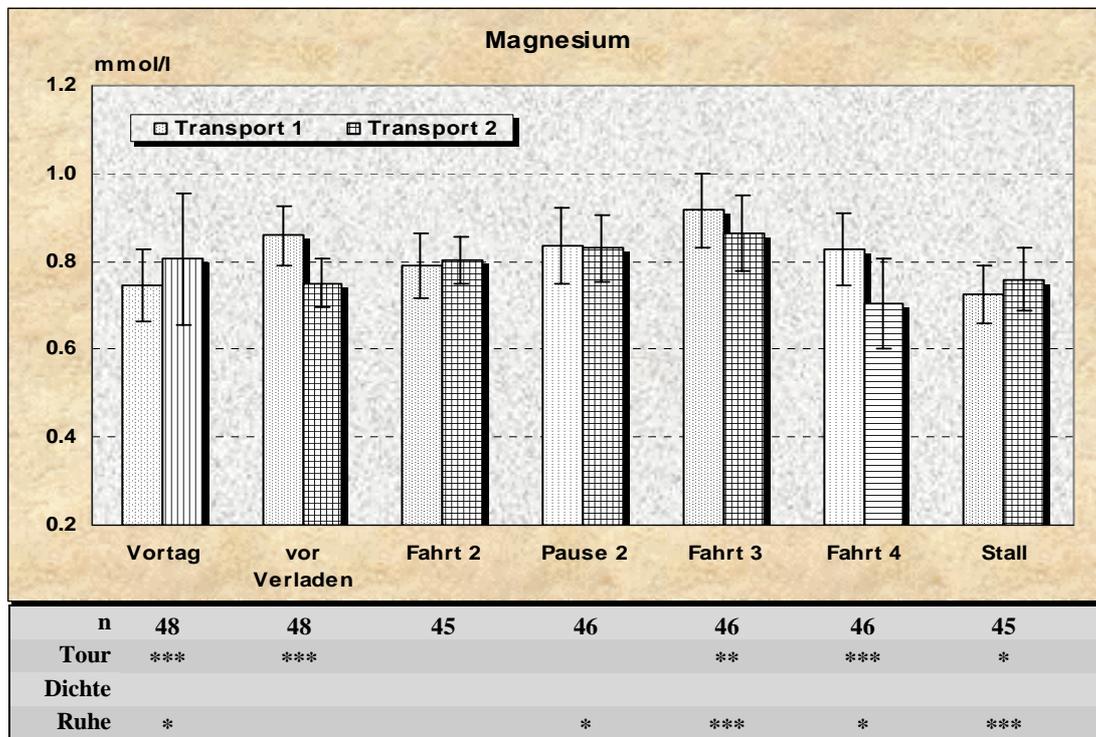


Abb. 16: Mittelwerte und Standardabweichungen der Plasmagehalte an Magnesium von Rindern in einzelnen Fahrtabschnitten beider Versuchsfahrten. Signifikanz der Mittelwertunterschiede und Einflußfaktoren: Tour = Versuchsfahrt 1/2 (LKW 1+2/3+4), Dichte = Ladedichte hoch/gering (LKW 1+3/2+4), Ruhe = Veränderung zum Ruhewert (vor Verladen). $p \leq 0,001 = ***$; $p \leq 0,01 = **$; $p \leq 0,05 = *$

Das intrazelluläre Kation Magnesium (Mg^{2+}) erfüllt in der Skelettmuskulatur bei der neuromuskulären Erregungsbildung und der synaptischen Reizübertragung wichtige Hemmfunktionen. Das klinische Bild einer Hypomagnesämie (Weide- oder Transporttetanie) erscheint bei Rindern bei einer Unterschreitung der kritischen Konzentration von 0,7 mmol/l im Blutplasma. Die Ursachen können hierfür in einer verminderten Aufnahme an Mg^{2+} , z. B. bei jungem Weidegras und einer verminderten Resorption (K^+ -reiche Fütterung) liegen oder durch erhöhte Anstrengung oder Stress bedingt sein.

Die Magnesiumkonzentration im Blutplasma der nach Spanien transportierten Rinder nimmt im Verlauf des Transportes von einem Mittelwert von etwa 0,79 mmol/l (vor der Verladung, [Abbildung 16](#)) auf einen Maximalwert von 0,89 mmol/l zum Ende des 3. Fahrtabschnittes zu ($p < 0,001$). Von diesem Zeitpunkt bis zum Ende des Untersuchungszeitraumes im Zielstall sinkt der Magnesiumspiegel jedoch auf einem Wert von im Mittel 0,74 mmol/l ($p < 0,001$) und nähert sich damit der kritischen Grenze. Im gesamten Transportverlauf kommt es damit trotz eines vorübergehenden Anstieges wie auch bei den Untersuchungen in Deutschland in beiden Transportvarianten zur Annäherung an den unteren kritischen Grenzwert, der von einigen Tieren während des zweiten Transportes auch unterschritten wird. Der Mittelwert liegt im ersten Transport bei 0,81 mmol/l, im zweiten bei 0,78 mmol/l ($p < 0,001$, [Tabelle 22](#), TOUR).

Tab. 21: Signifikanz der Einflußfaktoren auf den Plasma-Magnesiumspiegel 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

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TIER(TOUR*DI CHT*GRP)	34	0.61847753	0.01819052	4.57	0.0001
TOUR	1	0.04669718	0.04669718	11.74	0.0007
DI CHTe	1	0.00018269	0.00018269	0.05	0.8305
GRP	3	0.09108405	0.03036135	7.63	0.0001
NR	6	0.64965876	0.10827646	27.21	0.0001
TOUR*DI CHTe	1	0.03978891	0.03978891	10.00	0.0018
TOUR*GRP	3	0.21152618	0.07050873	17.72	0.0001
TOUR*NR	6	0.33847084	0.05641181	14.18	0.0001
DI CHTe*GRP	3	0.11972107	0.03990702	10.03	0.0001
DI CHTe*NR	6	0.03791438	0.00631906	1.59	0.1510

In der Varianzanalyse bleibt als einzige Einflußgröße die Ladedichte ohne Signifikanz. Den größten Einfluß nimmt hier wie bei den anderen Parametern des Elektrolythaushaltes der Rinder der Transportverlauf (NR), der sich bei den beiden Transportvarianten unterschiedlich auf den Mg^{2+} -Konzentrationsverlauf auswirkt (Interaktion TOUR*NR).

Die durch den Standort der Tiere im Fahrzeug (GRP) bedingten Unterschiede beruhen vornehmlich auf den niedrigen Mg^{2+} - Spiegel der Tiergruppe in der oberen hinteren Abteilung (Grp. 2), die sich von allen anderen unterscheidet (Tabelle 22).

Tab. 22: Mittlere Magnesiumkonzentrationen (MG) in den vier Abteilungen (GRP) des Tiefbettes der Fahrzeuge 1 bis 4

GRP	MG	Std Err LSMEAN	Pr > T HO: LSMEAN=0	Pr > T i / j	HO: LSMEAN(i)=LSMEAN(j)			
	LSMEAN				1	2	3	4
1	0.80866835	0.00693391	0.0001	1	0.0002	0.6401	0.5473	
2	0.77133666	0.00705169	0.0001	2	0.0002	0.0021	0.0001	
3	0.80381531	0.00770675	0.0001	3	0.6401	0.0021	0.3083	
4	0.81488222	0.00763889	0.0001	4	0.5473	0.0001	0.3083	

3.6 Hämatokrit

Neben dem Plasmaproteingehalt gibt der Anteil zellulärer Bestandteile an der Blutflüssigkeit ein zuverlässiges Bild des Hydratationsstatus der Tiere wieder. Während der Hämatokrit (HTK) im ersten Transport (2 Fahrer) mit leicht steigender Tendenz um 35 l/l liegt, steigt er im Transport zwei (1 Fahrer) während des zweiten Fahrtabschnittes auf einen Spitzenwert an, um im weiteren Verlauf des Transportes langsam wieder abzufallen (Abbildung 17). Die Veränderungen im Transportverlauf sind jedoch nicht sehr ausgeprägt. Im Mittel liegt der Hämatokrit im zweiten Transport um etwa 2 l/l (34,8 / 36,8; $p < 0,001$) höher als im ersten Transport. Wie andere Parameter des Flüssigkeitshaushaltes zeigt der HTK eine geringere Versorgung der Tiere des zweiten Transportes mit Wasser an, die auch durch eigene Beobachtung bestätigt werden kann. Die Tränkanlage der holländischen Fahrzeuge besteht aus Zapfentränken, an die die Tiere nicht gewöhnt sind. Den Tieren wurde in den Fahrpausen Wasser manuell in Tränkeschalen bereitgestellt.

In der Varianzanalyse zeigt sich als wirksamster Einflußfaktor die Transportorganisation (TOUR, Tabelle 23). Wie schon mehrfach beschrieben, liegt dem Unterschied zwischen der Einfahrer- und der Zweifahrerregelung jedoch weniger die Transportorganisation, sondern mehr die unterschiedliche Tränketechnik zugrunde.

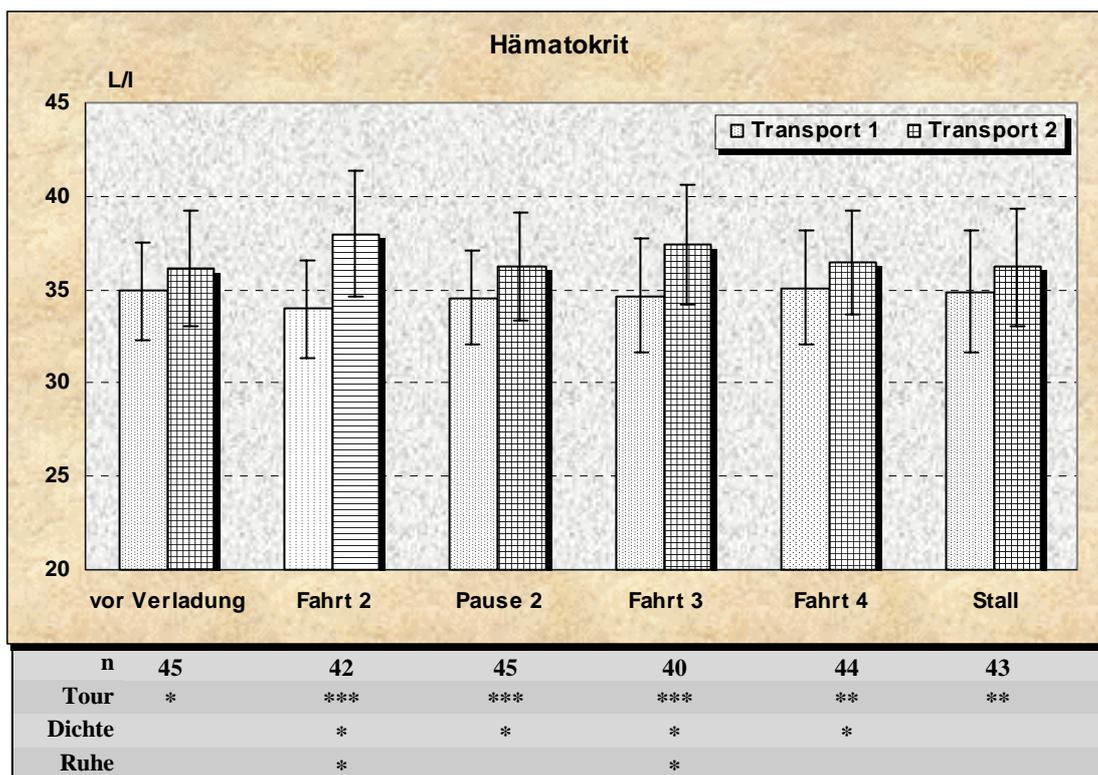


Abb. 17: Mittelwerte und Standardabweichungen des Hämatokrits von Rindern in einzelnen Fahrtabschnitten beider Versuchsfahrten. Signifikanz der Mittelwertunterschiede und Einflußfaktoren: Tour = Versuchsfahrt 1/2 (LKW 1+2/3+4), Dichte = Ladedichte hoch/gering (LKW 1+3/2+4). Ruhe = Veränderung zum Ruhewert vor der Verladung. $p \leq 0,001 = ***$; $p \leq 0,01 = **$; $p \leq 0,05 = *$

Bei einer höheren Ladedichte zeigen die Rinder gegenüber einer geringeren einen im Mittel um 0,7 l/l verringerten Hämatokrit ($p = 0,003$). Hier scheint eine etwas größere Bewegungsaktivität einen höheren Flüssigkeitsverlust zu bewirken. Der signifikante Einfluß des Standorts im Fahrzeug beruht in erster Linie auf einem hohen HTK der Tiere in Grp 4 (unten hinten) der beiden Fahrzeuge des zweiten Transportes (Tabelle 24), die sich von allen anderen unterscheiden.

Tab. 23: Signifikanz der Einflußfaktoren auf den Hämatokrit von Rindern während des Transportes im statistischen Gesamtmodell. TOUR = Transport 1/2, DICHT = Ladedichte hoch/gering, GRP = Standort im Fahrzeug, NR = Transportabschnitt 2 – 7, verschiedene Interaktionen

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TI ER(TOUR*DI CHT*GRP)	34	1138. 22661041	33. 47725325	10. 32	0. 0001
TOUR	1	221. 92243559	221. 92243559	68. 44	0. 0001
DI CHTE	1	26. 68089916	26. 68089916	8. 23	0. 0046
GRP	3	86. 36936443	28. 78978814	8. 88	0. 0001
NR	5	46. 07800093	9. 21560019	2. 84	0. 0168
TOUR*DI CHTE	1	1. 99123333	1. 99123333	0. 61	0. 4342
TOUR*GRP	3	112. 55171095	37. 51723698	11. 57	0. 0001
TOUR*NR	5	22. 20439027	4. 44087805	1. 37	0. 2375
DI CHTE*GRP	3	150. 10909389	50. 03636463	15. 43	0. 0001
DI CHTE*NR	5	24. 19827381	4. 83965476	1. 49	0. 1940

Tab. 24: Einfluß des Standorts im Fahrzeug auf den HTK der Tiere in beiden Transporten nach Spanien

TOUR	GRP	HTK LSMEAN	Std Err LSMEAN	Pr > T HO: LSMEAN=0	Pr > T i / j	HO: LSMEAN(i)=LSMEAN(j)	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	35. 0384392	0. 3056527	0. 0001	1	0. 7072	0. 1197	0. 6793	0. 4137	0. 0016	0. 0003	0. 0001		
1	2	35. 2035420	0. 3163680	0. 0001	2	0. 7072	0. 0650	0. 4500	0. 6642	0. 0061	0. 0011	0. 0001		
1	3	34. 2063967	0. 4383309	0. 0001	3	0. 1197	0. 0650	0. 2550	0. 0282	0. 0001	0. 0001	0. 0001		
1	4	34. 8441620	0. 3584187	0. 0001	4	0. 6793	0. 4500	0. 2550	0. 2468	0. 0010	0. 0002	0. 0001		
2	1	35. 3970886	0. 3133078	0. 0001	5	0. 4137	0. 6642	0. 0282	0. 2468	0. 0199	0. 0043	0. 0001		
2	2	36. 4319162	0. 3105921	0. 0001	6	0. 0016	0. 0061	0. 0001	0. 0010	0. 0199	0. 5690	0. 0001		
2	3	36. 6853504	0. 3180012	0. 0001	7	0. 0003	0. 0011	0. 0001	0. 0002	0. 0043	0. 5690	0. 0001		
2	4	38. 8018459	0. 3298119	0. 0001	8	0. 0001	0. 0001	0. 0001	0. 0001	0. 0001	0. 0001	0. 0001		

4. Zusammenfassung der wichtigsten Befunde

1. Bei in der Praxis durchgeführten Ferntransporten tragender Zuchtfärsen in südliche Länder sind teilweise nachhaltige Aktivierungen des Kreislaufes sowie der hormonellen und biochemischen Belastungsreaktion bei den Tieren festzustellen. Die in der Veterinärmedizin anerkannten Kompensationsgrenzen werden dabei nicht über- oder unterschritten.
2. Die Untersuchungen zeigen, daß mit zunehmender Transportdauer Stoffwechsel und Wärmeproduktion als Zeichen erhöhten Grundumsatzes ansteigen. Dies wird durch einen moderaten, aber regelmäßigen Anstieg von Herzfrequenz, Körpertemperatur und der Plasmakonzentration an Cortisol der Tiere angezeigt.
3. Mit zunehmender Transportdauer gerät der Energiehaushalt der Rinder zunehmend ins Defizit, das durch die Mobilisation von körpereigenen Energiereserven ausgeglichen wird. Hier werden je nach Transportvariante unterschiedlich Kompensationsgrenzen erreicht.
4. Auch der Flüssigkeitshaushalt der Tiere zeigt, trotz teilweise freien Zutritts zur Wasserversorgung, eine negative Bilanz. Dieser erhöhte Flüssigkeitsverlust geht vermutlich im wesentlichen auf die Aktivierung des Stoffwechsels infolge der physischen und psychischen Beanspruchung der Tiere zurück. Klimatische Einflüsse scheinen unter den angebotenen Untersuchungsbedingungen eine untergeordnete Rolle zu spielen. Es werden teilweise Schwächen in der Versorgungstechnik der Fahrzeuge aufgezeigt, die ein Vergleich der Auswirkungen der Transportvarianten auf den Flüssigkeitshaushalt der Tiere erschweren.
5. Mit Ausnahme einer ausreichenden Energieversorgung zeigt eine Gestaltung der Fahrt- und Pausenintervalle nach den Vorgaben der Sozialregelungen für die am Transport beteiligten Fahrer keine Nachteile hinsichtlich der Belastungsreaktion der Tiere. Die in der „Zweifahrer-Regelung“ zur Verfügung stehende Pausenzeit ist für eine ausreichende Versorgung der Tiere vermutlich zu kurz.

Eine Übersicht über die Auswirkungen der im vorliegenden Versuch verglichenen zwei Transportvarianten (1-Fahrerregelung, 2-Fahrerregelung) und der in beiden Varianten reduzierten Ladedichte gibt die Tabelle 25 wieder.

Tab. 25: Vergleichende Bewertung des Einflusses der Transportvarianten, der Ladedichte und der Fahrzeugtechnik auf die untersuchten Belastungsparameter

	Zwei Fahrer 1. Transport	Ein Fahrer 2. Transport	Ladedichte	Standort im Fahrzeug
Temperatur	△	▽	▲	▲
Feuchte	▽	△	◆	▲
THI	△	▽	▲	▲
Herzfrequenz	◆	◆	▼	▲
KT	◆	◆	▼	▲
Cortisol	▼	▲	▲	▲
Creatinkinase	▼	▼	▲	◆
NEFA	▲	◆	▼	▼
3-HB	◆	▲	◆	◆
Glucose	◆	▲	▼	▲
Protein	◆	▲	◆	▼
Natrium	◆	◆	◆	▼
Kalium	▼	▼	▼	▼
Magnesium	◆	◆	▼	▲
Hämatokrit	▼	▲	▲	▲

▼ = kein Einfluß ▲ = gesicherter Einfluß ◆ = wechselnder Einfluß

5. Diskussion

In den vorliegenden Untersuchungen sollte unter den klimatischen Bedingungen und den Straßenverhältnissen wiederholter Transporte von Norddeutschland nach Südspanien der Frage nachgegangen werden, wie die Belastungsreaktion von tragenden Zuchtrindern bei einer Veränderung der Fahrt- und Pausenintervalle unter den Vorgaben der Sozialregelungen für die Fahrer ausfällt. Von Interesse war dabei auch die Fragestellung, ob die in der Tierschutztransportverordnung vorgesehene Versorgungsstation durch die Versorgung auf dem Transporter und ein größeres Flächenangebot während der Ruhepausen ersetzt werden kann.

Für die verschiedenen in die Belastungsreaktion einbezogenen Parameter der zentralen und peripheren Regulation, des Stoffwechsels, der Thermoregulation und des Flüssigkeitshaushaltes wurden eine Anzahl von Indikatoren untersucht, um ein differenziertes Bild von der Bedeutung der einwirkenden Stressoren zu bekommen.

Belastungen des Kreislaufes, hier gekennzeichnet durch die Herzschlagfrequenz (HF) sind im Zusammenhang mit den Transporten hauptsächlich durch die Be- und Entladevorgänge gegeben, die die HF in besonderer Weise erhöhen. Die Tiere zeigen hier eine Erhöhung der Schlagzahl um etwa 15 bis 20 pro Minute über einen Zeitraum von etwa 30 Minuten.

Im Verlauf der Transporte sinkt die HF über alle Transportabschnitte mehr oder weniger gleichmäßig ab, bleibt aber auch bei geringeren Ladedichten zum Ende der Transporte mit einer mittleren Schlagzahl von 80 bis 85 signifikant über dem Ruhewert. Bei einem vergleichbaren Versuch unter ähnlichen klimatischen Bedingungen (mittlere THI 64 bis 67) in Deutschland (Versuchsabschnitt 1, Transport tragender Zuchtrinder über 85 Stunden auf einer Rundstrecke in Deutschland) wies die HF bei gegenüber den Angaben der Tierschutz-Transportverordnung verringerten Ladedichten Mittelwerte von unter 70 Schlägen pro Minute auf. Es ist zu vermuten, daß durch die unterschiedliche und zum Teil sehr schlechte Straßenbeschaffenheit während der Transporte die Belastungsreaktion der Tiere verstärkte. Dies wird auch durch die im Vergleich zum Versuch in Deutschland erheblich stärkere Belastung des Energiestoffwechsels verdeutlicht. Es bleibt jedoch zu beachten, daß im Versuchsabschnitt II schwerere Rinder in einem späteren Trächtigkeitsstadium transportiert wurden. Mit zunehmender Trächtigkeitsdauer steigt unter Ruhebedingungen die durchschnittliche Herzfrequenz (STEINHARDT u. THIELSCHER 2000). Wie weit sich unter Belastungsbedingungen wie dem Transport unterschiedliche Trächtigkeitsstadien auf die Herzfrequenz auswirken, ist bisher nicht bekannt. Andere systemische Einflüsse sind in der vorliegenden Untersuchung aufgrund der gleichen Herkunft der Tiere und ähnlicher Versorgung während des Transportes weitgehend auszuschließen.

Die Verringerung der Ladedichte wirkt sich nicht vermindern auf die Herzfrequenz aus. Ähnliche Befunde erzielten hier KENNY u. TARRANT (1987 a, b) und JACOBSON u. COOK (1996).

Zwischen den Varianten der Ein- oder Zwei-Fahrerregel ergeben sich keine gleichgerichteten Unterschiede in der Herzfrequenz. Es wirkt sich somit weder eine Verkürzung der maximalen Pausenlänge von 24 auf 12 Stunden (in beiden Varianten) noch eine Verkürzung der Netto-Pausenzeiten (2 – Fahrerlösung) im Verlaufe der untersuchten Transporte nachteilig auf den Kreislauf der Tiere aus.

Die Körpertemperatur steht in enger Beziehung zur klimaabhängigen Thermoregulation, der Wasseraufnahme, dem Energiestoffwechsel und der motorischen Aktivität der Tiere (HÖRNICKE 1976). Je nach klimatischer, psychischer (Muskeltonus) und motorischer Belastung wird die Körperkerntemperatur auf einem niedrigeren oder höheren Niveau einreguliert, ohne daß die Grenzen der Regulationskapazität (Thermoneutrale Zone) überschritten werden.

Die in der vorliegenden Untersuchung bestehenden Unterschiede zwischen den Varianten liegen nur im ersten Teil des Transportverlaufes vor und bieten keinen Anhalt für gesicherte Unterschiede in der Thermoregulation der Tiere, die durch eine unterschiedliche Gestaltung von Fahrt- und Pausenintervallen verursacht werden. Der langsame Anstieg innerhalb des physiologischen Regulationsbereiches geht mit einer über die gesamte Transportzeit erhöhten Herzfrequenz einher und zeigt eine anhaltende Aktivierung des Kreislaufes und des Stoffwechsels der Tiere im Verlaufe der Transporte an (WARRISS 1990). Es kommt hierbei nicht zur Erschöpfung der Glycogenvorräte und damit einer Verminderung der Stoffwechselrate mit der Folge sinkender Körpertemperaturen (SCHAEFER et al. 1988), wie später noch zu diskutieren ist.

Im Gegensatz zu früheren Untersuchungen bleibt eine höhere Ladedichte auf den Transportfahrzeugen ohne Auswirkungen auf die Körpertemperatur der Tiere.

Cortisol gilt als einer der wichtigsten blutgetragenen Belastungsindikatoren bei Tieren. Die Ausschüttung aus der Nebennierenrinde bildet bei physischer und v. a. emotioneller Belastung des Organismus den letzten Schritt einer neuroendokrinen Kaskade, die ihren Anfang im Hypothalamus nimmt (LADEWIG 1987). Eine grundsätzliche Funktion des Cortisols liegt u. a. in der Verstärkung und Aufrechterhaltung der zunächst durch Katecholamine vermittelten Energiemobilisation des Organismus (Glycogenolyse, Lipolyse, Gluconeogenese aus Aminosäuren), um in fortdauernden Belastungssituationen ausreichende Vorräte an umsetzbarer Energie in Form von Glucose und Fettsäuren zur Verfügung zu haben (THUN u. SCHWARZ-PORSCHKE 1994).

In der vorliegenden Untersuchung ist ein über die gesamte Transportzeit nahezu unabhängig von der Variante der Fahrt- und Pausenregelung analog zur Herzfrequenz und der Körpertemperatur erfolgender Anstieg der Cortisolausschüttung zu verzeichnen. Hierbei spielt im späteren Transportverlauf zunehmend eine höhere Ladedichte eine Rolle. Diese Zusammenhänge legen den Schluß nahe, daß die Aktivierung des Stoffwechsels und der Wärmeproduktion der Tiere durch eine Erhöhung der Cortisolkonzentration im Blutplasma vermittelt wird (KNOWLES et al. 1999).

Die gleichbleibend geringe Aktivität der Creatinkinase (CK) im Blutplasma über den gesamten Verlauf beider Transporte legen den Schluß nahe, daß unabhängig von der unterschiedlichen Gestaltung der Fahrt- und Pausenintervalle eine übermäßige physische Beanspruchung der Tiere nicht erfolgt. Eine geringgradige initiale Erhöhung der Aktivität der CK bis zum Ende des 2. Fahrtabschnittes wird durch ein gegenüber späteren Transportabschnitten vermehrtes Stehen der Tiere verursacht. Die hohen Standardabweichungen zeigen hier allerdings ausgeprägte Reaktionsunterschiede der Tiere an. Individuell wurden teilweise Aktivitäten von über 150 U/l, hauptsächlich nach dem Ausladen der Tiere des ersten Transportes, vorgefunden. Sie waren teilweise durch ein „Austoben“ nach dem Entladen bedingt. KNOWLES et al. (1999) fanden dagegen in ihren Untersuchungen zum Langzeittransport von Schlachtrindern einen mittleren Anstieg der CK auf über 180 U/l, der mit zunehmender Transportdauer einherging. Sie führten diesen Anstieg auf eine zunehmende Erschöpfung der Tiere zurück.

Freie Fettsäuren und 3-Hydroxybutyrat sind Metaboliten des Energiestoffwechsels, die unter akuten oder chronischen Belastungsbedingungen deutlich veränderte Konzentrationen im Blut aufweisen. In katabolen Stoffwechsellagen stellen die langkettigen unveresterten (freien) Fettsäuren (NEFA) die Mobilisierungsprodukte eines aktivierten Energiestoffwechsels dar (BARTLEY 1989). Die Untersuchung der freien Fettsäuren im Blutplasma von Rindern dient somit der Bestimmung des Umfangs einer Umschaltung des Organismus auf eine katabole Stoffwechsellage in dieser v. a. während des Langzeittransportes häufig mit einem relativen Energiemangel verbundenen Situation. Der Grenzwert liegt bei 600 mmol/l (BARTLEY 1989, COOK et al. 1996).

Diese negative Energiebilanz wird im vorliegenden Versuch durch die mit zunehmender Transportdauer ansteigende Konzentration an freien Fettsäuren im Blutplasma der Tiere verdeutlicht. Der Anstieg der Fettsäurekonzentration erfolgt in der Versuchsvariante „Zweifahrer-Regelung“, insbesondere in der zweiten Transporthälfte, am ausgeprägtesten. Es ist nicht auszuschließen, daß mit einer Verkürzung der Pausenzeiten die auf Langzeittransporten latent vorhandene Energiemangelsituation noch verstärkt wird. Aber auch bei Ausdehnung der Pausenzeiten in der „Einfahrer-Regelung“ ist eine negative Energiebilanz nicht zu verhindern. Dies kann als Hinweis aufgefaßt werden, daß die Futtermittellieferung der Tiere in den Fahrzeugen verbesserungswürdig ist. Es ist deshalb zu überlegen, ob zusätzlich zur Heurration auch Grundfutter mit einer höheren Energiedichte, wie z. B. Luzernegras-Cops, verabreicht werden kann.

Neben dem Auftreten von freien Fettsäuren im Blutplasma zeigen erhöhte Konzentrationen von 3-Hydroxybutyrat (3-HB) eine Energiemobilisierung aus dem Fettgewebe und damit eine katabole Stoffwechsellaage an. 3-HB gehört neben dessen Redoxpartner Acetacetat und Aceton zu den Ketokörpern, die in Energiemangelsituationen aus freien Fettsäuren entstehen. Diese „ketotische Stoffwechsellaage“ zeigt damit ab einem Grenzwert von 1 mmol/l bei Rindern eine im Gegensatz zu den freien Fettsäuren nachhaltige relative oder absolute Energiemangelsituation an. Dieser Grenzwert wird im vorliegenden Versuch trotz einer anhand der NEFA - Konzentrationen festgestellten teilweise erheblich defizitären Stoffwechsellaage nur von vereinzelt Tieren erreicht, überraschenderweise vermehrt während des zweiten Transportes.

Die Gesamtproteinkonzentration im Blutplasma zeigt während des Verlaufes der Transporte eine früher (Transport 2) oder später beginnende Hämokonzentration an, die wegen der fehlenden Erhöhung der Herzfrequenz nicht kreislauf-, sondern stoffwechselbedingt sein dürfte. Der nicht vollständige Ersatz des transportbedingten Flüssigkeitsverlustes, auch angezeigt durch Hämatokrit und Na⁺-Konzentration, ist mit einigermaßen ausreichender Sicherheit auf technisch bedingte Probleme bei der Wasserversorgung der Tiere zurückzuführen. Die Wasserversorgung stellt neben einer ausreichenden Energieversorgung ein zentrales Problem bei der Durchführung von Tiertransporten dar. Voraussetzung für eine ausreichende Versorgung der Tiere ist eine geeignete Technik der Darreichung. Im vorliegenden Versuch hat sich gezeigt, daß Zapfentranken hierfür nicht geeignet sind.

Zusammenfassend läßt sich der Schluß ziehen, daß bei geeigneter Vorbereitung der Tiere auf den Transport (Futterumstellung) und eine dem erhöhten Energieumsatz angepaßte Versorgung während des Transportes eine Veränderung der in der Tierschutz-Transportverordnung vorgeschriebenen Fahrt- und Pausenintervalle keine Erhöhung der Belastungsreaktion der Rinder nach sich zieht.

6. **Schlußfolgerungen**

1. Das Entladen der Transportfahrzeuge für die Ruhepause stellt innerhalb des Transportgeschehens eine zusätzliche Belastung für Rinder dar, die mit einer erhöhten Verletzungsgefahr einhergeht. Bei geeigneter Ladedichte, Belüftung, Einstreu sowie Futter- und Wasserversorgung sollten die Tiere deshalb während der Ruhepausen in den Fahrzeugen verbleiben. Die Ruhepausen sind während des Transportes einem Tag-Nachrhythmus folgend in die Nachtstunden zu verlegen.
2. Eine Verringerung der in der Richtlinie 91/628/EWG und der Tierschutz-Transportverordnung (TSchTrV) festgelegten maximalen Ladedichten zeigte während des Transportes hinsichtlich der physiologischen Belastungsreaktion der Rinder keine Vorteile. Bezogen auf die einzelne Ladebucht ermöglichen die festgelegten Ladedichten ein gleichzeitiges Abliegen aller Tiere und erfordern somit keine Veränderung. Dies gilt im Grundsatz auch für den Transport von Rindern auf Roll-on Roll-off Fähren, da durch eine Reduzierung der Ladedichte weder versorgungs- noch lüftungstechnisch Vorteile für die Tiere zu erwarten sind.
3. Eine Modifikation der in Richtlinie und TSchTrV festgelegten Fahrt- und Pausenintervalle ist zur Harmonisation mit den Sozialvorschriften für die Fahrer dringend angeraten. Die Einhaltung einer 24-stündigen Ruhepause während des Transportes erscheint aus ernährungs- und adaptationsphysiologischer Sicht nicht erforderlich. Zur Absicherung einer ausreichenden Futteraufnahme durch die Tiere sollte die Mindestlänge der Pausen jedoch (v. a. bei der sogenannten 2 – Fahrerregel) wesentlich mehr als 3 Stunden betragen. Die Festlegung einer Mindestpausenlänge und eines Mindestanteiles der Pausen- an der Gesamttransportdauer bedarf weiterer Untersuchungen. Der Mindestpausenanteil an der Gesamtdauer des Transportes sollte die derzeit festgelegten Regelungen jedoch nicht unterschreiten. Bei Fahrerwechseln ist sicherzustellen, daß die Überprüfbarkeit der Einhaltung von Pausenzeiten gewährleistet sein muß, da die Dokumentationen von Fahrt- und Pausenzeiten persönlich gebunden sind (Fahrtscheiben).
4. Zur Absicherung einer ausreichenden Energieversorgung sind die während des Transportes verabreichten Futtermitteln dem erhöhten Energiebedarf der Tiere anzupassen. Dies kann durch Verwendung von Grundfuttermitteln mit höherer Energiedichte (z. B. Grünfuttercops) oder der vorsichtigen Verabreichung von Kraftfuttermitteln erfolgen.
5. Für eine bedarfsgerechte und permanente Wasserversorgung sollte die im Fahrzeug verwendete Tränketchnik den Tieren bekannt sein. Die Verwendung von geschlossenen Tränksystemen (z. B. Zapfentränken) bedarf, auch hinsichtlich einer höheren Verletzungsgefahr für die Tiere, einer besonderen Überprüfung. Gleichzeitig sollte sichergestellt sein, daß für jede Ladebucht mindestens zwei Tränken vorhanden sind.
6. Fahrzeugtechnik (Isolation) und Fahrzeugbelüftung müssen so beschaffen sein, daß in den belegten Ladebuchten kein die Thermoregulation der Tiere überfordernder Wärmestau entsteht. Für die Erarbeitung einer Richtlinie zur Begrenzung der Temperaturdifferenz gegenüber den Außenluftbedingungen sind die entsprechenden Vorschriften der Stallbelüftung (z. B. DIN 18910) und des Reports des Scientific Committee on Animal Health and Animal Welfare zum Mikroklima innerhalb von Transportfahrzeugen für Tiere zugrunde zu legen.

7. Literatur

BARTLEY, J.C. (1989):

Lipid metabolism and its diseases.

in: KANEKO, J.J. (Hrsg.): Clinical biochemistry of domestic animals. 4. Aufl.
Verlag Acad. Press, San Diego, USA, S. 106-141

COOK, D.I., J.M. LINGARD, E. WEGMAN u. J.A. YOUNG (1996):

Ernährung, Energiehaushalt und Stoffwechsel.

in: KLINKE, R. u. S. SILBERNAGL (Hrsg.): Lehrbuch der Physiologie. 2. Auflage,
Verlag Georg Thieme, Stuttgart, S. 359-374

HÖRNICKE, H. (1976): Thermophysiologie.

In: SCHEUNERT, A. u. A. TRAUTMANN (Hrsg.): Lehrbuch der Veterinärphysiologie.
Verlag Paul Parey, Berlin, S. 369-387

JACOBSON, L.H. u. C.J. COOK (1996):

Heart rate response as a measure of stress and welfare in cattle.

Proc. N. Zeal. Soc. Anim. Prod. 56, S. 103-106

KENNY, F.J. u. P.V. TARRANT (1987a): The physiological and behavioural responses of crossbred frisian steers to short-haul transport by road.

Livestock 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. Behav. Sci. 17, S. 209-227

KNOWLES, T.G., P.D. WARRISS, S.N. BROWN u. J.E.D. EDWARDS (1999):

Effects on cattle of transportation by road for up to 31 hours.

Vet. Rec. 145, S. 575 - 582

LADEWIG, J. (1987): Endocrine aspects of stress: evaluation of stress reactions in farm animals.

In: WIEPKEMA, P.R. u. P.W.M. VAN ADRICHEM (Hrsg.): Biology of stress in farm animals: an integrative approach. Mart. Nijhoff Publ., Dordrecht, Niederlande, S. 13-25

SCHAEFER, A.L., S.D.M. JONES u. R.W. STANLEY (1997):

The use of electrolyte solutions for reducing transport stress.

J. Anim. Sci. 75, S. 258-265

STEINHARDT, M. u. H.-H. THIELSCHER (2000):

Herzfrequenzkennwerte, Aktivitätsperioden und Blutmeßwerte trächtiger, nicht laktierender Rinder bei Weidehaltung.

Tierärztliche Umschau 55, S. 133-140

THUN, R. u. D. SCHWARTZ-PORSCHKE (1994):

Nebennierenrinde. In DÖCKE, F. (Hrsg.): Veterinärmedizinische Endokrinologie, 3. Auflage
Verlag Gustav Fischer, Jena, S. 309-351

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