

**Bericht**

# **Untersuchungen zum tierschutzgerechten LKW- Transport von Rindern auf Langstrecken**

**Teil I**

**Dr. M. Marahrens<sup>1</sup>, Prof. Dr. J. Hartung<sup>2</sup> und Prof. Dr. Dr. N. Parvizi<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Beratung und Forschung für den Tierschutz in der Nutztierhaltung (BFN)  
Thöner Str. 14, 30938 Burgwedel

<sup>2</sup>Institut für Tierhygiene und Tierschutz der Tierärztlichen Hochschule Hannover,  
Bünteweg 17 P, 30559 Hannover

<sup>3</sup>Institut für Tierzucht und Tierverhalten der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft  
Mariensee, 31535 Neustadt

## Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung und Problemstellung	3
2.	Material und Methoden	5
3.	Befunde	10
3.1.	Lebendgewicht	10
3.2.	Klimatische Bedingungen während Transport und Ruhepause	14
3.3.	Herzfrequenz	20
3.4.	Körpertemperatur	29
3.5.	Biochemische Untersuchungen	37
3.5.1.	Cortisol	37
3.5.2.	Thyroxin (T <sub>4</sub> )	40
3.5.3.	Thrijodthyronin (T <sub>3</sub> )	43
3.5.4.	Creatinkinase	45
3.5.5.	Freie Fettsäuren (FFA)	47
3.5.6.	3-Hydroxybutyrat (3-HB)	50
3.5.7.	Glucose	52
3.5.8.	Gesamteiweiß	55
3.5.9.	Natrium	57
3.5.10.	Kalium	60
3.5.11.	Magnesium	62
4.	Diskussion	65
4.1.	Die physiologische Belastungsreaktion der Rinder während des Transportes	65
4.2.	Die hormonelle Belastungsreaktion der Rinder während des Transportes	67
4.3.	Die motorische Belastungsreaktion der Rinder während des Transportes	69
4.4.	Der Energiestoffwechsel von Rindern beim Transport	70
4.5.	Der Flüssigkeitshaushalt von Rindern beim Transport	72
4.6.	Der Gewichtsverlust von Rindern während des Transportes	74
5.	Zusammenfassung der wichtigsten Befunde	75
6.	Schlußfolgerungen	77
7.	Literatur	78

## **1. Einleitung und Problemstellung**

---

Jährlich werden mehrere 10.000 Zuchtrinder aus Deutschland nach Nordafrika, Vorderasien und in die ehemaligen GUS-Staaten exportiert. Diese Transporte werden zum überwiegenden Teil mit Lastkraftwagen abgewickelt. Dabei werden i.d.R. Transportzeiten von mehreren Tagen bis zu zwei Wochen erreicht.

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 Versorgungsstation zu versorgen. Nach 24 Stunden können die Tiere wieder aufgeladen und weitertransportiert werden. Diese Bestimmung ist von verschiedenen Seiten, insbesondere wegen der Gefahr der Verschleppung von Tierseuchen und aus der Sicht des Tierschutzes, kritisiert worden. Die Bedenken richten sich einmal gegen ein erhöhtes epidemiologisches Risiko der Übertragung von Infektionskrankheiten, wenn viele Tiere aus verschiedenen Herkünften und Regionen Europas in einer Einrichtung zusammengeführt werden. Hinzu kommt, daß die Anfälligkeit der Rinder gegenüber Infektionskrankheiten durch eine verminderte Immunabwehr infolge der Transportbelastung erhöht ist. Es richten sich daher erhebliche Bedenken gegen die Durchführbarkeit der Bestimmungen des Artikel 5 der Verordnung (EG) Nr. 1255/97 des Rates vom 25. Juni 1997 zur Festlegung gemeinschaftlicher Kriterien für Aufenthaltsorte. Die Abnehmer im Zuchtrinderhandel fordern in der Regel spezielle Gesundheitsnachweise und –garantien für die Tiere. Diese sind jedoch bei Verbringung in Versorgungsstationen, in denen eine hohe Fluktuation besteht und Mängel bei Reinigung und Desinfektion nicht immer ausgeschlossen werden können, kaum aufrecht zu erhalten. Auch heute schon werden, wie die Praxis zeigt, Zuchtrinder, die sich in allgemein zugänglichen Versorgungsstationen aufgehalten haben, selbst wenn diese amtlich überwacht wurden, von den Abnehmern häufig wegen der Übertragungsmöglichkeit insbesondere von Viruserkrankungen zurückgewiesen.

Aus der Sicht des Tierschutzes wird eingewandt, daß die Kenntnisse über den Umfang und die Höhe der tatsächlichen Belastung, der die Rinder im Langstreckentransport auf Spezialfahrzeugen ausgesetzt sind, noch gering sind. Es fehlt an aussagekräftigen physiologischen und ethologischen Befunden, die begleitend unter Praxisbedingungen aufgenommen worden sind, zumal auch die entsprechend ausgerüsteten Spezialfahrzeuge bislang nicht oder kaum zur Verfügung standen. Wissenschaftliche Untersuchungen zur Gestaltung von Transportdauer und Pausenzeiten sind bisher nicht erfolgt. Auch ist nicht genau bekannt, wie hoch die Belastung der Tiere beim Auf- und Abladevorgang während des Ferntransportes ist. Hinzu kommt die Verletzungsgefahr beim Begehen von Rampen, Stegen und Ladeklappen. Weiter kann es innerhalb der Gruppen in den Ruhebuchten der Versorgungsstationen zu belastenden Auseinandersetzungen kommen, wenn die Transportgruppen nicht beibehalten werden. Dies erfordert jedoch einen erheblichen Aufwand hinsichtlich der Einrichtung der Aufenthaltsorte, da innerhalb der EG trotz eindeutiger Regelung die Gruppengrößen in den Fahrzeugen sehr unterschiedlich sind. Bedacht werden sollte auch, daß jede Pause die Gesamttransportzeit verlängert. Da jeder Transport als Ausnahmesituation für die Tiere immer eine Belastung darstellt, sollte darauf hingewirkt werden, die Transporte - unter strenger Wahrung des wissenschaftlich begründeten Tierschutzes - schonend, aber so zügig wie möglich abzuwickeln. Hierfür ist auch 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.

Außerdem ist bislang nicht klar, wer die notwendigen Investitionen im Zusammenhang mit Errichtung, Erhaltung und Betrieb sowie der Betriebshygiene solcher Versorgungsstationen tätigt und das Risiko bei Verlagerung z. B. von Exportrouten trägt. Insbesondere in der Bundesrepublik ist die Zahl der Versorgungsstationen derzeit noch gering. Die Mitgliedsländer verfolgen allerdings eine sehr uneinheitliche Zulassungspraxis für die Aufenthaltsorte.

Es wurden unter Federführung des Institutes für Tierhygiene und Tierschutz der Tierärztlichen Hochschule Hannover in enger Zusammenarbeit mit der Beratung und Forschung für den Tierschutz in der Nutztierhaltung (BFN)<sup>1</sup> und dem Institut für Tierzucht und Tierverhalten der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft in Mariensee (FAL) Untersuchungen zur Belastung von tragenden Rindern während des Transportes in einem Feldversuch durchgeführt. Dabei sollte vornehmlich die Frage geklärt werden, welchen Belastungen die Rinder durch das Be- und Entladen der Fahrzeuge während eines Ferntransportes ausgesetzt sind und ob die Tiere alternativ zum Entladen während der 24 h – Pause im Fahrzeug verbleiben können. Das Vorhaben wurde von Spediteuren und Zuchtviehverbänden unterstützt.

---

<sup>1</sup> Bis zum Abschluß der Untersuchungen im Herbst 1998 war Herr Dr. Marahrens wissenschaftlicher Mitarbeiter im Institut für Tierhygiene und Tierschutz. Seit dem 1. Januar 1999 ist er selbständig tätig (BFN) und mit der Durchführung der Aufgaben in diesem Vorhaben betraut.

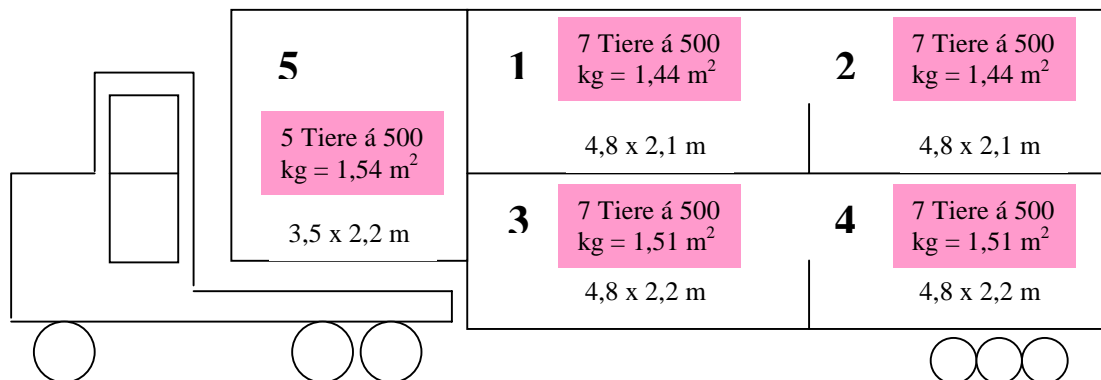
## 2. Material und Methoden

Für die Untersuchungen wurden 95 tragende Zuchtfärsen aus dem norddeutschen Raum (Zuchtverbände ZEH und RSH) im Sammel- und Exportstall der RSH in Däken bei Neumünster (Schleswig - Holstein) innerhalb von 3 Tagen in Anbindehaltung aufgestellt. Es erfolgten anschließend über 3 Tage die Futterumstellung der Tiere für den Transport (gutes Wiesheu und Wasser ad lib., etwa 1 kg Kraftfutter), klinische Untersuchungen und die Einteilung von 91 Tieren (+ 4 Reservetiere) in die Transportgruppen sowie die Auswahl der Versuchstiere nach dem Zufallsprinzip, wobei auf eine gleichmäßige Verteilung der Herkünfte geachtet wurde. Am Vortag des Transportbeginnes wurden die Tiere mit einem Venenkatheter (Braunüle) versehen und Blutproben zur Bestimmung der Ruhewerte gewonnen.

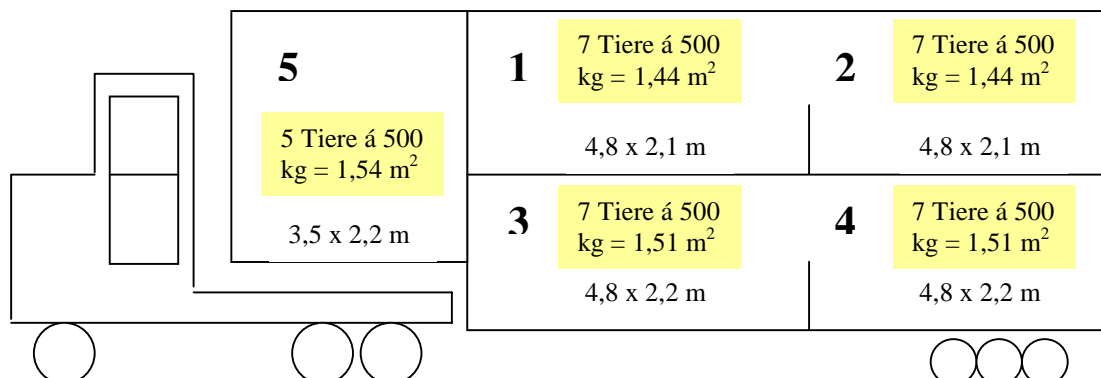
Vor Beginn der Verladung wurden erneut Blutproben zur Ruhewertbestimmung gezogen und die Brustgurte zur Messung der Herzfrequenz angebracht sowie intravaginal die Monitore zur Messung und Speicherung der Körpertemperatur eingelegt.

Für den Transport der Rinder drei gleich gebaute LKW (Typ Pezzaioli) in unterschiedlicher Weise belegt bzw. betrieben:

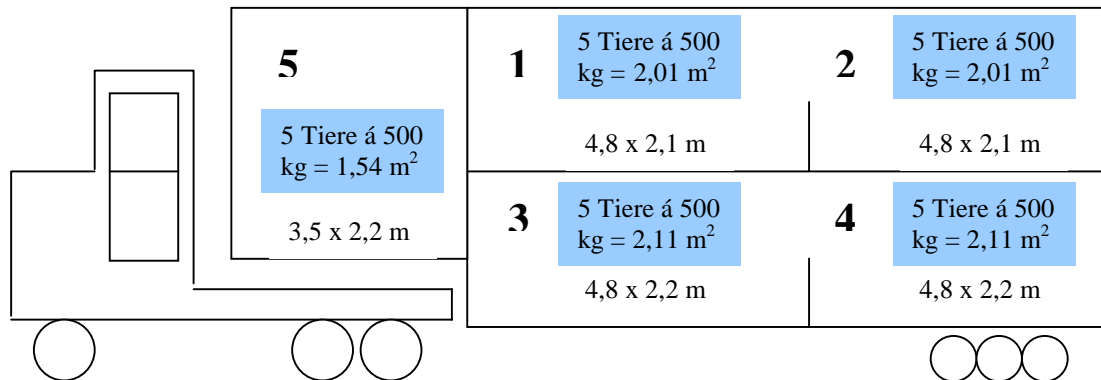
**LKW 1:** 33 Tiere (~ 500 kg) im Fahrzeug, nach 2 x 14 h Transport plus 1 h Pause kein Abladen für die 24-stündige Ruhepause, danach Weitertransport über 2 x 14 h plus 1 h Versorgungspause (Variante 1).



**LKW 2:** 33 Tiere (~ 500 kg) im Fahrzeug, 2 x 14 h Transport plus 1 h Pause, danach Abladen für die 24-stündige Ruhepause in einen Versorgungsstall, Weitertransport über 2 x 14 h plus 1 h Versorgungspause (Variante 2).



**LKW 3:** 25 Tiere (~ 500 kg) im Fahrzeug, 2 x 14 h Transport plus 1 h Pause, kein Abladen für die 24-stündige Ruhepause, Weitertransport über 2 x 14 h plus 1 h Versorgungspause (Variante 3). Flächenangaben für Ruhepause.



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 Tierschutz-Transportverordnung über 2 mal 14 Stunden, getrennt durch eine einstündige Versorgungspause (insgesamt 29 Stunden). Danach wurden die Tiere für 24 Stunden entweder im Fahrzeug (Varianten 1 und 3) oder nach Abladen im Stall (Variante 2) ausgeruht.

#### Klimatologische Erhebungen

Bei den Transportfahrten stand den Rindern in den Buchten der LKW jeweils annähernd die gleiche Liegefläche pro Tier zur Verfügung (siehe Schemazeichnung). Nur zu der 24-stündigen Ruhepause wurde auf LKW 3 den Tieren durch Wegnahme von Absperrgittern der gesamte Platz zur Verfügung gestellt (+ 40 %, 2,01 bis 2,11 m<sup>2</sup>). Die Tiere des LKW 2 wurden nach 29 Stunden Transportzeit abgeladen und unter Beibehaltung der Gruppenzusammensetzung in Laufstallhaltung untergebracht.

Für die klimatologischen Untersuchungen wurden an den Trennwänden zwischen den Gruppen 1 und 2 sowie 3 und 4 Datenaufzeichnungsgeräte für Lufttemperatur und –feuchte sowie in einer offenen Box im Außenbereich des Transporters unterhalb der Ladefläche installiert (Rologg Agent<sup>®</sup> HT1, Rotronic AG, Basserdorf, Schweiz). Das Meß- und Speicherintervall betrug 60 Sekunden.

#### Physiologische Messungen an den Tieren

Die Messung der Herzfrequenz erfolgte kontinuierlich an jeweils vier Tieren in den untersuchten Abteilungen, insgesamt an 36 Rindern (Polar<sup>®</sup> Accurex plus, Polar Electro Oy, Kempele, Finnland). In den Elektrodengurt war ein Sender integriert, der die Meßimpulse telemetrisch und frequenzmoduliert zu einem am Elektrodengurt befestigten Empfänger sendete. Über den Elektrodengurt wurde ein elastischer, etwa 20 cm breiter Gurt gelegt, der dessen Verschieben durch Bewegungen des Tieres weitgehend verhinderte. Die eingehenden Meßimpulse wurden im Intervall von 60 Sekunden im Empfänger registriert. Die Speicherkapazität des Empfängers reichte hierbei für eine Meßdauer von über 33 Stunden aus. Die Daten wurden nach den Messungen mit Hilfe eines Interface in den Computer überspielt, wo sie mit einer Echtzeitskala versehen und berechnet sowie grafisch dargestellt werden konnten.

An den eben erwähnten vier Tieren jeder Untersuchungsgruppe wurde auch die Körpertemperatur gemessen. Die Datenerfassung erfolgte intravaginal mit kontinuierlich arbeitenden Aufzeichnungsgeräten mit einem Meß- und Speicherintervall von 2 Minuten über die gesamte Versuchsdauer (Pillbox98<sup>®</sup> - Logger, Driesen + Kern, Bad Bramstedt). Auch diese Daten wurden mit einer synchronisierten Zeitskala versehen und für jedes Einzeltier im Computer berechnet sowie grafisch dargestellt.

#### Blutgetragene Belastungsindikatoren

Für die biochemische Untersuchung der Belastungsreaktion erfolgte an jeweils 3 Tieren pro Untersuchungsgruppe, die mit Meßausrüstungen für die Herzfrequenz und Körpertemperatur versehen waren, am Tag vor Untersuchungsbeginn eine Katheterisierung der V. jugularis externa, zunächst mit einer Braunüle. Diese erwiesen sich jedoch nicht als gebrauchssicher, da sie nach den ersten Transporten verstopft oder aus der Vene entfernt waren. Sie wurden durch Katheter ersetzt, die aus Kanülenkammern (1,2 G) und Silikontubes (1,2 mm Innendurchmesser) mit einer Länge von 30 cm selbst erstellt wurden. Die Einlage erfolgte durch Venenpunktion. Zur Vermeidung von Verstopfungen durch Blutgerinnsel wurden die Katheter nach den Blutentnahmen mit heparinisierter 0,9 %iger Kochsalzlösung befüllt.

Die Untersuchungen der Hormone Cortisol, Thyroxin und Trijodthyronin fanden in den Labors der FAL in Mariensee statt.

#### Cortisol

Die Plasmakonzentration an Cortisol wurde mit Hilfe eines Enzymimmunoassays bestimmt. Die Kreuzreaktionen betragen:

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

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

#### T<sub>3</sub> und T<sub>4</sub>

Zur Bestimmung von Gesamtrijodthyronin (T<sub>3</sub>) und -thyroxin (T<sub>4</sub>) wurden Radioimmunoassays (RIA) eingesetzt. Die Inter- und Intraassayvarianz lag bei 9,5 und 5 %.

#### Creatinkinase

Die Untersuchungen des Enzyms Creatinkinase und der Stoffwechselmetaboliten fanden im Labor der Klinik für Rinderkrankheiten der Tierärztlichen Hochschule Hannover statt. Die Bestimmungen erfolgten im Analyseautomaten COBAS<sup>®</sup>-Mira S (Fa. Hoffmann-LaRoche, Basel, Schweiz). Die Untersuchung der katalytischen Aktivität der Creatinkinase erfolgte mit einem kinetischen UV-Test (UNIMATE 3 CK, Fa. Hoffmann-LaRoche), wobei die CK durch N-Acetylcystein (NAC) aktiviert wird. Der Interassay-Variationskoeffizient der Mittelwerte von Standardproben lag konzentrationsabhängig in einem Bereich von 2,83 bis 3,43 %.

#### Unveresterte (freie) Fettsäuren

Zur Untersuchung des Gehaltes an freien Fettsäuren (NEFA) im Blutplasma wurde im COBAS ein enzymatischer Farbttest (NEFA C, Fa. Wako Chemicals, Neuss) nach der ACS-ACOD-MEHA-Methode durchgeführt. Der Variationskoeffizient bei den mitgeführten Standardproben betrug 6,54 %.

### **Glucose**

Die Bestimmung des Glukosegehaltes der Plasmaproben erfolgte als enzymatischer UV-Test nach der GDH-Methode. Die Messung erfolgte gegen den Reagenzienleerwert (Reagenzienkid UNIMATE 7 Gluc GDH, Roche). Der Variationskoeffizient der Mittelwerte des Standards (6,11 mmol/l) lag bei 6,0 %.

### **3-Hydroxybutyrat**

Für die Messung der Konzentration von 3-Hydroxybutyrat (3-HB) in den Plasmaproben wird die durch 3-Hydroxybutyrat-Dehydrogenase katalysierte Oxidation von 3-HB zu Acetoacetat zugrundegelegt, bei der eine äquimolare Konzentration von  $\text{NAD}^+$  zu  $\text{NADH} + \text{H}^+$  reduziert wird. Dabei wird die Bildung des NADH photometrisch bei 340 nm bestimmt (Endpunkt-Messung). Die erforderlichen Reagenzien und Standards wurden von der Fa. SIGMA (Deisenhofen, Procedure No. 310-UV) bezogen. Der Standard-Variationskoeffizient lag bei den Untersuchungen bei 12,02 % (0,6 mmol/l) bzw. 5,16 % (6,8 mmol/l).

### **Gesamtprotein**

Die Untersuchung des Gesamt-Eiweißgehaltes des Blutplasmas erfolgte nach der Biuret Methode, bei der Eiweiß mit Kupfer-Ionen in alkalischer Lösung einen Farbkomplex bildet. Die Extinktionszunahme dieser Reaktion wird bei 546 nm (Hg) detektiert und daraus der Eiweißgehalt der Probe errechnet. Hersteller der Reagenzien und Standard-Lösungen ist Fa. Böhringer, Mannheim (Test-Combination Gesamt-Eiweiß, Best.-Nr. 124 281). Der Standard-Variationskoeffizient der Untersuchungen lag bei 2,99 bis 3,84 % (52 g/l).

### **Kalium und Natrium**

Die Plasma-Elektrolyte  $\text{K}^+$  und  $\text{Na}^+$  wurden mit Hilfe von ionenselektiven Elektroden (ISE – Modul, Cobas Mira) gegen eine Referenzelektrode bestimmt. Da im ISE-System die Standardlösungen die gleiche Ionenstärke wie die Plasmaproben besitzen, werden die Elektroden automatisch an den Konzentrationen kalibriert. Die Variationskoeffizienten lagen bei 2,79 ( $\text{K}^+$ ) bzw. 2,27 ( $\text{Na}^+$ ) Prozent.

### **Magnesium**

In alkalischer Lösung bildet sich aus  $\text{Mg}^{2+}$  mit Xylidylblau ein roter Chelatkomplex, dessen Extinktion bei 546 nm Hg der  $\text{Mg}^{2+}$ -Konzentration proportional ist. Störende  $\text{Ca}^{2+}$ -Ionen werden mit EGTA maskiert. Der Variationskoeffizient lag bei Analysen von Standards (1,03 mmol/l) bei 3,32 %.



## 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 Parameter geprüft und als Histogramm dargestellt. Eine angenäherte Normalverteilung wurde bei einer Abweichung von  $W \geq 0,97$  angenommen. Um diesen Grenzwert einzuhalten, mußte bei keinem der Parameter eine Transformation vorgenommen werden.

Zur varianzanalytischen Auswertung des Transportversuches wurde folgendes gemischtes statistisches Modell verwendet (SAS-Prozedur GLM, nicht signifikante Interaktionen eliminiert):

$$Y_{ijklm} = \mu + lkw_i + grp_j + tier_{(lkw\ grp)_{kij}} + nr_l + lkw \cdot nr_{il} + grp \cdot nr_{jl} + e_{ijkl}$$

Y = Beobachtungswert des Merkmales

$\mu$  = Gesamtmittel

$lkw_i$  = fixer Effekt der Versuchsvariante (LKW),  $i = 1 \dots 3$

$grp_j$  = fixer Effekt des Standorts im Fahrzeug (Gruppe),  $j = 1 \dots 3$

$tier_{kij}$  = zufälliger Effekt des Versuchstieres,  
genestet innerhalb LKW und Gruppe,  $k = 1 \dots 27$  (36)

$nr_l$  = fixer Effekt des Untersuchungszeitpunktes  $l = 1 \dots 8$  (13)

$e_{ijkl}$  = Restvarianz

### 3. Befunde

#### 3.1 Lebendgewicht

Zur Feststellung des Lebendgewichtes (LGW) wurden die Tiere unmittelbar vor der Verladung in die Fahrzeuge sowie unmittelbar im Anschluß an das Entladen nach Beendigung der Transporte in der stationseigenen Durchtriebswaage verwogen. Die Ergebnisse sind ebenso wie die Gewichts-differenzen nach LKW getrennt in den Tabellen 1 bis 3 dargestellt. In diesen Tabellen sind zudem die Aufteilungen der Untersuchungstiere (1 bis 36) nach LKW und Gruppe bzw. Standort im LKW dargestellt.

**Tab. 1: Gruppeneinteilungen der Tiere und Gewichtsverluste in LKW 1**

Gruppe in LKW 1	Tieridentifikation	Unters.-nummer	LGW vor Transport	LGW nach Transport	Gewichts-differenz
1	40018502		481,0	463,5	-17,5
1	40011123	1	488,0	458,5	-29,5
1	40111258	2	444,0	442,5	-1,5
1	40351666	28	543,0	539,5	-3,5
1	41570472		465,0	453,5	-11,5
1	10158210		512,0	531,5	+19,5
1	10058946	3	498,0	466,5	-31,5
2	40348355	4	566,0	529,0	-37,0
2	41680562		479,0	457,0	-22,0
2	40111264		483,0	479,0	-4,0
2	41536425	5	512,0	508,0	-4,0
2	40727420	6	522,0	515,5	-6,5
2	10263481	29	529,0	521,0	-8,0
2	40011125			515,5	
3	41705398			492,0	
3	40484254		493,0	473,0	-20,0
3	40329256		448,0	454,5	+6,5
3	40034601			525,0	
3	41570470		465,5	462,5	-3,0
3	10045357		534,0	514,5	-19,5
3	11101853		491,0	508,5	+17,5
4	40164038	7	500,0	497,0	-3,0
4	40082034		503,0	490,5	-12,5
4	41536422	30	523,0	511,5	-11,5
4	41570465		467,0	475,5	+8,5
4	41281271	8	532,0	515,5	-16,5
4	10158199	9	486,0	488,5	+2,5
4	40163204		464,0	445,0	-19,0
5	41705397			515,5	
5	41539510		468,0	472,0	+4,0
5	40111733		501,0	496,5	-4,5
5	40090628		473,0	464,0	-9,0
5	11058006		523,0	512,0	-11,0
<b>n = 29, mittlerer Gewichtsverlust pro Tier = 8,52 kg (1,7 %)</b>					<b>-247,5 kg</b>

In LKW1 zeigen von 29 gewogenen Tieren 6 eine positive Gewichts-bilanz, von denen 1 im oberen, 5 im unteren Deck untergebracht waren. Der mittlere Gewichtsverlust fällt mit 8,52 kg bzw. 1,7 % vom Ausgangsgewicht bei einer Transportzeit von mehr als 4,5 Tagen außeror-

dentlich gering aus. Im oberen Deck (Gruppen 1 und 2) betragen die mittleren Gewichtsverluste pro Tier 12,08 kg, im unteren (Gruppen 3 bis 5) 3,78 kg.

**Tab. 2: Gruppeneinteilungen der Tiere und Gewichtsverluste in LKW 2**

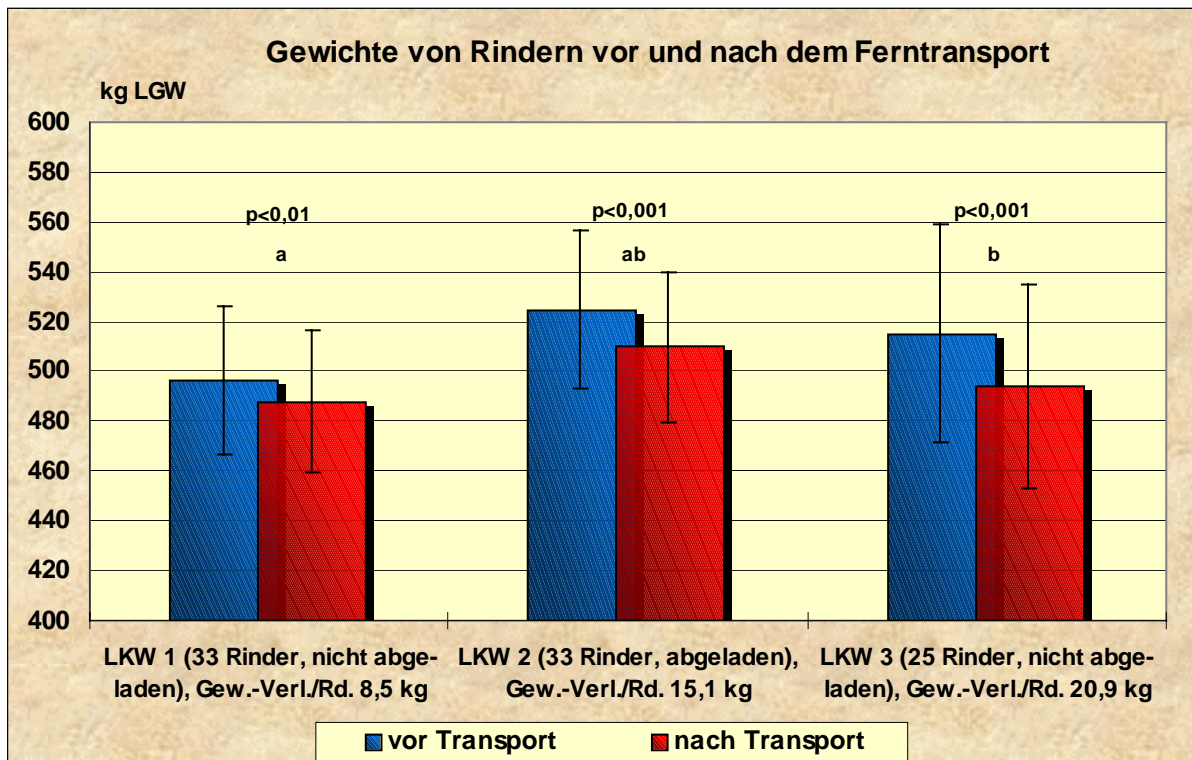
Gruppe in LKW 2	Tieridentifikation	Unters.-nummer	LGW vor Transport	LGW nach Transport	Gewichtsdifferenz
1	40033318	10	500,0	470,5	-29,5
1	40486880		522,0	491,0	-31,0
1	40113988		500,0		
1	41536418	31	493,0	485,5	-7,5
1	40870823	11	567,0	546,0	-21,0
1	10045350	12	587,0	547,5	-39,5
1	10327768		472,0	453,5	-18,5
2	40486357	32	496,0	460,5	-35,5
2	40032939	13	517,0	487,0	-30,0
2	40327999		521,0	511,0	-10,0
2	41527959	14	559,0	524,5	-34,5
2	10045339	15	544,0	537,0	-7,0
2	40470513		549,0	536,5	-12,5
2	10058939		547,0		
3	40362999		531,0		
3	40042542				
3	40301628		559,0	539,0	-20,0
3	40486354		509,0	502,5	-6,5
3	41672915		507,0	520,0	+13,0
3	41281262		485,0	493,0	+8,0
3	11102572		494,0		
4	40018504	16	532,0	525,5	-6,5
4	40042545		482,0	462,0	-20,0
4	41653378	17	526,0	496,0	-30,0
4	41570462		483,0	482,0	-1,0
4	40034606		527,0	523,0	-4,0
4	11101856	18	515,0	532,0	+17,0
4	41696802	33	487,0	474,5	-12,5
5	40387588		555,0	541,0	-14,0
5	41570467		465,0		
5	41281264		555,0	548,5	-6,5
5	10045356		575,0	548,5	-26,5
5	10045347		547,0	526,5	-20,5
<b>n = 27, mittlerer Gewichtsverlust pro Tier = 15,06 kg (2,9 %)</b>					<b>-406,5 kg</b>

In LKW 2 (33 Rinder im Fahrzeug, für die Pause abgeladen, Tabelle 2) beträgt der mittlere Gewichtsverlust für jedes gewogene Rind 15,06 kg (2,9 % vom Ausgangsgewicht). Die 3 Tiere mit positiver Gewichtsbilanz sind im unteren Deck untergebracht. Auch in dieser Untersuchungsvariante zeigen die Tiere im oberen Ladedeck mit im Mittel 23,04 kg gegenüber 8,67 kg im unteren einen mehrfach höheren Gewichtsverlust.

In Tabelle 3 sind die Gewichte der Rinder in Fahrzeug 3 (25 Tiere geladen, während der Pause mit zusätzlichem Flächenangebot von 40 % im Fahrzeug verblieben) dargestellt. Der mittlere Gewichtsverlust dieser Tiere beträgt 20,9 kg (4,1 % vom Ausgangsgewicht). Die durch den Standort im Fahrzeug bedingten Unterschiede sind in dieser Versuchsvariante nicht so ausgeprägt wie in den Fahrzeugen 1 und 2. Im oberen Ladedeck betragen die mittleren Gewichtsverluste 26,8 kg, im unteren 16,35 kg.

**Tab. 3: Gruppeneinteilungen der Tiere und Gewichtsverluste in LKW 3**

Gruppe in LKW 3	Tieridentifikation	Unters.-nummer	LGW vor Transport	LGW nach Transport	Gewichtsdifferenz
1	40395217	19	532,0	507,0	-25,0
1	41580005		588,0	566,0	-22,0
1	40032938	20	511,0	476,5	-34,5
1	11058003	34	592,0	549,0	-43,0
1	11101851	21	535,0	513,5	-21,5
2	41680556	35	488,0	444,5	-43,5
2	40074239	22	549,0	533,5	-15,5
2	41281263	23	486,0	466,0	-20,0
2	10158196	24	486,0	464,0	-22,0
2	10158190		586,0	565,0	-21,0
3	41680575		483,0	457,5	-25,5
3	40113981		491,0	471,5	-19,5
3	40470995		554,0	530,0	-24,0
3	11058010		544,0	516,5	-27,5
3	11102563		482,0	475,0	-7,0
4	41680597	25	450,0	440,5	-9,5
4	40018963		439,0	438,0	-1,0
4	40370670	26	573,0	566,0	-7,0
4	10327767	27	496,0	477,5	-18,5
4	41586290	36	472,0	465,5	-6,5
5	40093465		498,0	474,0	-24,0
5	40490655		527,0	500,5	-26,5
5	41570473		457,0		
5	41570471		485,0	469,0	-16,0
5	11058002			550,5	
n = 23, mittlerer Gewichtsverlust pro Tier = 20,87 kg (4,1 %)					-480,5 kg



**Abb. 1: Gewichtsverluste von Rindern während des Ferntransportes**

Es zeigen sich deutliche Unterschiede im mittleren Gewichtsverlust pro Einzeltier zwischen den Versuchsvarianten. Aus der Abbildung 1 wird deutlich, daß diese Gewichtsverluste jedoch nicht ausschließlich auf ein wiederholtes Be- und Entladen zurückzuführen ist, da die Variante 2 diesbezüglich nur eine mittlere Stellung einnimmt. Signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsvarianten bestehen nur bei den LKW 1 und 3, bei denen die Tiere während der 24 – stündigen Ruhepause mit einer unterschiedlichen Besatzdichte im Fahrzeug verblieben. Andere Einflußfaktoren während des Transportes wie eine unterschiedliche Fahrweise durch die Fahrer oder Wasser- und Futteraufnahme durch die Tiere konnten hier nicht berücksichtigt werden.

In der Tabelle 4 sind die mittleren Gewichtsverluste der Tiere in Abhängigkeit von deren Standort im Fahrzeug während des Transportes dargestellt. Auch hier zeigen sich deutliche und signifikante Unterschiede, wobei die Gewichtsverluste in den oberen Ladedecks mehr als doppelt so hoch sind wie in den unteren. Der „Schwanenhals“, der einstöckige Ladebereich über dem Drehkranz des Aufliegers, nimmt hier eine mittlere Stellung ein.

**Tab. 4: Mittlere Gewichtsverluste in Abhängigkeit vom Standort im Fahrzeug**

Standort im Fahrzeug	Anzahl gewogener Tiere	Mittlerer Gewichtsverlust pro Tier in der Gruppe (kg)	Mittlerer Gewichtsverlust pro Tier im Ladendeck (kg)
Tiefbett oben vorn (Grp. 1)	<b>18</b>	<b>20,47<sup>a</sup></b>	} <b>20,04<sup>a</sup></b>
Tiefbett oben hinten (Grp. 2)	<b>17</b>	<b>19,59<sup>a</sup></b>	
Tiefbett unten vorn (Grp. 3)	<b>14</b>	<b>9,11<sup>b</sup></b>	} <b>8,44<sup>b</sup></b>
Tiefbett unten hinten (Grp. 4)	<b>19</b>	<b>7,95<sup>b</sup></b>	
Schwanenhals (Grp. 5)	<b>11</b>	<b>14,05</b>	<b>14,05</b>

Unterschiedliche Buchstaben:  $p < 0,01$

Die Ursachen hierfür können in den physikalischen Bedingungen während des Transportes, wie z. B. Vibrationen (durch Motor und Straßenbeschaffenheit) und Beschleunigungen bei Bremsungen und Kurvenfahrten liegen, die sich in unteren und oberen Ladedecks unterschiedlich auswirken. Wie später noch zu zeigen sein wird, herrschen jedoch auch unterschiedliche klimatische Bedingungen (Lufttemperatur, Luftfeuchte und –bewegung) in den Ladedecks, die durch entsprechende Einflüsse auf Thermoregulation (latente Wärmeabgabe) und Wasseraufnahme auf die Gewichtsverluste der Tiere auswirken können.

### 3.2 Klimatische Bedingungen während Transport und Ruhepause

In Tabelle 5 sind die Lufttemperatur und relative Luftfeuchte im oberen und unteren Ladedeck sowie außerhalb des LKW 1 dargestellt. Gegenüber den Aussenbedingungen sind im Fahrzeuginnern Temperaturerhöhungen um 3 bis 7 K durch die Wärmeproduktion der Tiere festzustellen. Diese Temperaturerhöhung findet während der Pausenzeiten in größerem Umfang statt. Die Unterschiede betragen bei der relativen Luftfeuchte bis zu 40 %.

**Tab. 5: Temperatur und relative Luftfeuchte während verschiedener Transportphasen in Fahrzeug 1**

LKW 1		Lufttemperatur (°C)			Rel. Luftfeuchte (%)		
Meßort in LKW:		oberes Deck	unteres Deck	aussen	oberes Deck	unteres Deck	aussen
Tour 1	$\bar{x}$	17,03	17,42	14,93	74,09	82,00	78,12
	max	19,30	19,70	19,60	97,50	97,70	100,00
	min	12,84	12,94	8,90	59,30	69,00	56,30
1h-Pause	$\bar{x}$	18,22	18,49	12,10	88,99	94,27	90,18
	max	20,80	21,50	13,34	100,00	100,00	100,00
	min	13,14	13,34	9,90	71,00	79,00	79,00
Tour 2	$\bar{x}$	14,68	15,76	11,97	81,84	87,19	91,24
	max	20,70	21,24	16,20	99,60	99,60	100,00
	min	12,50	13,14	8,40	57,20	76,60	65,20
24 h - Pause	$\bar{x}$	18,37	18,60	14,86	73,69	86,39	76,05
	max	20,80	23,84	21,94	99,60	99,60	88,00
	min	14,34	14,00	12,40	52,50	67,00	45,70
Tour 3	$\bar{x}$	15,30	16,07	15,40	75,92	84,57	81,11
	max	18,34	19,50	20,60	99,80	94,70	91,70
	min	13,40	14,14	13,70	63,00	74,20	62,00
1 h - Pause	$\bar{x}$	19,57	19,55	13,93	77,73	93,17	83,93
	max	22,84	22,40	14,24	99,80	98,20	85,20
	min	13,70	14,24	13,70	65,00	80,20	82,00
Tour 4	$\bar{x}$	17,55	17,95	15,52	67,00	80,74	75,80
	max	22,84	21,94	19,60	96,50	95,00	92,00
	min	15,04	15,50	12,84	49,00	62,50	56,30
Wartezeit vor Abladen	$\bar{x}$	17,83	20,00	12,86	89,88	90,81	92,94
	max	20,14	21,94	13,50	99,80	95,70	95,30
	min	15,14	15,70	12,40	61,00	75,70	88,70

Die in der Tabelle 6 dargestellten mittleren Lufttemperaturen und Luftfeuchten in den beiden Ladedecks von Fahrzeug 1 unterscheiden sich hochsignifikant untereinander und zu den Aussenbedingungen. Im unteren Ladedeck sind sowohl die Lufttemperaturen als auch die Luftfeuchten höher als im oberen. Während der 24 h – Pause beträgt die mittlere Temperaturdifferenz innen/aussen nahezu 4 Kelvin. Die größten Unterschiede werden während der ersten Versorgungspause (1 h) mit 6,39 K gemessen.

**Tab. 6: Mittlere Temperatur und relative Luftfeuchte in den Ladedecks in Fahrzeug 1**

LKW 1	Lufttemperatur			rel. Luftfeuchte		
	oben	unten	aussen	oben	unten	aussen
$\bar{x}$	16,87***	17,41***	14,40***	75,19***	84,94***	80,58***
S	2,19	2,12	2,46	9,94	6,98	11,72

\*\*\* =  $P \leq 0,001$

**Tab. 7:** Temperatur und relative Luftfeuchte während verschiedener Transportphasen in Fahrzeug 2 sowie im Stall während der 24 h - Pause

LKW 2		Lufttemperatur (°C)			Rel. Luftfeuchte (%)		
Meßort in LKW:		oberes Deck	unteres Deck	aussen	oberes Deck	unteres Deck	aussen
Tour 1	$\bar{x}$	17,47	18,07	18,71	73,72	77,91	65,71
	min	11,80	12,84	13,14	52,20	56,30	46,00
	max	22,84	23,60	24,54	100,00	100,00	90,50
1h-Pause	$\bar{x}$	19,47	19,38	14,30	79,42	86,83	77,66
	min	14,64	16,20	13,90	60,20	61,00	74,50
	max	21,24	20,60	14,64	100,00	100,00	83,00
Tour 2	$\bar{x}$	16,08	17,09	17,28	76,03	87,97	70,53
	min	14,24	15,24	13,14	57,70	63,50	53,70
	max	21,24	20,14	21,40	94,00	100,00	91,70
24 h – Pause (Stall)	$\bar{x}$	14,09		13,76	85,53		86,14
	min	12,24		12,14	53,30		66,00
	max	20,94		18,44	100,00		93,30
Tour 3	$\bar{x}$	16,13	17,10	17,55	70,85	74,53	65,08
	min	14,14	15,60	15,50	57,50	60,70	54,00
	max	20,14	19,70	20,80	96,50	98,70	77,00
1 h - Pause	$\bar{x}$	22,63	21,03	17,00	61,86	63,03	69,14
	min	15,70	16,70	16,20	47,60	49,00	67,00
	max	25,04	22,84	17,30	88,70	90,20	72,60
Tour 4	$\bar{x}$	17,15	18,13	18,96	68,02	71,19	59,47
	min	13,60	14,14	15,24	51,60	53,00	45,70
	max	22,64	22,14	22,84	97,20	98,70	72,60
Wartezeit vor Abladen	$\bar{x}$	14,86	16,66	14,60	76,54	92,69	76,49
	min	13,70	15,14	14,14	67,30	71,70	73,00
	max	15,80	17,40	15,24	95,70	100,00	88,50

In der Variante 2 (Fahrzeug 2, Tabelle 7) sind die Unterschiede in Temperatur und Feuchte während der Fahrten zwischen Innen und Aussen trotz gleicher Einstellung der Lüftungsanlage (freie Lüftung, maximal geöffnete Klappen) nicht so stark ausgeprägt wie bei Fahrzeug 1. Die Temperaturdifferenz beträgt während der 24 h – Pause im Stall 0,33 K, während der beiden Versorgungspausen (1 h) 5,2 bzw. 5,6 K.

**Tab. 8:** Mittlere Temperatur und relative Luftfeuchte in den Ladedecks in Fahrzeug 2

LKW 2	Lufttemperatur			rel. Luftfeuchte		
Messort:	oben	unten	Aussen	oben	unten	aussen
$\bar{x}$	17,05***	17,78***	16,98***	72,00***	77,45***	66,02***
S	2,46	2,00	2,28	8,15	11,27	8,30

\*\*\* =  $P \leq 0,001$

In Fahrzeug 2 beträgt die mittlere Temperaturdifferenz zwischen den Ladedecks bei einer Beladung mit jeweils 14 Tieren 0,73 K; der Unterschied bei der Luftfeuchte beträgt 5,5 % (Tabelle 8). Die Berechnung der Mittelwerte erfolgte hier ohne Einbeziehung der 24 h – Pause.

**Tab. 9:** Temperatur und relative Luftfeuchte während verschiedener Transportphasen in Fahrzeug 3

LKW 3		Lufttemperatur (°C)		Rel. Luftfeuchte (%)	
Meßort in LKW:		Oberes Deck	Unteres Deck	Oberes Deck	Unteres Deck
Tour 1	$\bar{x}$	15,91	16,46	79,89	80,87
	min	10,24	12,24	58,50	58,70
	max	21,60	21,40	100,00	100,00
1h-Pause	$\bar{x}$	17,94	17,21	85,91	98,15
	min	12,50	13,24	66,50	82,60
	max	22,30	19,60	100,00	100,00
Tour 2	$\bar{x}$	16,05	16,50	78,25	77,63
	min	13,14	14,34	64,30	56,30
	max	22,30	18,44	97,70	100,00
24 h - Pause	$\bar{x}$	17,41	17,94	72,20	79,55
	min	13,14	15,24	58,50	65,20
	max	23,84	21,84	94,70	99,00
Tour 3	$\bar{x}$	15,40	16,37	80,27	82,73
	min	14,00	15,24	64,00	70,20
	max	18,44	18,44	99,40	99,00
1 h - Pause	$\bar{x}$	15,60	16,20	76,14	74,76
	min	14,14	14,64	70,20	71,70
	max	16,20	16,70	80,00	84,20
Tour 4	$\bar{x}$	15,68	16,12	74,09	75,48
	min	12,30	14,00	58,20	60,00
	max	18,74	18,44	91,50	95,00
Wartezeit vor Abladen	$\bar{x}$	14,21	15,34	85,43	93,05
	min	11,50	13,14	60,70	69,00
	max	16,80	17,80	100,00	100,00

Aufgrund eines Ausfalles des Meßgerätes konnten in Fahrzeug 3 die Aussenluftbedingungen nicht gemessen und aufgezeichnet werden (Tabelle 9). Es bestehen jedoch auch bei verringerter Ladedichte (jeweils 10 Tiere in Ober- und Unterdeck) ähnliche Unterschiede in Temperatur und Luftfeuchte beim Vergleich der Unterbringung der Tiere in den Ladedecks wie in den Fahrzeugen 1 und 2 (Tabelle 10).

**Tab. 10:** Mittlere Temperatur und relative Luftfeuchte in den Ladedecks in Fahrzeug 3

LKW 3	Lufttemperatur			rel. Luftfeuchte		
Messort:	oben	unten	aussen	oben	unten	aussen
$\bar{x}$	16,26***	16,82***	-	76,60***	79,75***	-
S	2,19	2,12	-	7,47	8,42	-

\*\*\* =  $p \leq 0,001$

Da die Fahrzeuge 1, 2 und 3 um jeweils 2 bis 3 Stunden zeitversetzt die Transporte absolvierten und somit während der einzelnen Transportabschnitte unterschiedliche Aussenbedingungen (Tagestemperaturverläufe) herrschten, ist ein Vergleich von Temperatur und Feuchte im Fahrzeuginnern sowohl zu den einzelnen Transportabschnitten als auch zwischen den LKW (Tabelle 11) hinsichtlich der Leistungsfähigkeit der Lüftungstechnik der Fahrzeuge nur eingeschränkt aussagefähig. Er zeigt jedoch die unterschiedliche thermische Belastung der Rinder



während des Transportes in den drei LKW auf. Die Unterschiede in den klimatischen Bedingungen zwischen den oberen und unteren Ladedecks, die über die gesamte Versuchszeit unter den vorherrschenden gemäßigten Aussenbedingungen im Mittel etwa 0,5 K bei der Temperatur und etwa 5 % bei der relativen Luftfeuchte betragen (Tabelle 12), sind jedoch eindeutig auf unterschiedliche Lüftungsbedingungen zurückzuführen.

**Tab. 11: Signifikanz des Mittelwertvergleiches von Temperatur (TEMP) und relativer Luftfeuchte (FEU) zwischen den Fahrzeugen 1, 2 und 3**

TEMP		Std Err	Pr >  T	Pr >  T	HO: LSMEAN(I)=LSMEAN(J)			
	LSMEAN	LSMEAN	HO: LSMEAN=0	I/J	1	2	3	
LKW								
1	17.5391667	0.0237266	0.0001	1	.	0.0001	0.0001	
2	17.2979167	0.0237266	0.0001	2	0.0001	.	0.0001	
3	16.1891667	0.0237266	0.0001	3	0.0001	0.0001	.	
FEU		Std Err	Pr >  T	Pr >  T	HO: LSMEAN(I)=LSMEAN(J)			
	LSMEAN	LSMEAN	HO: LSMEAN=0	I/J	1	2	3	
LKW								
1	81.5591667	0.2504540	0.0001	1	.	0.0001	0.0004	
2	75.9116667	0.2504540	0.0001	2	0.0001	.	0.0001	
3	80.2741667	0.2504540	0.0001	3	0.0004	0.0001	.	

**Tab. 12: Signifikanz des Mittelwertvergleiches von Temperatur (TEMP) und relativer Luftfeuchte (FEU) nach Standort in den Fahrzeugen (Gruppen 1 und 2 oben, Gruppe 4 unten)**

TEMP		Std Err	Pr >  T	Pr >  T	HO: LSMEAN(I)=LSMEAN(J)			
	LSMEAN	LSMEAN	HO: LSMEAN=0	I/J	1	2	4	
GRP								
1	16.8145833	0.0237266	0.0001	1	.	1.0000	0.0001	
2	16.8145833	0.0237266	0.0001	2	1.0000	.	0.0001	
4	17.3970833	0.0237266	0.0001	3	0.0001	0.0001	.	
FEU		Std Err <th>Pr &gt;  T </th> <th>Pr &gt;  T </th> <th>HO: LSMEAN(I)=LSMEAN(J)</th> <th colspan="3"></th>	Pr >  T	Pr >  T	HO: LSMEAN(I)=LSMEAN(J)			
	LSMEAN	LSMEAN	HO: LSMEAN=0	I/J	1	2	4	
GRP								
1	77.1841667	0.2504540	0.0001	1	.	1.0000	0.0001	
2	77.1841667	0.2504540	0.0001	2	1.0000	.	0.0001	
4	83.3766667	0.2504540	0.0001	3	0.0001	0.0001	.	

Eine Belastung der thermoregulatorischen Kapazität der Tiere erfolgt nicht nur durch hohe Temperaturen allein, sondern in ihrem Zusammenwirken mit hohen Luftfeuchten. Ein Großteil der Wärmeabgabe von Warmblütern erfolgt über Wasserabgabe durch Atmung und Evaporation (latente Wärmeabgabe). Sie ist in ihrer Höhe abhängig von der Luftfeuchte. Die sensible Wärmeabgabe (Konduktion, Konvektion und Radiation) hängt ab vom Temperaturgradienten zwischen Körperoberfläche und umgebender Luft bzw. raumumschließenden Bauteilen. Um den Einfluß der thermohygrischen Umgebungsbedingungen auf die Thermoregulation von erwachsenen Rindern beurteilen zu können, wurde von BOSEN (1959) und THOM (1959) sowie vom Livestock Conservation Institute (1970), zitiert in HAHN und MADER (1997), ein Thermo-Humidity-Index (THI) nach folgender Formel entwickelt:

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

wobei:  $t_L$  = Lufttemperatur (°C)  
 $rLF$  = relative Luftfeuchte in dezimaler Form

Der THI berücksichtigt die physiologische Kapazität der Thermoregulation der Rinder. Er bietet die Basis für den Livestock Weather Safety Index (LCI 1970), der die thermischen Umgebungsbedingungen für erwachsene Rinder in folgende Gefährdungsklassen einteilt:

$\leq$	74	= normal;
	75 - 78	= Grenze der thermoregulativen Kapazität erreicht;
	79 - 83	= Gefährdung der Tiere;
$\geq$	84	= akute Lebensgefahr.

In Tabelle 13 sind die mittleren THI dargestellt, die aus den Daten für Temperatur und Feuchte während des Transportes in den Ladedecks der LKW errechnet wurden. Dabei wurden die im Meßintervall von 2 Minuten erhobenen Daten zugrundegelegt. Der LCI - Grenzwert von 74 wird auch bei den Extremwerten in keinem Fall auch nur annähernd erreicht. Es wird hier deutlich, daß Maximalwerte nur bei Stillstand des Fahrzeuges erreicht werden.

**Tab. 13:** Thermo-Humidity-Indices (THI) aus Temperaturen und Luftfeuchten innerhalb der LKW 1 bis 3 während einzelner Transportphasen

THI		Tour 1	1h-Pause	Tour 2	24 h - Pause	Tour 3	1 h - Pause	Tour 4	Wartezeit vor Abladen
LKW 1	$\bar{x}$	62,26	64,60	58,98	64,31	59,77	66,33	62,91	65,00
	max	62,81	65,05	60,19	64,90	60,67	66,84	63,63	67,48
	min	61,98	64,38	58,37	64,02	59,32	66,07	62,56	63,76
LKW 2	$\bar{x}$	63,00	66,08	61,17	56,22	61,05	68,86	62,51	59,70
	max	63,72	66,23	62,44	57,41	62,09	69,60	63,56	61,82
	min	62,64	66,00	60,54	55,63	60,53	67,40	61,99	58,64
LKW 3	$\bar{x}$	60,63	63,51	60,76	62,85	60,06	60,09	60,12	58,26
	max	61,24	63,80	61,22	63,57	61,12	60,70	60,59	59,55
	min	60,33	62,93	60,54	62,50	59,53	59,79	59,89	57,61

Der höchste mittlere THI wird in Fahrzeug 1 erreicht (Tabelle 14), gefolgt von den Fahrzeugen 2 und 3. Die Unterschiede sind, obwohl gering, statistisch absicherbar. Sie sind jedoch eher ein Ausdruck für die Absolvierung von Fahrtabschnitten zu unterschiedlichen Tageszeiten (zeitversetztes Fahren) als für unterschiedliche Lüftungsbedingungen in den Fahrzeugen. Hinsichtlich der Lüftungsbedingungen in den Ladedecks zeigt sich auch hier, daß in unteren

**Tab. 14:** Signifikanz der Mittelwertunterschiede zwischen den Versuchsvarianten (LKW) sowie zwischen den Ladedecks im Fahrzeug beim THI

THI	LSMEAN	Std Err LSMEAN	Pr >  T  HO: LSMEAN=0	Pr >  T  i/j	HO: LSMEAN(i)=LSMEAN(j)	1	2	3
LKW	1	63.0333333	0.0355224	0.0001	1	.	0.0001	0.0001
	2	62.3083333	0.0355224	0.0001	2	0.0001	.	0.0001
	3	60.7750000	0.0355224	0.0001	3	0.0001	0.0001	.
THI	LSMEAN	Std Err LSMEAN	Pr >  T  HO: LSMEAN=0	Pr >  T  i/j	HO: LSMEAN(i)=LSMEAN(j)	1	2	4
GRP	1	61.6625000	0.0355224	0.0001	1	.	1.0000	0.0001
	2	61.6625000	0.0355224	0.0001	2	1.0000	.	0.0001
	4	62.7916667	0.0355224	0.0001	3	0.0001	0.0001	.

Ladedecks die thermische Belastung für die Tiere größer ist. Dies sollte bei der Entwicklung von Lüftungseinrichtungen in Tiertransportfahrzeugen berücksichtigt werden.

**Tab. 15: Korrelation zwischen relativem Gewichtsverlust der Rinder (% vom Anfangsgewicht) und Klimafaktoren während des Transportes**

Transportabschnitt	Kennzahl	Temperatur	Feuchte	THI
Tour 1	r	-0,153	-0,306	-0,335
	p	0,373	0,069	0,045
	Anzahl	36	36	36
1 h – Pause	r	0,044	-0,406	-0,036
	p	0,797	0,014	0,833
	Anzahl	36	36	36
Tour 2	r	-0,024	-0,452	-0,058
	p	0,891	0,005	0,735
	Anzahl	36	36	36
24 h – Pause	r	-0,176	-0,243	-0,192
	p	0,305	0,153	0,262
	Anzahl	36	36	36
Tour 3	r	-0,283	-0,193	-0,313
	p	0,094	0,261	0,063
	Anzahl	36	36	36
1 h – Pause	r	-0,085	-0,211	-0,129
	p	0,624	0,217	0,455
	Anzahl	36	36	36
Tour 4	r	-0,385	-0,175	-0,406
	p	0,021	0,308	0,014
	Anzahl	36	36	36
Wartezeit vor Abladen	r	-0,453	-0,441	-0,454
	p	0,005	0,007	0,005
	Anzahl	36	36	36

In Tabelle 15 ist die Beziehung zwischen dem relativen Gewichtsverlust der Rinder und den klimatischen Bedingungen während des Transportes dargestellt. Während in der ersten Hälfte des Transportes der Einfluß der Temperatur überwiegt, steigt im zweiten Transportabschnitt (Tour 3 bis Abladen) die Bedeutung von Luftfeuchte und THI. Die Beziehungen sind überwiegend negativ, was eine Reduzierung des Gewichtsverlustes bei steigender Temperatur und Luftfeuchte sowie steigendem THI anzeigt. Dies ist bei erhöhter Luftfeuchte zu erwarten (Verminderung der latenten Wärmeabgabe), nicht jedoch bei steigender Temperatur und Anstieg des THI, da hier die Futtermittelaufnahme sinkt und die Wasserabgabe zur Thermoregulation erhöht wird. Eine Erklärungsmöglichkeit wäre hier eine kompensatorische Wasseraufnahme durch die Tiere, die vornehmlich in der zweiten Phase des Transportes einer höheren thermischen Belastung ausgesetzt sind (unteres Ladendeck).

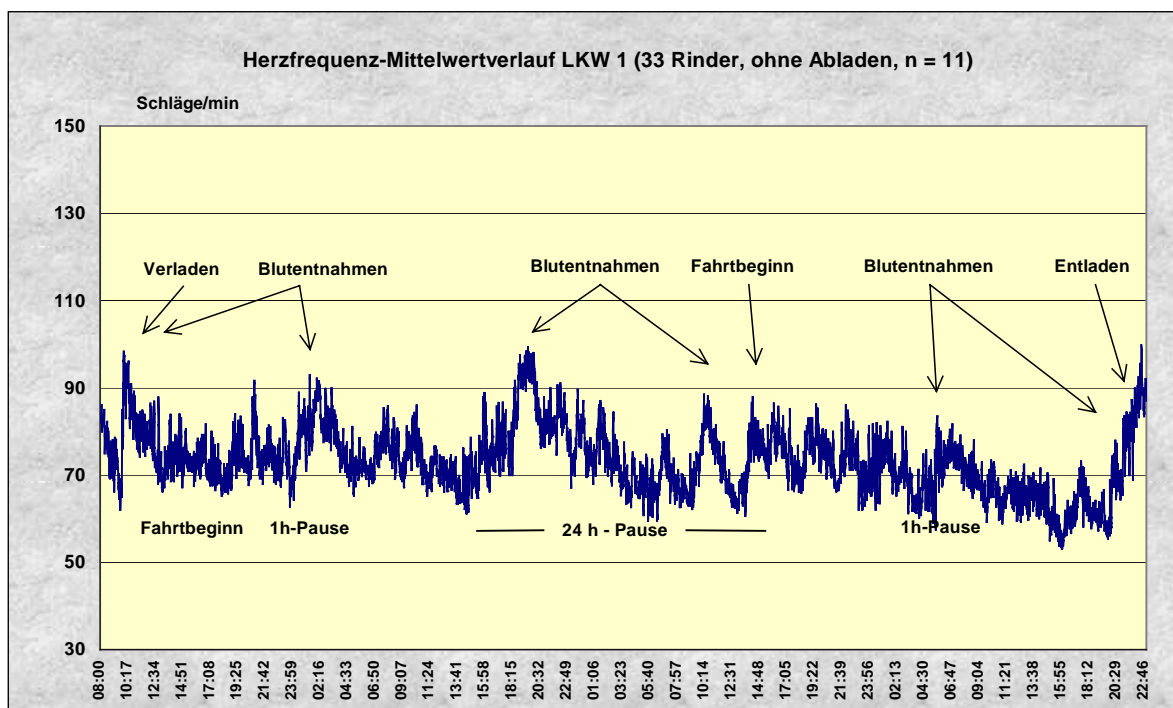
In einer multiplen Regressionsanalyse der Klimadaten und des relativen Gewichtsverlustes erwiesen sich der Mittelwert der THI und die Luftfeuchte in der ersten Versorgungspause als einzige signifikant wirkende Größen. Mit ihnen ließen sich etwa 30 % des relativen Gewichtsverlustes der Tiere nach folgender Regressionsgleichung erklären:

$$Y = 74,939 - 0,1479 (\text{rLF in erster Versorgungspause}) - 0,9443 (\bar{x} \text{ THI})$$

### 3.3 Herzfrequenz

Die während des Transportes und der Ruhepausen kontinuierlich durchgeführten Herzfrequenzmessungen an den Rindern wurden in folgende 13 Transportabschnitte eingeteilt:

Abschnitt 1	Stall vor Verladung (etwa 10 bis 30 Minuten)
Abschnitt 2	Aufladen (Meßdauer etwa 30 Minuten)
Abschnitt 3	Tour 1 (14 Stunden)
Abschnitt 4	1. Versorgungspause (1 Stunde)
Abschnitt 5	Tour 2 (14 Stunden)
Abschnitt 6	Abladen 30 Minuten, nur Fahrzeug 2)
Abschnitt 7	24stündige Ruhepause)
Abschnitt 8	Aufladen (30 Minuten, nur Fahrzeug 2)
Abschnitt 9	Tour 3 (14 Stunden)
Abschnitt 10	2. Versorgungspause (1 Stunde)
Abschnitt 11	Tour 4 (14 Stunden)
Abschnitt 12	Abladen (30 Minuten)
Abschnitt 13	Stall (bis zu 2 Stunden)



**Abb. 2: Herzfrequenzverlauf von Rindern während des Transportes in LKW 1**

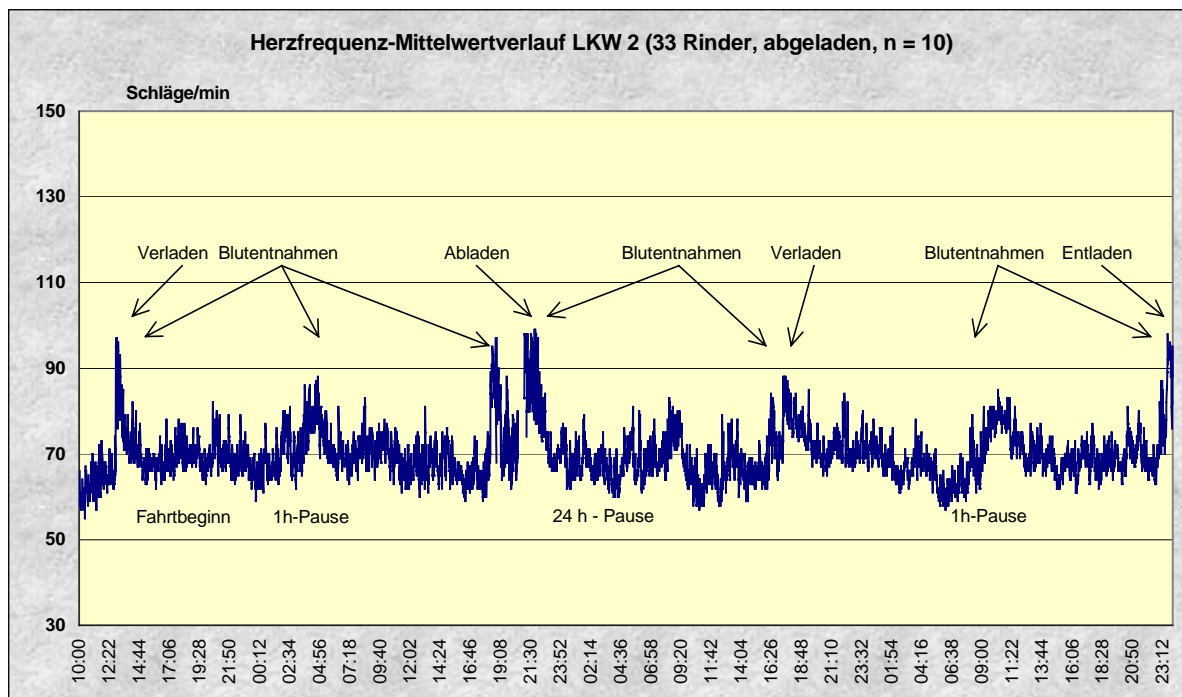
In Abbildung 2 ist der mittlere Herzfrequenzverlauf von 11 Rindern während des Transportes in LKW 1 (33 Tiere, während der Ruhepause nicht entladen) dargestellt. Die hohen Herzfrequenzen zu Beginn der 24 h - Pause sind zum Teil auf eine Neukatheterisierung der Tiere zurückzuführen. Sie erfolgte auch auf den beiden anderen Fahrzeugen, wie den Abbildungen 3 und 4 zu entnehmen ist. Es fallen jedoch die Blutentnahmen zeitlich mit den Fütterungen zusammen, durch die eine Aktivitätszunahme und somit auch eine Erhöhung der Herzfrequenz stattfindet. Die größten Steigerungen der Herzfrequenz sind daneben durch den Vorgang des Auf- und Abladens zu verzeichnen. Während des Transportes bewegen sich die Herzfrequenzen im Mittel um 72 bis 75 Schläge pro Minute, wobei sie während der 4. Tour auf im Mittel

66 Schlägen pro Minute absinkt. Sie liegt in diesem Transportabschnitt damit unter der mittleren Herzfrequenz, die während der 24 – stündigen Ruhepause im Fahrzeug erreicht wird. In der Ruhephase sinkt die Herzfrequenz erst zu Beginn des letzten Drittels auf Ruhewerte von unter 70 Schlägen in der Minute. Es ist zu vermuten, daß ein Ausruhen für die Tiere bei einer für den Transport vorgesehenen Ladedichte nur erschwert möglich ist.

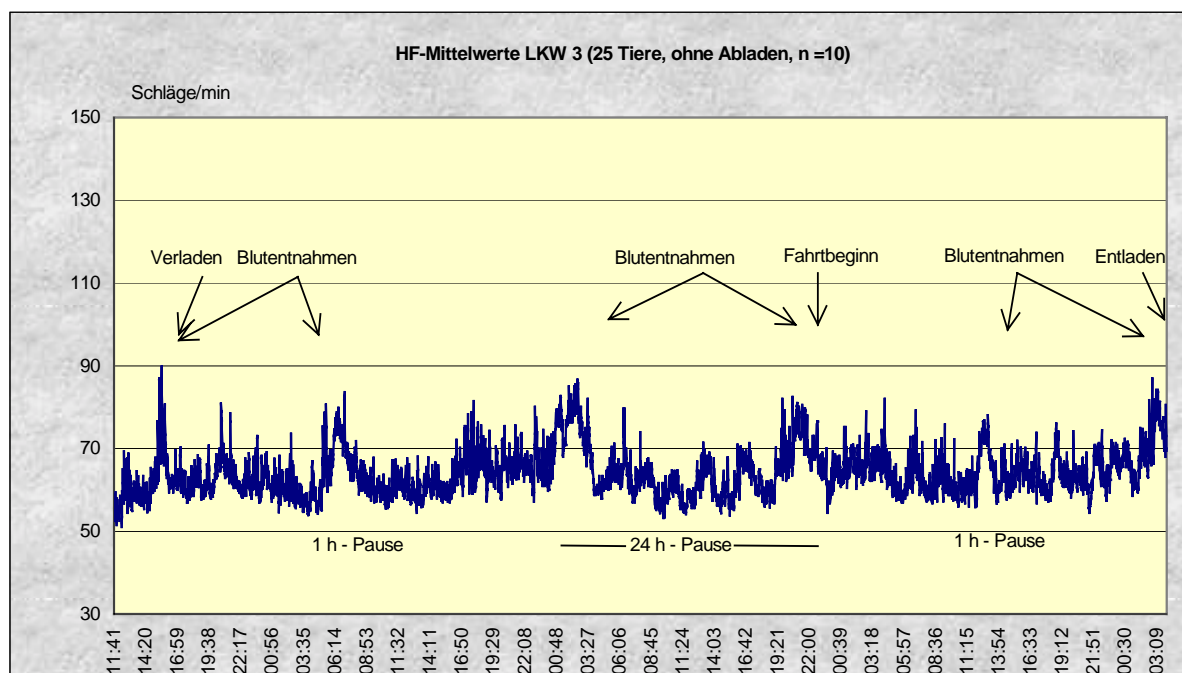
**Tab. 16: Mittlere Herzfrequenzen von Einzeltieren auf LKW 1 während einzelner Transportabschnitte (Schläge/min)**

LKW 1	Gruppe 1 (oben)				Gruppe 2 (oben)				Gruppe 4 (unten)			$\bar{X}$	
	Rind 1	Rind 2	Rind 3	Rind 28	Rind 4	Rind 5	Rind 6	Rind 29	Rind 7	Rind 9	Rind 30		
Stall (10 - 30')	55,8	66,0	84,7	81,3	78,3	80,2	72,6	50,2	54,3	63,2	74,5	69,2	
Aufladen (30')	92,4	92,2	91,3	94,5	96,1	96,4	87,5	82,7	95,4	81,3	97,3	91,5	
Tour 1 (14 h)	77,4	69,4	85,8	81,2	76,9	79,3	70,7	57,4	74,0	62,6	75,2	73,6	
Pause (1 h)	87,8	74,5	92,4	89,2	81,2	86,3	77,5	62,3		74,1	90,2	81,5	
Tour 2 (14 h)	68,8	69,3	86,7		74,3	81,6	73,3	64,1		61,2	79,0	73,1	
Pause (24 h)	71,2	66,9	79,3	85,2	88,2	80,6	78,1	69,4		66,2	74,4	75,9	
Aufladen (30')	63,0	73,6	69,7		85,6	90,6	81,4	75,4	74,2	70,9		76,1	
Tour 3 (14 h)	60,7	64,6			92,3	79,3	75,4			64,8		72,9	
Pause (14 h)	62,9	77,4			82,2	78,5	78,9	58,0		65,0	75,1	72,1	
Tour 4 (14 h)	64,0	67,2		62,1	76,9	75,2	72,4	50,9		62,7	61,2	65,8	
Abladen (30')	82,4	84,6		84,6	93,5	89,4	84,9	68,2		87,2	95,5	85,6	
Stall (2 h)	80,0	79,2		79,8		89,9	87,4	61,9		77,3	84,6	80,0	
$\bar{X}$				76,9				77,7				74,7	76,7

Die mittlere Herzfrequenz aller Tiere in LKW 1 beträgt über alle Transportabschnitte 76,7 Schläge pro Minute (Tabelle 16). Es zeigen sich hier geringe Unterschiede in Abhängigkeit vom Standort der Rinder im Fahrzeug, da im unteren hinteren Ladedeck die geringste mittlere Herzfrequenz erreicht wird. Hier waren allerdings zahlreiche Ausfälle der Meßgeräte zu beklagen, so daß die Daten wenig balanciert vorliegen.



**Abb. 3:** Herzfrequenzverlauf von Rindern während des Transportes in LKW 2



**Abb. 4:** Herzfrequenzverlauf von Rindern während des Transportes in LKW 3

Bei den Rindern im LKW 2 (Abbildung 3) verdeutlichen sich die Belastungen durch die Auf- und Abladevorgänge sowohl zu Beginn und Ende des Transportes als auch während der 24stündigen Fahrtunterbrechung durch große Steigerungen der mittleren Herzfrequenz auf über 95 Schläge pro Minute. Von diesen Belastungen erholen sich die Tiere während des jeweils anschließenden Fahrtabschnittes über 14 Stunden, ohne jedoch Ruhewerte zu erreichen. Die

gezeigten Herzfrequenzsteigerungen sind allerdings nicht nur mit Belastungen verbunden, wie die zweite 1h-Pause zeigt. Hier erfolgte die Erhöhung hauptsächlich durch vermehrte Aktivität der Tiere während der Futteraufnahme. Insgesamt erscheint der Herzfrequenzverlauf der Tiere in LKW 2 jedoch ruhiger als der der Tiere in LKW 1.

**Tab. 17:** Mittlere Herzfrequenzen von Einzeltieren auf LKW 2 während einzelner Transportabschnitte (Schläge/min)

LKW 2	Gruppe 1 (oben)				Gruppe 2 (oben)				Gruppe 4 (unten)		$\bar{X}$
	Rind 10	Rind 11	Rind 12	Rind 31	Rind 14	Rind 15	Rind 16	Rind 32	Rind 18	Rind 33	
Stall (30')	64,6	66,7	56,6	64,9	54,0	63,0	60,2	83,4		58,8	63,6
Aufladen (30')	93,2	89,5	85,2	79,7	78,2	88,1	104,7	101,1		89,3	89,9
Tour 1 (14 h)	64,5	70,8	64,8	66,2	61,4	72,0	72,8	89,2	66,3	63,0	69,1
Pause (1 h)	76,9	70,7	70,9	75,6	68,1	78,7	78,5	103,3	90,2	71,7	78,4
Tour 2 (14 h)	66,3	69,8	65,8	68,6	61,4	65,4	68,8	86,4	72,6	65,7	69,1
Abladen (30')	102,8		82,6	86,1	92,6	82,3		102,8	70,6		88,5
Pause (24 h Stall)	72,5	69,5	65,4	68,3	62,1	62,9	72,0	80,6	68,0	65,0	68,7
Aufladen (30')	97,7	84,4	74,3	81,6		92,6	79,9	79,1	82,8	81,9	83,8
Tour 3 (14 h)	76,1		67,8	69,6		66,1		72,7	71,5	59,7	69,1
Pause (1h)	78,8		68,6	82,6	74,6	73,8	76,4	94,2	71,6	64,9	76,2
Tour 4 (14 h)	74,9	78,4	65,1	68,7	68,9	69,1	65,4	82,7	71,1	57,8	70,2
Abladen (30')	93,1	95,1	82,3	99,6	101,4	99,9	92,3	106,7	97,6	73,8	94,2
Stall (2 h)	85,2	67,8	76,9	89,8	75,9	75,2	71,6	87,5	78,7	72,9	78,2
$\bar{X}$	76,3				79,2				72,4		76,7

Aus Tabelle 17 wird deutlich, daß auch in dieser Versuchsvariante, abgesehen von den Verladevorgängen, die höchsten Herzfrequenzen während des Stillstandes des Fahrzeuges erreicht werden (Fütterungen und Blutentnahmen). Während der Fahrten liegen die Herzfrequenzen durchweg unter 70 Schlägen pro Minute. Dennoch beträgt die über alles gemittelte Herzfrequenz in diesem Fahrzeug wie auch in LKW 1 76,7 Schläge in der Minute. Die Unterschiede je nach Standort der Tiere im Fahrzeug sind hier jedoch deutlicher.

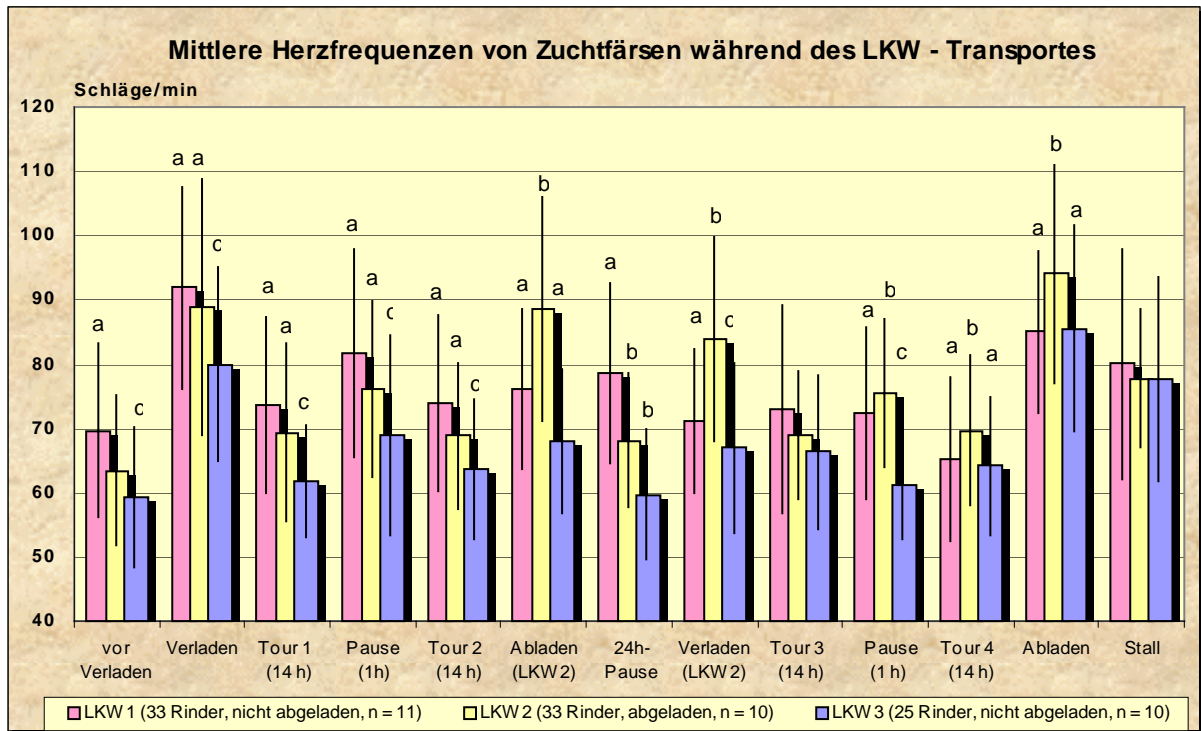
Die Tiere auf LKW 3 (Abbildung 4) zeigen während des Transportes einen vergleichsweise ruhigen Herzfrequenzverlauf. Der Grenzwert von 80 Schlägen pro Minute wird hier nur während des Be- und Entladens zu Beginn und Ende des Transportes und während der Katheterisierung zur Blutentnahme überschritten. Während der Transporte bleibt er unter 70 Schlägen pro Minute.

**Tab. 18:** Mittlere Herzfrequenzen von Einzeltieren auf LKW 3 während einzelner Transportabschnitte (Schläge/min)

LKW 3	Gruppe 1 (oben)				Gruppe 2 (oben)				Gruppe 4 (unten)			$\bar{X}$
	Rind 19	Rind 20	Rind 21	Rind 34	Rind 22	Rind 23	Rind 24	Rind 35	Rind 26	Rind 27	Rind 36	
Stall (30')	59,5	54,8	76,0	65,7	48,4	55,2	62,6	50,5	59,5	59,4	62,1	59,4
Aufladen (30')	81,0	67,4	95,8	79,0	66,1	87,3	78,2	73,0	80,0	91,3	79,9	79,9
Tour 1 (14 h)	63,5	56,9	62,5	67,3	49,8	63,0	63,6	57,1	65,0	70,4		61,9
Pause (1 h)	66,4	64,1	80,1	78,2	52,3	68,4	65,2	65,0	75,8	75,3	62,9	68,5
Tour 2 (14 h)	70,0	59,2	60,2	71,8	49,9	61,5	60,8	57,7	69,7	71,4		63,2
Abladen (30')	81,6		59,7	79,7	50,2	63,4	67,6	64,3	70,4	75,3		68,0
Pause (24 h)	71,3	75,4	74,3	71,5	55,0	63,9	61,7	58,0	68,5	67,3	56,5	65,8
Aufladen (30')	75,3	62,8	75,9	69,3	61,3	61,9	63,3	58,9	72,5	77,3	58,3	67,0
Tour 3 (14 h)	69,3		80,1		62,9	63,6	61,6	60,9	69,4	67,3	63,1	66,5
Pause (1 h)	58,9		78,9		59,6	56,2	56,4	60,8	69,1	60,9	59,0	62,2
Tour 4 (14 h)	71,5	65,0	90,3	74,6	56,5	62,0	58,8	62,6	68,3	62,7	57,1	66,3
Abladen (30')	88,2	89,6	95,6	103,5	72,3		78,1	86,7	76,7	83,2	73,7	84,8
Stall (2 h)	77,2	84,2	86,1	97,4			65,3	86,7	64,2	71,8	67,4	77,8
$\bar{X}$	74,2				62,8				69,0			68,5

Die auf die Versuchsvariante bezogene mittlere Herzfrequenz bleibt mit 68,5 Schlägen pro Minute deutlich unter den Werten aus den Fahrzeugen 1 und 2 (Tabelle 18). Der Mittelwert von 80 Schlägen pro Minute wird nur während des Abladens überschritten. In diesem Fahrzeug werden die geringsten Herzfrequenzen im oberen Ladedeck, hintere Abteilung, gemessen. Der Unterschied zur vorderen Abteilung beträgt hier mehr als 11 Schläge in der Minute.





**Abb. 5: Vergleich der mittleren Herzfrequenzen von Rindern während einzelner Transportphasen mit drei Transportvarianten. Signifikanz der Mittelwertsunterschiede siehe Tabellen 19 - 21**

In Abbildung 5 sind die Mittelwerte der Herzfrequenzen der Rinder in den einzelnen Transportabschnitten im Vergleich der Versuchsvarianten dargestellt. Signifikante Unterschiede sind durch verschiedene Buchstaben gekennzeichnet (Signifikanzniveau in den Tabellen 19 bis 21), sie finden sich in nahezu allen Transportabschnitten (ausser Tour 3 und im Stall nach dem Abladen). Die Rinder der Transportvariante LKW 1 (33 Tiere, Ausruhen im Fahrzeug) zeigen häufig die höchste Herzfrequenz. Diese Unterschiede bestehen jedoch schon vor der Verladung der Tiere in die Fahrzeuge. Deutlich sind die Unterschiede beim Abladen und erneuten Beladen der Fahrzeuge während der 24 – stündigen Ruhepause. Die Tiere der Varianten 1 und 3 blieben hier in den Fahrzeugen. Während der Fahrten liegen die Herzfrequenzen immer im physiologischen Bereich von unter 80 Schlägen pro Minute. Dies deckt sich mit den Beobachtungen, daß der überwiegende Teil der Tiere sich bereits nach kurzer Fahrzeit (etwa 4 bis 6 Stunden nach Fahrtantritt), insbesondere bei ruhiger Fahrweise auf der Autobahn, hinlegen und ruhen.

**Tab. 19: Signifikanz der Herzfrequenz-Mittelwertunterschiede in den Transportphasen 1 bis 13 beim Vergleich der Varianten LKW 1 (vertikal) / LKW 2 (horizontal)**

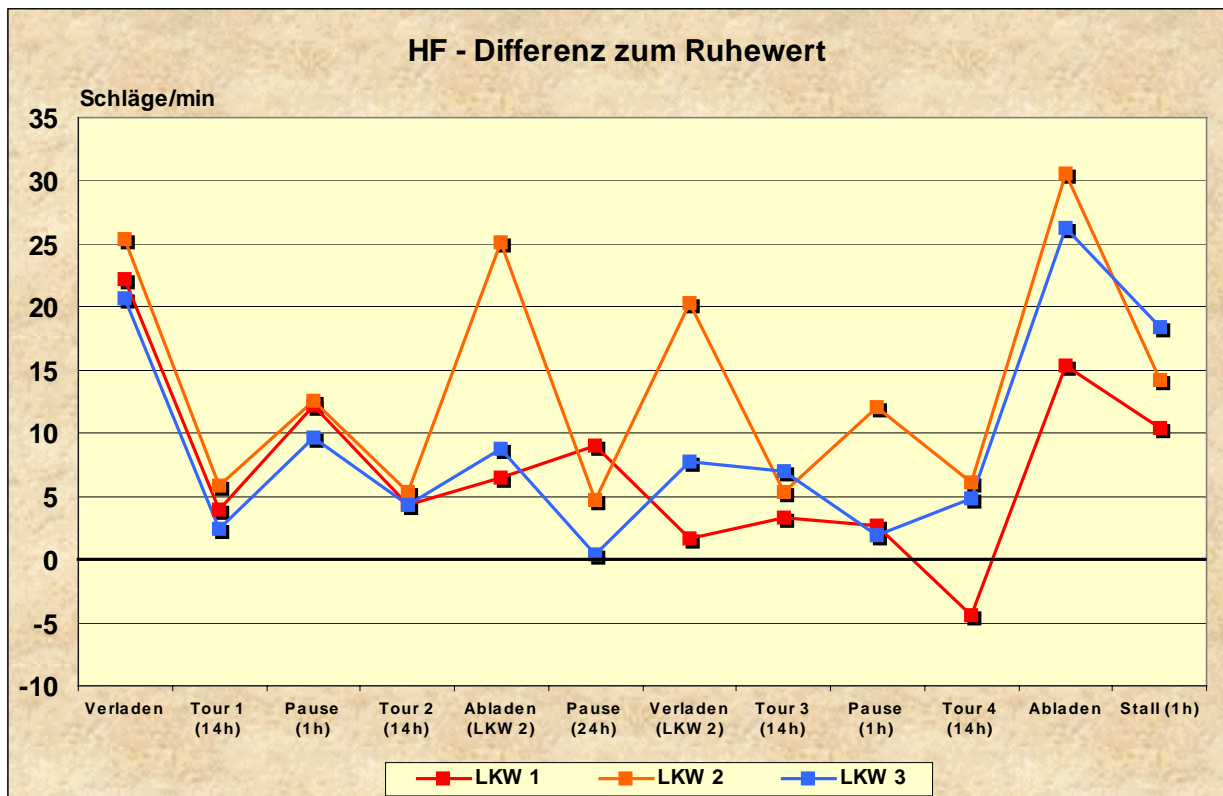
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0.1400	0.0001	0.0021	0.0001	0.0057	0.0839	0.0001	0.0002	0.0251	0.0750	0.0058	0.0001	0.0001
2	0.0001	0.9115	0.0001	0.0003	0.0001	0.0020	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0018	0.0001
3	0.5583	0.0001	0.2676	0.0001	0.3685	0.4687	0.0412	0.0602	0.6332	0.9480	0.3771	0.0001	0.0181
4	0.0001	0.0001	0.0186	0.5711	0.0194	0.3424	0.2511	0.1764	0.0113	0.0015	0.0174	0.3146	0.6987
5	0.5585	0.0001	0.2687	0.0001	0.3683	0.4688	0.0412	0.0605	0.6334	0.9479	0.3771	0.0001	0.0181
6	0.0001	0.2164	0.0001	0.0432	0.0001	0.0310	0.0006	0.0003	0.0001	0.0001	0.0001	0.1134	0.0125
7	0.7118	0.0001	0.1862	0.0001	0.2708	0.4074	0.0242	0.0376	0.5058	0.8966	0.2771	0.0001	0.0113
8	0.0001	0.0172	0.0001	0.2109	0.0001	0.0637	0.0049	0.0026	0.0001	0.0001	0.0001	0.4353	0.0614
9	0.7725	0.0001	0.2177	0.0002	0.2967	0.4073	0.0370	0.0532	0.5162	0.8740	0.3034	0.0001	0.0164
10	0.0022	0.0001	0.1519	0.1647	0.1394	0.6052	0.7482	0.6091	0.0835	0.0196	0.1307	0.0722	0.7515
11	0.3349	0.0001	0.4666	0.0004	0.5858	0.5880	0.0898	0.1266	0.8833	0.6831	0.5988	0.0001	0.0389
12	0.0001	0.1893	0.0001	0.0001	0.0001	0.0003	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
13	0.0002	0.0001	0.0373	0.4070	0.0371	0.4140	0.3701	0.2722	0.0217	0.0034	0.0337	0.2068	0.8646

**Tab. 20: Signifikanz der Herzfrequenz-Mittelwertunterschiede in den Transportphasen 1 bis 13 beim Vergleich der Varianten LKW 1 (vertikal) / LKW 3 (horizontal)**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0.0011	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0108	0.0001	0.0001	0.0002	0.0007	0.0001	0.0001	0.0001
2	0.0001	0.0001	0.0036	0.9339	0.0044	0.2316	0.1024	0.0644	0.0027	0.0002	0.0038	0.5856	0.4271
3	0.0182	0.0001	0.0001	0.0001	0.0003	0.0313	0.0001	0.0001	0.0025	0.0097	0.0003	0.0001	0.0001
4	0.7696	0.0001	0.1510	0.0001	0.2295	0.3824	0.0185	0.0282	0.4535	0.8349	0.2351	0.0001	0.0085
5	0.0693	0.0001	0.0006	0.0001	0.0016	0.0589	0.0001	0.0001	0.0107	0.0358	0.0019	0.0001	0.0001
6	0.6662	0.0001	0.0417	0.0001	0.0737	0.2433	0.0042	0.0067	0.1843	0.4023	0.0755	0.0001	0.0021
7	0.4022	0.0001	0.0106	0.0001	0.0245	0.1593	0.0006	0.0013	0.0846	0.2210	0.0249	0.0001	0.0005
78	0.7160	0.0001	0.0368	0.0001	0.0704	0.2367	0.0032	0.0049	0.1885	0.4250	0.0719	0.0001	0.0017
9	0.7928	0.0001	0.0587	0.0001	0.0998	0.2597	0.0062	0.0097	0.2309	0.4910	0.1021	0.0001	0.0030
10	0.0740	0.0001	0.0007	0.0001	0.0022	0.0601	0.0001	0.0001	0.0117	0.0360	0.0022	0.0001	0.0001
11	0.5725	0.0001	0.0223	0.0001	0.0459	0.2009	0.0018	0.0029	0.1364	0.3278	0.0456	0.0001	0.0010
12	0.0001	0.0175	0.0001	0.1706	0.0001	0.0562	0.0030	0.0014	0.0001	0.0001	0.0001	0.3780	0.0487
13	0.0036	0.0001	0.1959	0.1330	0.1775	0.6514	0.8419	0.6985	0.1080	0.0276	0.1680	0.0569	0.6769

**Tab. 21: Signifikanz der Herzfrequenz-Mittelwertunterschiede in den Transportphasen 1 bis 13 beim Vergleich der Varianten LKW 3 (vertikal) / LKW 2 (horizontal)**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0.1032	0.0001	0.0002	0.0001	0.0002	0.0001	0.0004	0.0001	0.0017	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
2	0.0001	0.0001	0.0001	0.6170	0.0001	0.0318	0.0001	0.1697	0.0002	0.1758	0.0004	0.0001	0.4391
3	0.4068	0.0001	0.0039	0.0001	0.0041	0.0001	0.0076	0.0001	0.0174	0.0001	0.0012	0.0001	0.0001
4	0.0812	0.0001	0.7646	0.0002	0.7646	0.0001	0.9338	0.0001	0.9749	0.0053	0.4970	0.0001	0.0005
5	0.7575	0.0001	0.0191	0.0001	0.0187	0.0001	0.0327	0.0001	0.0580	0.0001	0.0069	0.0001	0.0001
6	0.3338	0.0001	0.3316	0.0001	0.3316	0.0001	0.4419	0.0001	0.5091	0.0011	0.1854	0.0001	0.0001
7	0.4975	0.0001	0.1601	0.0001	0.1601	0.0001	0.2335	0.0001	0.3043	0.0001	0.0748	0.0001	0.0001
8	0.2600	0.0001	0.3462	0.0001	0.3462	0.0001	0.4679	0.0001	0.5418	0.0007	0.1867	0.0001	0.0001
9	0.2517	0.0001	0.4167	0.0001	0.4167	0.0001	0.5434	0.0001	0.6124	0.0016	0.2418	0.0001	0.0002
10	0.7590	0.0001	0.0213	0.0001	0.0213	0.0001	0.0357	0.0001	0.0616	0.0001	0.0079	0.0001	0.0001
11	0.3488	0.0001	0.2551	0.0001	0.2551	0.0001	0.3564	0.0001	0.4313	0.0003	0.1288	0.0001	0.0001
12	0.0001	0.0183	0.0001	0.0507	0.0001	0.4063	0.0001	0.9360	0.0001	0.0061	0.0001	0.0003	0.0265
13	0.0001	0.0001	0.0210	0.3323	0.0210	0.0009	0.0121	0.0072	0.0201	0.9019	0.0508	0.0001	0.4752



**Abb. 6: Differenzen der mittleren Herzfrequenz in den einzelnen Fahrtabschnitten zum Ruhewert vor der Verladung ins Fahrzeug**

In Abbildung 6 sind nach Versuchsvariante unterteilt die Abweichungen der mittleren Herzfrequenz in den Transportabschnitten vom Ruhewert vor der Verladung dargestellt. Es muß hier betont werden, daß die Herzfrequenz vor der Verladung keinen echten Ruhewert darstellt, da im Stall zahlreiche Aktivitäten durch das Versuchspersonal vorhanden waren. Dies wird insbesondere durch den Abfall der Herzfrequenz der Tiere in Fahrzeug 1 während der 4. Tour deutlich, in der die mittlere Herzfrequenz um etwa 5 Schläge pro Minute gegenüber dem Ruhewert verringert bleibt. Aus dieser Abbildung wird deutlich, daß eine Gewöhnung der Tiere an die Vorgänge des Be- und Entladens nicht erfolgt, sondern im Gegenteil die Belastung im Verlauf des Transportes weiter zunimmt.

**Tab. 22: Varianzanalytische Berechnung der Herzfrequenz**

General Linear Model Procedure						
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F	
TIER(LKW*GRP*BE)	26	12360.86331124	475.41781966	12.83	0.0001	
BE	1	8.04487066	8.04487066	0.22	0.6718	
LKW	2	5000.25518173	2500.12759087	67.50	0.0001	
GRP	2	780.57047926	390.28523963	10.54	0.0001	
NR	12	17525.78047296	1460.48170608	39.43	0.0001	
LKW*NR	24	3085.79636178	128.57484841	3.47	0.0001	
GRP*NR	24	1195.78710727	49.82446280	1.35	0.1342	

In Tabelle 22 sind die Signifikanzen der Einflüsse fixer und zufälliger Effekte auf die Herzfrequenz der Rinder während des Transportes dargestellt. Der zufällige Effekt „Tier“ (da sowohl in LKW, Gruppe und auch bei der Blutentnahme nur einmal vorkommend, in diesen Effekten „genestet“: TIER(LKW\*GRP\*BE) zeigt einen hochsignifikanten Einfluß auf die Herzfrequenz. Dies weist auf individuelle Reaktionsunterschiede auf Belastungen während des Transportes hin. Der Vorgang der Blutentnahme (BE) zeigt im Vergleich mit Tieren, bei denen eine Blutentnahme nicht erfolgte, keinen signifikanten Einfluß auf die Herzfrequenz. Die Versuchsvariante (LKW) beeinflusst ebenso wie der Standort im Fahrzeug (GRP) und der Transportabschnitt (NR) in absicherbarer Weise die Herzfrequenz der Tiere. Sie zeigen von der Versuchsvariante abhängig eine unterschiedliche Reaktion auf den Transportabschnitt (Interaktion LKW\*NR). Diese Reaktionsunterschiede werden jedoch nicht vom Standort im Fahrzeug beeinflusst (Interaktion GRP\*NR).

**Tab. 23: Signifikanz der Einflussfaktoren Versuchsvariante und Standort im Fahrzeug auf die Herzfrequenz von Rindern während des Transportes**

General Linear Model Procedure							
LKW	HF LSMEAN	Std Err LSMEAN	Pr >  T  HO: LSMEAN=0	Pr >  T  HO: LSMEAN(i)=LSMEAN(j)			
				I/J	1	2	3
1	75.5958425	0.7829624	0.0001	1 .	0.1016	0.0001	
2	77.2484226	0.6099950	0.0001	2 0.1016 .	0.0001		
3	68.6286533	0.6066574	0.0001	3 0.0001 0.0001 .			
GRP	HF LSMEAN	Std Err LSMEAN	Pr >  T  HO: LSMEAN=0	Pr >  T  HO: LSMEAN(i)=LSMEAN(j)			
				I/J	1	2	4
1	76.7626002	0.6562647	0.0001	1 .	0.0001	0.0001	
2	72.9311366	0.6183757	0.0001	2 0.0001 .	0.2265		
4	71.7791816	0.7065721	0.0001	4 0.0001 0.2265 .			

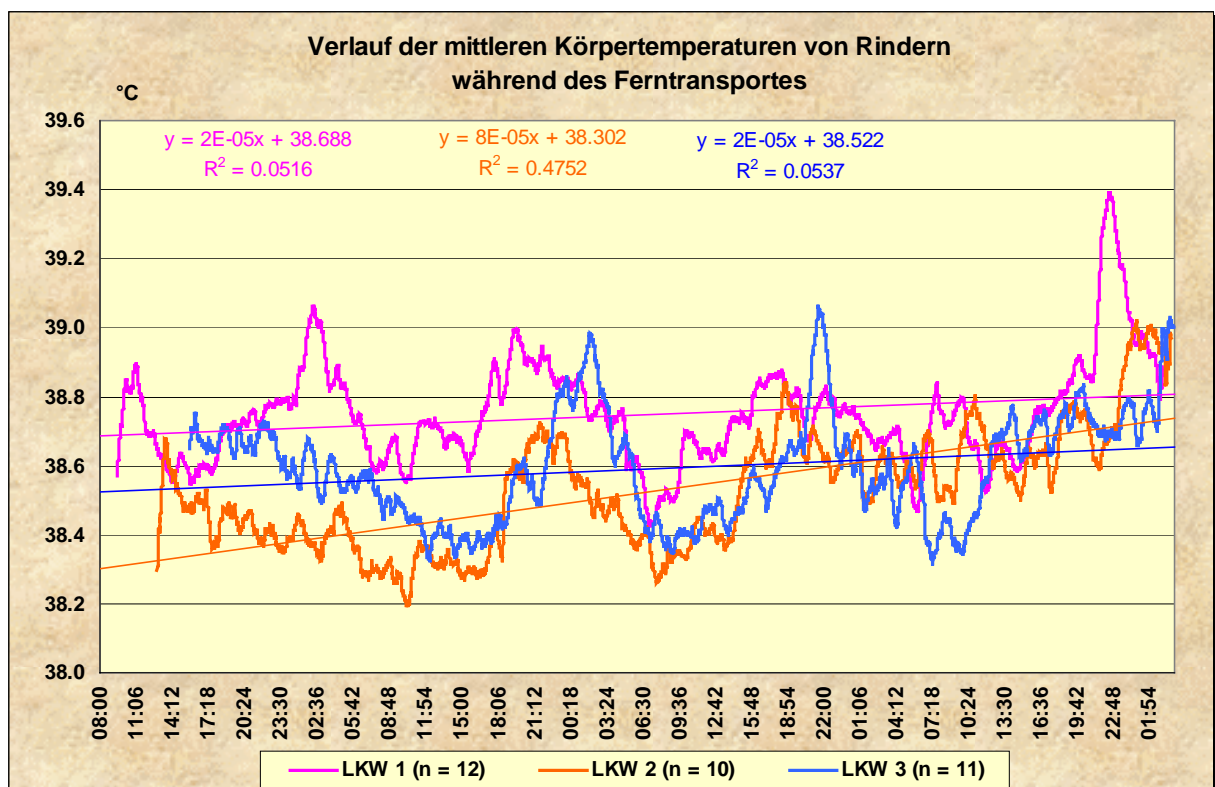
Bei der varianzanalytischen Berechnung zeigen die Tiere in LKW 3 die niedrigsten Herzfrequenzen, wodurch sich diese Variante signifikant von den Varianten 1 und 2 unterscheidet

(Tabelle 23). Hierdurch wird verdeutlicht, daß aus der Sicht einer Kreislaufbelastung der Tiere ein Ausruhen im Fahrzeug unter Beachtung geeigneter Umstände wie einer Reduzierung der Belegdichte nicht nur möglich erscheint, sondern die geeignetste Form der Gestaltung der Ruhepause während des Transportes darstellt. Im Gegensatz dazu werden die im Mittel höchsten Herzfrequenzen von den Tieren gezeigt, die während der Ruhepause entladen werden. Trotz optimaler Verhältnisse im Ruhestall scheint ein Abladen der Tiere für die Ruhepause, abgesehen von der erhöhten Verletzungsgefahr, insgesamt keine Vorteile für Wohlbefinden und Gesundheit der Tiere zu bringen. Legt man die Herzfrequenz zugrunde, bestehen zwischen dem Ausruhen der Tiere im Fahrzeug bei gleicher Belegdichte und den abgeladenen Tieren keine Unterschiede.

### 3.4. Körpertemperatur

Für die Messung der Körpertemperatur wurde der Transport in die gleichen Abschnitte eingeteilt wie bei den Erhebungen zur Herzfrequenz. Die Logger wurden etwa 3 Stunden vor Verladungsbeginn eingelegt.

Die Abbildung 7 gibt einen Überblick über den Verlauf der vaginal erhobenen Körpertemperaturen der transportierten Rinder in den zeitversetzt untersuchten Varianten LKW 1, LKW 2 und LKW 3. Aufgrund der Zeitversetzung sind hier die Transportabschnitte nicht darstellbar. In die Abbildung eingefügt sind die Regressionsgeraden mit Formel und Bestimmtheitsmaß. Hier wird deutlich, daß in LKW 1 die höchsten Körpertemperaturen erreicht werden, die im Verlauf des Transportes leicht weiter ansteigen. Nahezu parallel verlaufen die Temperaturen der Tiere in Fahrzeug 3, allerdings um etwa 0,15 °C niedriger. Zu Beginn des Transportes zeigen die Rinder in Fahrzeug 2 die niedrigsten Körpertemperaturen, sie steigen allerdings vor allem im Verlauf der zweiten Hälfte des Transportes deutlich an, so daß die Regressionsgerade eine größere Steigung aufweist.



**Abb. 7:** Verlauf der mittleren Körpertemperatur von Rindern während des zeitversetzten Ferntransportes auf 3 LKW

In der Tabelle 24 sind die mittleren Körpertemperaturen der Rinder in Fahrzeug 1 in den einzelnen Transportabschnitten dargestellt. Durch das Verladen ins Fahrzeug steigt die Temperatur der Tiere um im Mittel etwa 0,2 °C an und bleibt während des Transportes auf einem leicht erhöhten Niveau. Ein zweiter „Temperatursprung“ wird durch das Abladen nach dem Transport verursacht, wobei sich die Vaginaltemperatur um 0,3 bis 0,4 °C erhöht. Sie bleibt auch im Stall über einen Zeitraum von 5 Stunden erhöht, bedingt durch Aktivitäten des Un-

**Tabelle 24: Mittlere Körpertemperaturen von Rindern in LKW 1 in einzelnen Transportabschnitten**

LKW 1	Gruppe 1 (oben)				Gruppe 2 (oben)				Gruppe 4 (unten)				$\bar{X}$
	Rind 1	Rind 2	Rind 3	Rind 28	Rind 4	Rind 5	Rind 6	Rind 29	Rind 7	Rind 8	Rind 9	Rind 30	
Stall (2 h)	38,7	38,4	39,5	38,7	38,5	38,3	38,4	38,9	38,3	38,6	38,2	38,6	38,6
Aufladen (1 h)	38,8	38,5	40,3	38,8	38,5	38,5	38,6	39,1	38,5	39,0	38,6	38,7	38,8
Tour 1 (14 h)	38,5	38,4	39,6	38,5	39,1	38,4	38,3	38,8	38,6	38,9	38,5	38,6	38,7
Pause (1h)	38,8	38,5	39,8	38,7	40,4	38,5	38,2	38,9	38,6	39,1	38,5	38,6	38,9
Tour 2 (14 h)	38,5	38,7	39,1	38,4	40,0	38,8	38,2	38,9	38,5	38,8	38,3	38,5	38,7
Abladen (1 h)	38,4	38,6	38,9	38,5	40,1	38,8	38,1	38,8	38,5	38,6	38,3	38,4	38,7
Pause (24 h)	38,5	38,5	39,6	38,4		38,9	38,4	38,8	38,7	39,0	38,3	38,5	38,7
Aufladen (1 h)	38,6	38,3	40,5	38,3		38,8	38,2	38,8	38,6	39,1	38,5	38,5	38,7
Tour 3 (14 h)	38,6	38,6	40,2	38,5		38,9	38,4	38,9	38,5	38,8	38,3	38,6	38,8
Pause (1 h)	38,5	38,3	39,8	38,5		38,5	38,1	38,7	38,3	38,7	38,2	38,3	38,5
Tour 4 (14 h)	38,8	38,3	40,0	38,4		39,3	38,2	38,8	38,5	38,7	38,3	38,5	38,7
Abladen (2 h)	39,9	38,6	40,1	38,7		39,7	38,5	39,0	38,9	39,2	38,7	38,8	39,1
Stall (3 h)	39,8	38,6	39,7	38,7		39,1	38,6	38,9	39,0	39,2	38,6	38,8	39,1
$\bar{X}$	38,91				38,77				38,61				38,76

tersuchungspersonals (Wiegen der Tiere, Abnahme der HF-Meßgurte) und der Futteraufnahme der Tiere. In Fahrzeug 1 erfolgen somit wesentliche Änderungen in der Körpertemperatur der Tiere durch das Be- und Entladen, ohne daß nachfolgend auch über längere Zeiträume von mehreren Stunden ein Rückgang zu verzeichnen wäre. In Fahrzeug 1 befinden sich 3 Tiere, die über längere Zeiträume nach dem Verladen ins Fahrzeug eine Körpertemperatur von 39,0 °C

und mehr aufweisen (Nrn. 3, 4 und 8). Es wurden an ihnen jedoch kein klinischen Anzeichen einer Erkrankung festgestellt.

Je nach Standort der Tiere im Fahrzeug differieren die Körpertemperaturen um bis zu 0,3 °C (Gruppe 1 / Gruppe 4). Wie bei der Herzfrequenz ist in LKW 1 auch bei der Körpertemperatur der niedrigste Mittelwert in der Gruppe 4 (unteres Ladendeck) zu finden.

**Tabelle 25: Mittlere Körpertemperaturen von Rindern in LKW 2 in einzelnen Transportabschnitten**

LKW 2	Gruppe 1 (oben)			Gruppe 2 (oben)				Gruppe 3 (unten)			$\bar{X}$
	Rind 10	Rind 11	Rind 12	Rind 13	Rind 14	Rind 15	Rind 32	Rind 16	Rind 17	Rind 18	
Stall (2 h)	38,3	38,9	38,0	38,0	38,0	38,4	38,7	38,0	38,3	38,3	38,3
Verladen (1 h)	38,5	39,3	38,3	38,2	38,4	38,7	38,8	38,4	38,6	38,7	38,6
Tour 1 (14 h)	38,3	38,9	38,0	38,3	38,5	38,3	38,9	38,4	38,4	38,7	38,5
Pause (1 h)	38,2	38,8	38,1	38,3	38,4	38,5	39,1	38,4	38,5	38,8	38,5
Tour 2 (14 h)	38,1	38,5	37,9	38,7	38,3	38,2	38,8	38,2	38,3	38,6	38,4
Abladen (1 h)	38,3	38,9	38,2	38,7	38,5	38,4	38,9	38,5	38,7	38,9	38,6
Pause (24 h)	38,6	38,5	38,2	39,2	38,3	38,2	38,6	38,2	38,5	38,7	38,5
Aufladen (1 h)	38,7	38,8	38,4	40,7	38,5	38,5	38,7	38,4	38,5	38,8	38,8
Tour 3 (14 h)	38,9	38,6	38,2	39,8	38,6	38,2	38,8	38,2	38,5	38,6	38,6
Pause (1 h)	38,7	38,6	38,1	39,7	38,4	38,3	38,9	38,2	38,5	38,5	38,6
Tour 4 (14 h)	38,7	38,6	38,1	39,9	38,4	38,3	38,8	38,3	38,9	38,6	38,7
Abladen (2 h)	39,0	39,0	38,5	39,7	38,6	38,6	38,9	38,5	39,6	39,0	38,9
Stall (3 h)	39,1	38,7	38,7	39,9	38,5	38,5	38,7	38,5	39,5	39,3	38,9
$\bar{X}$	38,52			38,70				38,58			38,61

In LKW 2 liegt die gemittelte Körpertemperatur aller Tiere um 0,15 °C unter der der Tiere in LKW1 und um 0,06 °C unter dem Mittelwert aus Fahrzeug 3 (Tabelle 25). Durch die in dieser Versuchsvariante wiederholten Beladevorgänge (zu Beginn des Transportes und nach der 24 h –Pause) erhöht sich die Vaginaltemperatur der Tiere um etwa im Mittel 0,3 °C, während das Abladen Steigerungen um etwa 0,2 °C bedingt. Nach dem erneuten Verladen der Tiere ins Fahrzeug bleibt die Körpertemperatur der Tiere auf einem erhöhten Niveau, nach dem 2. Ent-

laden werden von 50 % der Tiere Körpertemperaturen von über 39,0 °C erreicht. Auch in Fahrzeug 2 liegen die mittleren Körpertemperaturen im unteren Ladendeck unter denen im Oberdeck.

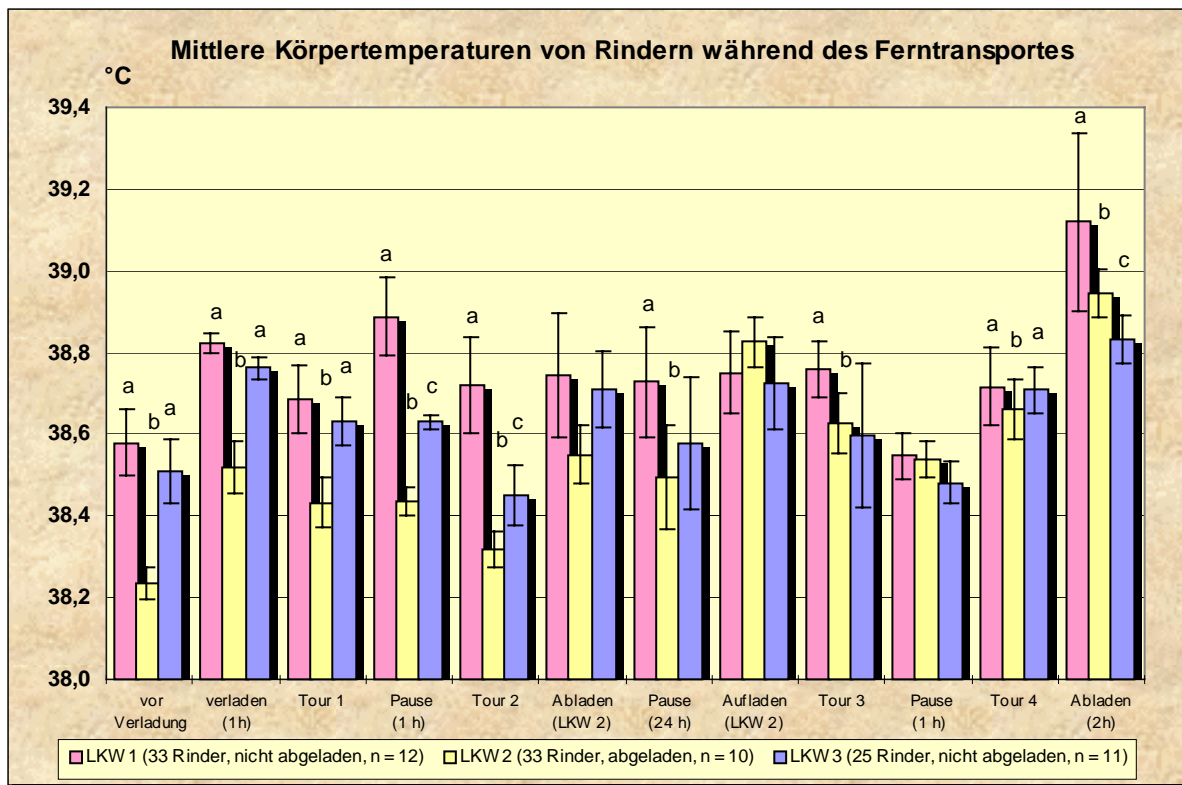
**Tabelle 26: Mittlere Körpertemperaturen von Rindern in LKW 3 in einzelnen Transportabschnitten**

LKW 3	Gruppe 1 (oben)				Gruppe 2 (oben)			Gruppe 4 (unten)			X
	Rind 19	Rind 20	Rind 21	Rind 34	Rind 22	Rind 23	Rind 24	Rind 26	Rind 27	Rind 36	
Stall (2h)	38,4	38,5	38,8	38,6	38,6	38,2	38,5	38,5	38,4	38,6	38,5
Aufladen (1h)	38,6	38,7	38,7	39,1	38,8	38,6	38,7	38,8	38,8	39,2	38,8
Tour 1 (14 h)	38,4	38,7	38,6	39,0	38,8	38,6	38,4	38,7	38,8	39,1	38,7
Pause (1h)	38,4	38,6	38,6	38,8	38,7	38,6	38,3	38,7	38,7	39,2	38,7
Tour 2 (14 h)	38,3	38,5	38,4	38,8	38,6	38,5	38,2	38,5	38,5	38,9	38,5
Abladen (1 h)	38,3	38,8	38,6	38,9	38,8	38,6	38,4	38,5	38,6	39,1	38,7
Pause (24 h)	38,4	38,7	38,6	38,7	38,7	38,5	38,3	38,6	38,8	38,9	38,6
Aufladen (1 h)	38,5	38,7	38,7	38,8	38,8	38,4	38,4	38,8	38,9	39,0	38,7
Tour 3 (14 h)	38,3	38,7	38,5	38,9	38,8	38,6	38,6	38,6	38,6	39,0	38,7
Pause (1h)	38,2	38,3	38,4	38,9	38,5	38,4	38,6	38,6	38,3	38,8	38,5
Tour 4 (14 h)	38,3	38,6	38,6	38,9	38,8	38,6	39,4	38,7	38,6	39,0	38,7
Abladen (2 h)	38,4	38,6	38,8	39,0	38,7	38,6	39,6	38,7	38,6	39,0	38,8
Stall (2 h)	38,5	38,7	38,9		38,8	38,8	39,7	38,8	38,8		38,9
X	38,63				38,66			38,76			38,67

Auch in Fahrzeug 3 wird die mittlere Körpertemperatur der Tiere durch den Verladevorgang um 0,3 °C erhöht (Tabelle 26). Sie schwankt während des nachfolgenden Transportes im physiologischen Normbereich von 38,5 bis 38,7 °C, um durch das Abladen auf 38,8 bis 38,9 °C anzusteigen. Wie in den beiden anderen Versuchsvarianten werden auch in LKW 3 die höchsten Körpertemperaturen der Tiere unabhängig von der Tageszeit während und nach dem Abladen von den Fahrzeugen erreicht.

Im Gegensatz zu den Varianten 1 und 2 finden sich im unteren Ladendeck von Fahrzeug 3 die höheren Mittelwerte bei der Körpertemperatur.





**Abb. 8:** Vergleich der mittleren Körpertemperaturen von Rindern in den einzelnen Abschnitten während des Transportes in drei Varianten. Nicht dargestellt: Transportabschnitt 13 (Stall nach Abladen). Unterschiedliche Buchstaben: Mittelwertunterschied signifikant (Signifikanzniveau siehe Tabellen 27 bis 29)

Die Abbildung 8 zeigt die mittleren Körpertemperaturen der Rinder in den einzelnen Transportabschnitten - getrennt nach den drei Versuchsvarianten - in der Übersicht. Zu Beginn und in der ersten Hälfte des Transportes, einschließlich der 24 h – Pause, liegen die mittleren Temperaturen der Tiere in Fahrzeug 2 deutlich und signifikant unter denen der Tiere in den Fahrzeugen 1 und 3. Signifikante Unterschiede bei den Tieren der Fahrzeuge 1 und 3 sind nur während der 1. Versorgungspause und während der der 2. Tour über 14 Stunden zu finden. Hinsichtlich der Körpertemperatur bleibt die Ladedichte während des Ausruhens der Tiere im Fahrzeug somit bedeutungslos. Die mittleren Körpertemperaturen unterscheiden sich in dieser Phase um etwa 0,1 °C. Sehr deutlich ist dagegen dieser Unterschied während des Abladens. Hier erreichen nur die Tiere aus Fahrzeug 1 eine mittlere Körpertemperatur von über 39 °C. Das Entladen dieser Tiere begann gegen 20.00 Uhr nach einer längeren Wartezeit im Fahrzeug. Die steigenden Temperaturen im Fahrzeuginnern, neben der Aufheizung durch 33 Tiere (in Fahrzeug 3 nur 25) auch durch Sonneneinstrahlung verursacht, kann hier als Erklärung dienen. Das Entladen aus den anderen Fahrzeugen fand in der Nacht statt. Durch Aufladen und Fahrtbeginn nach der 24stündigen Ruhepause erfolgt bei den Tieren in Fahrzeug 2 ein deutlicher Temperaturanstieg, der während der 2. Hälfte des Transportes (Touren 3 und 4) mehr oder weniger erhalten bleibt. Hierdurch gehen die zuvor deutlichen Unterschiede zwischen den Versuchsvarianten verloren. Es ist nicht auszuschließen, daß durch wiederholtes Be- und Entladen im Verlauf eines Transportes die Thermoregulation von Rindern während der nachfolgenden Transportabschnitte beeinträchtigt wird.

**Tab. 27: Signifikanz der Mittelwertunterschiede bei der Körpertemperatur von Rindern in den Transportphasen 1 bis 13 beim Vergleich der Varianten LKW 1 / LKW 2**

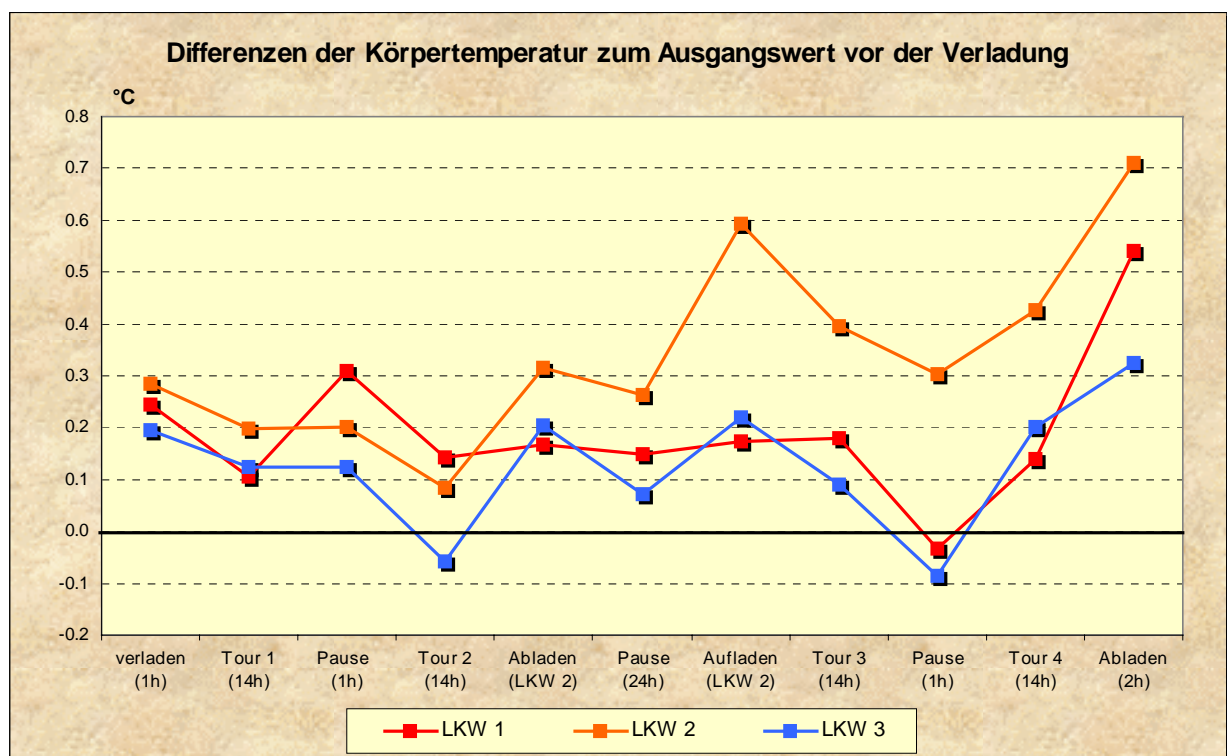
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0.0100	0.0001	0.0007	0.0001	0.0002	0.0012	0.0001	0.0001	0.0001	0.0076	0.0001	0.0001	0.0001
2	0.9648	0.0430	0.4411	0.0112	0.2543	0.5337	0.1588	0.0583	0.0439	0.9080	0.0950	0.0001	0.0001
3	0.3198	0.0023	0.0409	0.0004	0.0298	0.0972	0.0157	0.0038	0.0026	0.2589	0.0075	0.0001	0.0001
4	0.4301	0.0044	0.1094	0.0008	0.0490	0.1460	0.0267	0.0070	0.0049	0.3533	0.0133	0.0001	0.0001
5	0.0356	0.0001	0.0037	0.0001	0.0011	0.0058	0.0005	0.0001	0.0001	0.0272	0.0002	0.0001	0.0001
6	0.9618	0.0345	0.3885	0.0086	0.2181	0.4750	0.1340	0.0474	0.0354	0.8373	0.0786	0.0001	0.0001
7	0.4688	0.0054	0.1244	0.0010	0.0569	0.1648	0.0319	0.0085	0.0059	0.3872	0.0159	0.0001	0.0001
8	0.0813	0.7442	0.3512	0.3985	0.5738	0.2801	0.8020	0.8135	0.7199	0.1228	0.9912	0.0010	0.0164
9	0.7820	0.0730	0.5907	0.0211	0.3640	0.6967	0.2371	0.0954	0.0446	0.9113	0.1490	0.0001	0.0001
10	0.8787	0.0266	0.3337	0.0064	0.1816	0.4129	0.1098	0.0373	0.0276	0.7593	0.0630	0.0001	0.0001
11	0.5620	0.1359	0.8144	0.0449	0.5452	0.9310	0.3749	0.1697	0.1350	0.6839	0.2522	0.0001	0.0004
12	0.0031	0.3673	0.0313	0.7013	0.0740	0.0215	0.1481	0.3368	0.4016	0.0064	0.2358	0.0347	0.2258
13	0.0020	0.2971	0.0218	0.5996	0.0540	0.0147	0.1133	0.2721	0.3288	0.0042	0.1858	0.0475	0.2846

**Tab. 28: Signifikanz der Mittelwertunterschiede bei der Körpertemperatur von Rindern in den Transportphasen 1 bis 13 beim Vergleich der Varianten LKW 1 / LKW 3**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0.4205	0.0042	0.1058	0.0008	0.0471	0.1415	0.0257	0.0067	0.0047	0.3454	0.0128	0.0001	0.0001
2	0.0746	0.7742	0.3312	0.4208	0.5473	0.2630	0.7725	0.8429	0.7489	0.1139	0.9781	0.0011	0.0182
3	0.2726	0.3294	0.7770	0.1357	0.9306	0.6662	0.7019	0.3845	0.3215	0.3620	0.5194	0.0001	0.0025
4	0.4937	0.1653	0.8964	0.0371	0.6167	0.9857	0.4322	0.2035	0.1636	0.6108	0.2952	0.0001	0.0006
5	0.6023	0.0098	0.1821	0.0020	0.0487	0.2354	0.0505	0.0148	0.0105	0.5052	0.0268	0.0001	0.0001
6	0.4789	0.1726	0.9152	0.0602	0.6335	0.9667	0.4458	0.2119	0.1707	0.5947	0.3060	0.0001	0.0007
7	0.7443	0.0812	0.6252	0.0240	0.3906	0.7335	0.2559	0.1053	0.0817	0.8732	0.1630	0.0001	0.0002
8	0.3087	0.2917	0.8384	0.1162	0.8678	0.7248	0.6455	0.3430	0.2852	0.4039	0.4705	0.0001	0.0020
9	0.5236	0.1517	0.8597	0.0513	0.5844	0.9772	0.4060	0.1878	0.1497	0.6429	0.2748	0.0001	0.0005
10	0.4349	0.0046	0.1112	0.0008	0.0500	0.1483	0.0273	0.0072	0.0050	0.3570	0.0137	0.0001	0.0001
11	0.1308	0.5753	0.4848	0.2811	0.7425	0.3972	0.9820	0.6420	0.5574	0.1882	0.8106	0.0004	0.0087
12	0.0578	0.8638	0.2771	0.4903	0.4733	0.2170	0.6879	0.9317	0.8355	0.0904	0.8887	0.0016	0.0244
13	0.0028	0.2847	0.0253	0.5572	0.0582	0.0177	0.1148	0.2615	0.3130	0.0055	0.1825	0.0783	0.3641

**Tab. 29:** Signifikanz der Mittelwertunterschiede bei der Körpertemperatur von Rindern in en Transportphasen 1 bis 13 beim Vergleich der Varianten LKW 3 / LKW 2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0.0393	0.4167	0.8561	0.9874	0.2133	0.4688	0.9381	0.0151	0.3011	0.5324	0.1858	0.0003	0.0002
2	0.0001	0.0469	0.0082	0.0142	0.0002	0.0801	0.0168	0.9700	0.1495	0.0644	0.2490	0.2562	0.2040
3	0.0005	0.3140	0.0463	0.0719	0.0023	0.2737	0.0822	0.5347	0.4326	0.2324	0.6205	0.0733	0.0542
4	0.0019	0.5404	0.1089	0.0401	0.0079	0.4839	0.1785	0.3099	0.6967	0.4237	0.9204	0.0291	0.0206
5	0.0487	0.5890	0.6502	0.7977	0.0402	0.6510	0.8457	0.0307	0.4458	0.7247	0.2929	0.0009	0.0006
6	0.0018	0.5255	0.1040	0.1529	0.0074	0.4705	0.1713	0.3208	0.6800	0.4107	0.9024	0.0308	0.0218
7	0.0056	0.7874	0.2069	0.2867	0.0204	0.7206	0.3163	0.1748	0.9623	0.6472	0.8083	0.0117	0.0080
8	0.0006	0.3518	0.0548	0.0846	0.0030	0.3082	0.0963	0.4868	0.4783	0.2633	0.6750	0.0621	0.0455
9	0.0022	0.5702	0.1190	0.1730	0.0090	0.5121	0.1933	0.2892	0.7303	0.4499	0.9558	0.0260	0.0183
10	0.0845	0.4304	0.8375	0.9937	0.2048	0.4835	0.9570	0.0161	0.3123	0.5487	0.1938	0.0004	0.0002
11	0.0001	0.1607	0.0169	0.0283	0.0006	0.1361	0.0330	0.8230	0.2376	0.1119	0.3732	0.1628	0.1259
12	0.0001	0.0763	0.0059	0.0105	0.0001	0.0629	0.0125	0.8823	0.1209	0.0501	0.2067	0.0305	0.2459
13	0.0001	0.0046	0.0002	0.0004	0.0001	0.0036	0.0005	0.1869	0.0087	0.0027	0.0184	0.8254	0.9252



**Abb. 9:** Abweichung der mittleren Körpertemperatur in den einzelnen Transportabschnitten vom Ausgangswert vor der Verladung ins Fahrzeug

Die Rinder im Fahrzeug 2 wiesen zwar die niedrigsten Körpertemperaturen vor und zu Beginn des Transportes auf, verglichen mit ihren Temperaturen vor der Verladung erfolgte jedoch durch Verladung und 1. Fahrtabschnitt ein größerer Temperaturanstieg als bei den Tieren in den Fahrzeugen 1 und 3 (Abbildung 9). Während der erneuten Verladung dieser Gruppe steigt die mittlere Körpertemperatur dieser Tiergruppe verglichen mit dem Ruhewert im Stall um

etwa 0,6 °C an. Während der zweiten Hälfte des Transportes (Touren 3 und 4) bleibt der Temperaturanstieg doppelt so hoch wie bei den Tieren der Transportvarianten 1 und 3. Diese erhöhten relativen Temperaturen legen die Vermutung nahe, daß durch die Belastungen eines wiederholten Be- und Entladens insbesondere der Energiestoffwechsel aktiviert wird, wodurch Wärmeproduktion und Körpertemperatur der Tiere steigt.

**Tab. 30: Varianzanalytische Berechnung der Körpertemperatur**

General Linear Models Procedure					
Dependent Variable: Körpertemperatur (KT)					
R-Square	C. V.	Root MSE	KT Mean		
0.694161	0.677277	0.26200818	38.68550369		
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TIER(LKW*GRP)	27	36.25646804	1.34283215	19.56	0.0001
LKW	2	2.58496645	1.29248323	18.83	0.0001
GRP	2	0.82745934	0.41372967	6.03	0.0027
NR	12	8.35039651	0.69586638	10.14	0.0001
LKW*NR	24	1.57634093	0.06568087	0.96	0.5240
GRP*NR	24	1.80971054	0.07540461	1.10	0.3436

In Tabelle 30 sind die Signifikanzen der Einflüsse fixer und zufälliger Effekte auf die Körpertemperatur der Rinder während des Transportes dargestellt. Der zufällige Effekt „Tier“ zeigt einen hochsignifikanten Einfluß auf die Körpertemperatur, der auf individuelle Reaktionsunterschiede hinweist. Die Versuchsvariante (LKW) beeinflusst ebenso wie der Standort im Fahrzeug (GRP) und der Transportabschnitt (NR) in absicherbarer Weise die Körpertemperatur der Tiere. Die Interaktionen (LKW\*NR) und (GRP\*NR) bleiben hier ohne Einfluß.

**Tab. 31: Signifikanz der Einflussfaktoren Versuchsvariante und Standort im Fahrzeug auf die Körpertemperatur von Rindern während des Transportes**

General Linear Models Procedure						
Least Squares Means						
LKW	KT LSMEAN	Std Err LSMEAN	Pr >  T  HO: LSMEAN=0	Pr >  T  i / j	HO: LSMEAN(i)=LSMEAN(j)	
1	38.8013293	0.0221387	0.0001	1 .	0.0001	0.0004
2	38.6032051	0.0231914	0.0001	2 0.0001	.	0.0136
3	38.6850550	0.0234275	0.0001	3 0.0004	0.0136	.
GRP	KT LSMEAN	Std Err LSMEAN	Pr >  T  HO: LSMEAN=0	Pr >  T  i / j	HO: LSMEAN(i)=LSMEAN(j)	
1	38.6854208	0.0221939	0.0001	1 .	0.0518	0.3622
2	38.7481241	0.0232168	0.0001	2 0.0518	.	0.0055
4	38.6560444	0.0233335	0.0001	4 0.3622	0.0055	.

Wie in Tabelle 31 dargestellt, zeigt sich bei der varianzanalytischen Berechnung der Körpertemperatur ein signifikanter bis hochsignifikanter Einfluß sowohl der Versuchsvariante (LKW) als auch teilweise des Standortes der Tiere im Fahrzeug (GRP).

### 3.5 Biochemische Untersuchungen

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

- 1: Vortag                      2: vor Verladung              3: Ende 1. Tour              4: Ende 2. Tour  
5: Ende 24 h – Pause        6: Ende 3. Tour              7: Ende 4. Tour              8: nach Abladen

#### 3.5.1 Cortisol

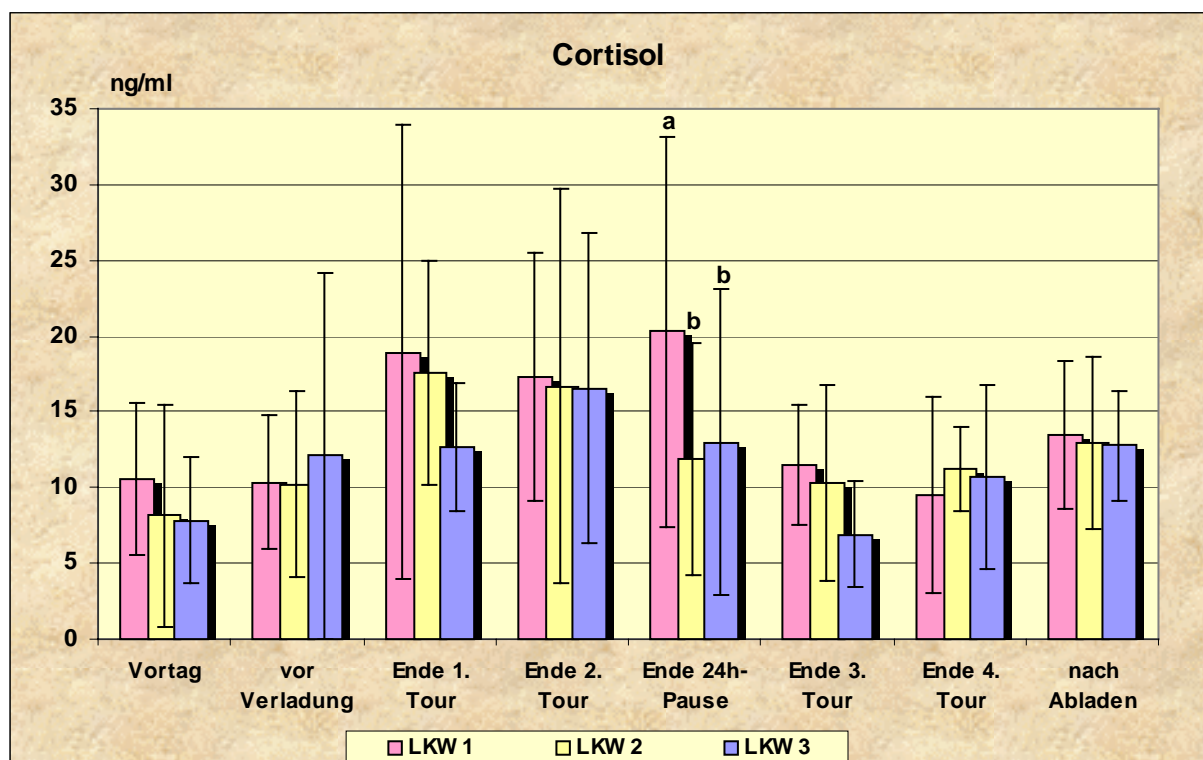
**Tab. 32:** Cortisol im Blutplasma von Rindern während des Transportes (ng/ml)

Ztp Tier	1	2	3	4	5	6	7	8	$\bar{X}$	Grp	$\bar{X}$	LKW
1	10,9	5,4	11,2	22,0	9,5	15,9	12,5	17,9	16,87	1	12,78	1
2	4,5	20,6	32,8	19,1	38,6	14,0	3,4	8,7				
3	19,7		31,0	14,2	31,8	10,6						
4	6,4	5,7							9,40	2		
5	4,3	5,4	6,3	16,1	9,7	14,0						
6	6,5	7,0	5,6	20,2	7,8	15,3	6,4	13,8				
7	2,6	3,8	9,3	5,1	10,9	4,8	5,1	8,0	11,30	4		
8	3,7	5,2		9,5	14,9	8,9	8,6	15,1				
9	4,9		22,6	32,0	19,6	8,4	21,1	22,7				
10	6,6	5,1	7,4	6,7	5,6	8,7	14,2	7,7	14,69	1		
11			23,9					18,8				
12			21,1	44,4	10,2	19,7		20,4				
13	2,5	7,1	24,2	11,0				8,7	10,39	2		
14	3,2		10,8	13,5	5,0	13,4	11,8	8,7				
15	7,9			20,2	9,8			8,4				
16	2,8	8,5	11,5	12,7	2,5	3,3	7,5	10,5	10,15	4		
17								14,3				
18	8,9	11,4	24,1	8,3	10,4	6,3	11,5	18,2				
19		7,1	13,7	9,6	8,6	3,9	3,9	12,2	12,88	1		
20	4,9	3,7	11,2	15,9	9,1	13,4	5,6	12,2				
21	11,6	32,7		24,3	33,6	8,2	16,7	21,5				
22									14,37	2		
23			17,5	12,7	12,9	8,1	14,1	12,5				
24	6,8	11,8	17,3	18,2	26,3							
25			12,3	37,5	6,7	2,9	4,0	12,9	10,72	4		
26			7,0	7,0	8,4	6,6	17,8	12,7				
27	6,9	5,0	9,5	7,4	13,1	5,3	13,0	18,5				

In der Tabelle 32 sind die Einzelergebnisse der 27 in den drei Versuchsvarianten untersuchten Tiere dargestellt. Für die Zeitpunkte 1 (Vortag) und 2 (vor Verladen) wurden aus jeweils 7 Blutproben, die im Abstand von 10 Minuten den Tieren entnommen wurden, der Mittelwert gebildet. Dem Zeitpunkt 5 (Ende 24 h – Pause) liegen der Mittelwert aus 3 Proben (10 Minuten Abstand), dem Zeitpunkt 8 (nach Entladen) der Mittelwert aus 2 Proben zugrunde.

Die Tabelle zeigt, daß nicht von allen Tieren zu allen Zeitpunkten Blutproben gewonnen werden konnten und somit in einem erheblichen Umfang Meßausfälle zu beklagen waren. Hierdurch wurde die varianzanalytische Berechnung insoweit erschwert, daß keine multiple Regressionsberechnung möglich war, um Risikofaktoren wie die thermische Belastung oder die Unterbringung an einem bestimmten Standort im Fahrzeug gewichten zu können. Zudem steigt bei einem verkleinerten Datenpool die Streuung der Ergebnisse durch individuelle Einflüsse, die beim Cortisol erfahrungsgemäß sehr hoch ausfällt und auch in Tabelle 32 ersichtlich ist.

Auch wenn die Unterschiede in der mittleren Cortisolkonzentration zwischen den Untersuchungsvarianten (LKW 1 bis 3) nicht sehr hoch ausfallen, zeigen sich doch erhebliche Unterschiede je nach Unterbringung der Tiere im Fahrzeug. Ein Transport im unteren Ladendeck scheint eine geringere Belastungsreaktion der Tiere hervorzurufen als im oberen Ladendeck.



**Abb. 10:** Cortisolkonzentrationen im Blutplasma von Rindern während des Transportes (unterschiedliche Buchstaben:  $p < 0,01$ )

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 10 nur die Cortisolspiegel dargestellt, die zum Ende der jeweiligen Transportphasen vorlagen. Während des Transportes lagen die Cortisolspiegel der Rinder in allen drei Transportvarianten nach dem ersten Transportabschnitt (vor der 24 h – Pause) am höchsten, wobei die hohe Standardabweichung eine große individuelle Variabilität der Ergebnisse anzeigt. Im zweiten Abschnitt

des Transportes erfolgt eine Absenkung des Cortisolspiegels auf ähnliche Werte, wie sie vor der Verladung vorliegen.

Zum Ende der 24-stündigen Fahrtunterbrechung liegt eine relativ große physiologische Belastung einzelner Rinder in der Transportvariante 1 vor (siehe Tabelle 32), die auch durch die erhebliche Standardabweichung angezeigt wird. Dennoch sind, allerdings nur in diesem Transportabschnitt, die Unterschiede zu den Varianten 2 und 3 signifikant.

**Tab. 33: Ergebnisse der varianzanalytischen Berechnung der Cortisolkonzentration**

General Linear Models Procedure					
Dependent Variable: CORTISOL					
	R-Square	C. V.	Root MSE	CORT Mean	
	0.600671	51.47973	6.32975468	12.29562500	
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TIER(LKW*GRP)	21	2618.15365309	124.67398348	3.11	0.0001
LKW	2	25.73142692	12.86571346	0.32	0.7261
GRP	2	519.63352314	259.81676157	6.48	0.0023
NR	7	1362.21352069	194.60193153	4.86	0.0001
LKW*NR	14	473.47531299	33.81966521	0.84	0.6203
GRP*NR	14	356.42521822	25.45894416	0.64	0.8295

Die Tabelle 33 zeigt, daß ein genereller Einfluß der Versuchsvariante (LKW) auf die Cortisolkonzentration im Rinderblutplasma während des Transportes nicht vorliegt (siehe auch Tabelle 34). Es konnten hier allerdings nur die Ergebnisse von 22 Tieren berechnet werden. Auch wenn die Belastung der Tiere in Variante 1 (Ausruhen im Fahrzeug bei hoher Ladedichte) zum Ende der 24stündigen Ruhepause absicherbar größer ist als in beiden anderen Varianten, hat dies keinen Einfluß auf die Gesamtbelastung, die durch den Transport hervorgerufen wird. Die Einflüsse von Individuum (TIER), Unterbringung im Fahrzeug (GRP) und Transportstadium (NR) sind größer.

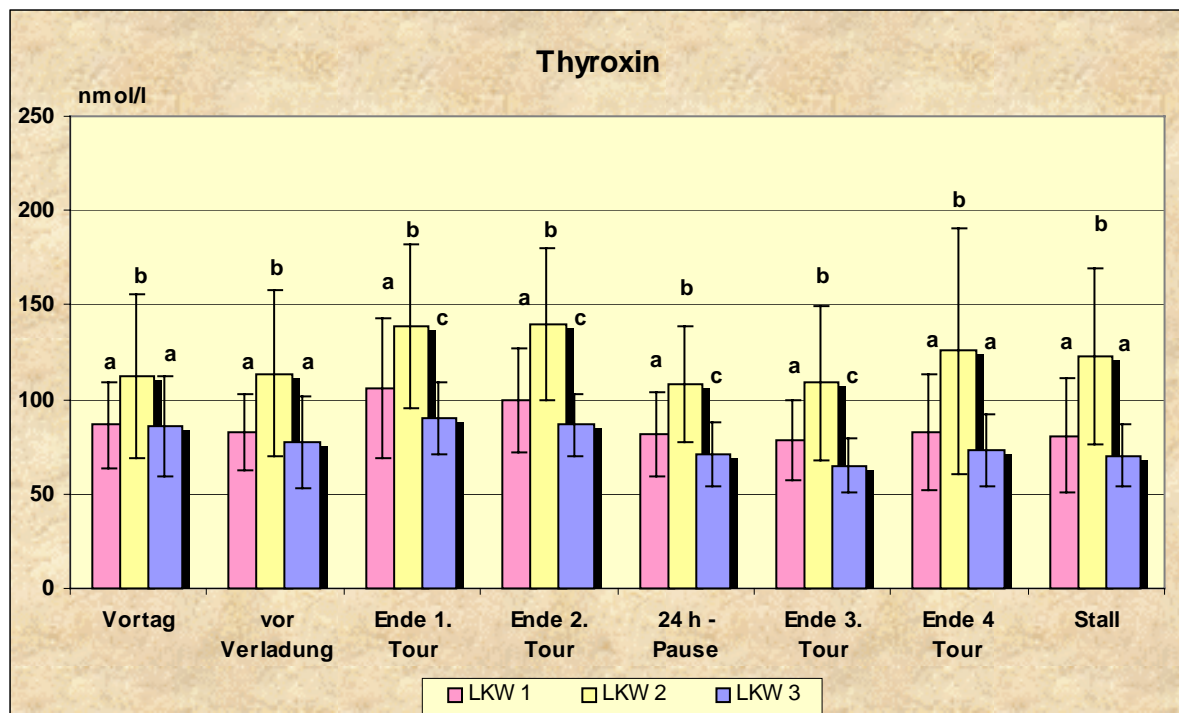
**Tab. 34: Einfluß von Versuchsvariante und Standort im Fahrzeug auf die Cortisolausschüttung von Rindern**

General Linear Models Procedure								
Least Squares Means								
LKW	CORT LSMEAN	Std Err LSMEAN	Pr >  T  HO: LSMEAN=0	Pr >  T  I/J	HO: LSMEAN(I)=LSMEAN(J)	1	2	3
1	12.9215831	0.9604624	0.0001	1	.	0.8439	0.6037	
2	12.6075862	1.3006819	0.0001	2	0.8439	.	0.8101	
3	12.2191436	0.9547764	0.0001	3	0.6037	0.8101	.	
GRP	CORT LSMEAN	Std Err LSMEAN	Pr >  T  HO: LSMEAN=0	Pr >  T  I/J	HO: LSMEAN(I)=LSMEAN(J)	1	2	4
1	15.3997212	0.9714451	0.0001	1	.	0.0168	0.0012	
2	11.8042321	1.1347725	0.0001	2	0.0168	.	0.4203	
4	10.5443596	1.1028905	0.0001	4	0.0012	0.4203	.	

Aus Tabelle 34 wird deutlich, daß die Unterbringung der Tiere im vorderen oberen Ladendeck (Grp. 1) eine um etwa 30 % höhere Cortisolausschüttung hervorruft als die Unterbringung in den anderen untersuchten Abteilungen im Fahrzeug (Grp. 2: oberes Ladendeck hinten, Grp. 4 unteres Ladendeck hinten). Hier scheint zumindest die psychische Belastung der Tiere größer zu sein. Eine klimatische Belastung, die in dieser Abteilung besonders zum Tragen gekommen sein könnte, ist auszuschließen. Ob hier eine besondere physische Belastung durch Vibrationen oder Beschleunigungen (Bremsungen, Kurvenfahrten) vorliegt, sollte in späteren Untersuchungen geklärt werden.

### 3.5.2 Thyroxin (T<sub>4</sub>)

Die Thyroxingehalte der Plasmaproben von Rindern während des Transportes zeigen eine nach der Versuchsvariante (LKW) abgestufte Ausschüttung dieses Hormones während des gesamten Versuchs (Abbildung 11). Schon während des Vortages und vor der Verladung der Tiere in die Fahrzeuge sowie während der anschließenden Transporte zeigen die Rinder der Variante 2 (abgeladen) gegenüber den beiden anderen Varianten statistisch absicherbar die höchsten Thyroxingehalte im Plasma.



**Abb. 11:** Thyroxingehalte im Blutplasma transportierter Rinder (unterschiedliche Buchstaben:  $p \leq 0,01$ )

Während des Transportes sind in den Abschnitten 1. und 2. Tour, 24stündige Pause und zum Ende der 3. Tour Unterschiede zwischen den Varianten 1 und 3 absicherbar. Im Vergleich zu den Ruhewerten vom Vortag und vor der Verladung der Tiere sind die Thyroxinwerte lediglich während der 1. und 2. Transporttour erhöht. Eine Ausnahme machen hier die Rinder der Variante 2, die während des 4. Transportes wieder ansteigende Werte zeigen. Durch die Transportpause von 24 Stunden wird in allen drei Varianten im selben Ausmaß eine Reduzierung der Thyroxinkonzentration herbeigeführt, wodurch die Abstufung zwischen den Varianten beibehalten wird. Es sind somit Reaktionsunterschiede auf die unterschiedliche Pausengestaltung (Abladen der Tiere oder Ausruhen im Fahrzeug) nicht erkennbar.

In der Tabelle 35 sind die Einzelergebnisse der untersuchten Tiere dargestellt. Es zeigen sich hier erhebliche individuelle Einflüsse durch die Tiere insbesondere in der Versuchsvariante 2, die die höchsten Durchschnittswerte aufzeigt. Es zeigt sich auch hier das Problem, daß die Ergebnisse durch Ausfälle bei Probennahme und Analyse nicht balanciert vorliegen, wodurch individuelle Einflüsse (z. B. Tier 10 in Gruppe 1, Fahrzeug 2) nicht mehr ausgeglichen werden können. Statistisch berechnet wurden die Daten von 19 Rindern (Tabelle 36).



**Tab. 35: Thyroxinkonzentration (T<sub>4</sub>) im Blutplasma transportierter Rinder (nmol/l)**

Ztp Tier	1	2	3	4	5	6	7	8	$\bar{X}$	Grp	$\bar{X}$	LKW
1	111,26	95,87		116,77	86,51	81,13	81,06	78,57				
2	76,96	80,87	129,55	116,61	84,32	93,96	83,28	83,49	87,67	1		
3	71,35		81,59	78,12	66,23	55,90						
4	125,96	107,68										
5	63,02	60,99	68,47	64,71	65,96	71,87			102,67	2	86,53	1
6	106,68	104,41	145,01	142,95	118,53	120,92	136,72	138,84				
7	60,51	60,17		70,07	50,56	55,78	41,46	43,67				
8	78,58	70,01		90,44	84,43	76,36	72,48	70,13	72,49	4		
9	85,65			118,12	98,76	72,17	79,54	70,82				
10	181,52	175,92	205,31	220,59	169,47	182,23	222,40	198,10				
11									171,6	1		
12			164,30	150,89	100,15	88,33						
13	65,76	62,58	92,39	115,14								
14	60,72		96,20	98,15	74,64	91,84	95,96	97,76	95,38	2	121,72	2
15	135,31			149,00	99,81							
16	93,14	91,13	125,15	122,09	104,54	92,52	81,63	92,88				
17									107,36	4		
18	127,34	125,10	148,33	122,56	97,54	88,45	103,53	101,92				
19			86,26	76,75	61,32	53,43	62,40	63,66				
20	48,68	42,73	61,04	58,77	44,27	52,32	51,65	46,86	70,36	1		
21	103,85	93,35		90,54	95,60	86,54	102,24	95,28				
22												
23			86,09	83,15	61,83	61,52	76,64	75,90	86,25	2	77,80	3
24	111,56	96,20	106,41	106,99	82,44							
25				87,40	67,72							
26									84,14	4		
27	90,86	88,70	107,85	103,64	81,24	70,35	74,45	69,24				

**Tab. 36: Ergebnisse der varianzanalytischen Berechnung der Thyroxinkonzentration**

General Linear Models Procedure					
Dependent Variable: THYROXIN					
	R-Square	C. V.	Root MSE	THY Mean	
	0.952693	10.62313	10.03572117	94.47050000	
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TIER(LKW*GRP)	18	92166.00807843	5120.33378214	50.84	0.0001
LKW	2	26817.78125181	13408.89062591	133.14	0.0001
GRP	2	3517.66169439	1758.83084720	17.46	0.0001
NR	7	13289.91866218	1898.55980888	18.85	0.0001
LKW*NR	14	2288.33682157	163.45263011	1.62	0.0902
GRP*NR	14	3737.77030369	266.98359312	2.65	0.0031

Aus Tabelle 36 wird deutlich, daß sowohl die Versuchsvariante (LKW, siehe auch Tabelle 37), als auch der Standort im Fahrzeug (GRP), das Transportstadium (NR) und das Individuum (TIER) einen Einfluß auf die Thyroxinausschüttung der Tiere während des Transportes haben. Außerdem erfolgt eine je nach Unterbringung im Fahrzeug unterschiedliche Reaktion der Tiere auf den Transportabschnitt (Interaktion GRP \* NR). Da jedoch die Abstufung zwischen den Versuchsvarianten schon vor der Verladung der Tiere bestand, ist sie als Antwort auf Belastungen durch den Transport trotz statistischer Absicherbarkeit nicht relevant.

Problematisch ist auch die Bewertung der Reaktionsunterschiede der Tiere infolge ihrer Unterbringung im Fahrzeug (Tabelle 37). Durch das Vorhandensein von auswertbaren Daten von manchmal nur einem Tier in der Gruppe ergeben sich erhebliche individuelle Einflüsse, die das Gesamtbild verfälschen. Trotz einer statistischen Absicherbarkeit sollte eine Bewertung hier deshalb unterbleiben.

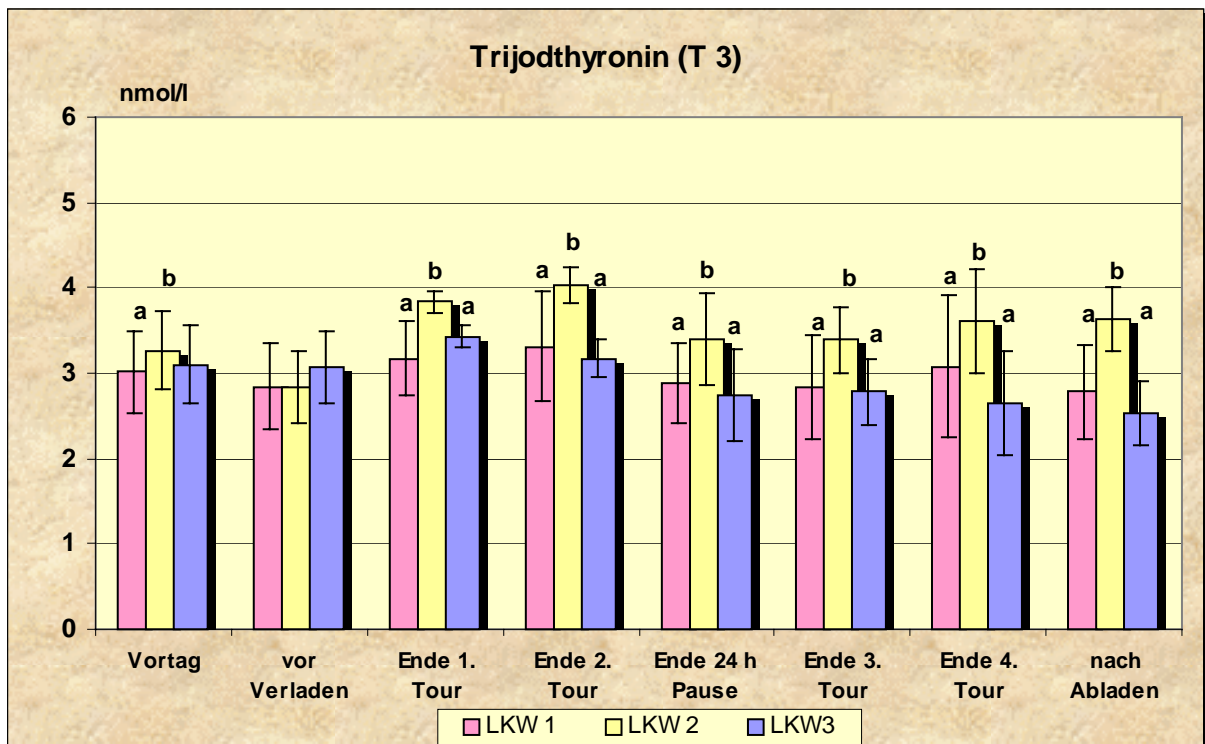
**Tab. 37: Einfluß von Versuchsvariante und Standort im Fahrzeug auf die Thyroxinausschüttung von Rindern**

General Linear Models Procedure							
Least Squares Means							
LKW	THY LSMEAN	Std Err LSMEAN	Pr >  T  HO: LSMEAN=0	Pr >  T  I/J	HO: LSMEAN(1)=LSMEAN(2)	HO: LSMEAN(1)=LSMEAN(3)	HO: LSMEAN(2)=LSMEAN(3)
1	90.219750	1.606908	0.0001	1 .	0.0001	0.0001	
2	122.306104	1.747295	0.0001	2 0.0001	.	0.0001	
3	79.961590	1.981854	0.0001	3 0.0001	0.0001	.	
GRP	THY LSMEAN	Std Err LSMEAN	Pr >  T  HO: LSMEAN=0	Pr >  T  I/J	HO: LSMEAN(1)=LSMEAN(2)	HO: LSMEAN(1)=LSMEAN(4)	HO: LSMEAN(2)=LSMEAN(4)
1	105.376616	1.549133	0.0001	1 .	0.0092	0.0001	
2	98.822505	1.917978	0.0001	2 0.0092	.	0.0002	
4	88.288324	1.909661	0.0001	4 0.0001	0.0002	.	

### 3.5.3 Trijodthyronin (T<sub>3</sub>)

In Abbildung 12 sind die mittleren Plasmagehalte an T<sub>3</sub> in den einzelnen Transportabschnitten in Abhängigkeit von der Versuchsvariante dargestellt. Die Tiere der Versuchsvariante 2 (Abgeladen) reagieren auf den Transport mit den höchsten T<sub>3</sub>-Ausschüttungen und unterscheiden sich damit von den Tieren in den beiden anderen Varianten. Die Unterschiede zwischen den Varianten 1 und 3 sind nicht absicherbar. Im Unterschied zum Thyroxin (Abbildung 11) besteht diese Abstufung beim T<sub>3</sub> nicht schon vor dem Transport der Tiere.

Abgesehen von den Transporttours 1 und 2, die die T<sub>3</sub>-Ausschüttung signifikant erhöhen ( $p \leq 0,01$ ), erreichen sie bei den Tieren der Varianten 1 und 3 während der 24stündigen Pause und den nachfolgenden Transporten die Ruhewerte, die vor dem Transport gemessen wurden. Zwar sinken auch die Werte der Variante 2 in der Ruhepause, sie erreichen jedoch hier wie auch in den folgenden Transportabschnitten nicht mehr Ruhewerte, sondern steigen während der nachfolgenden Fahrten tendenziell wieder an. Die Aktivierung von Grundumsatz und Energiestoffwechsel durch den Ab- und Beladevorgang scheint sich somit während des nachfolgenden Transportes fortzusetzen.



**Abb. 11: Trijodthyroningehalte im Blutplasma transportierter Rinder (unterschiedliche Buchstaben:  $p \leq 0,01$ )**

Aus der Tabelle 38 geht hervor, daß die Daten von 9 Tieren fehlen und von einigen anderen nicht vollständig sind. Bei der statistischen Berechnung der T<sub>3</sub>-Konzentrationen konnten deshalb nur die Ergebnisse von 14 Tieren berücksichtigt werden. Da nur beim Vergleich der Untersuchungsvarianten ausreichend Daten in den Vergleichsgruppen vorhanden sind, kommt nur dieser zur Auswertung. Bei der Berechnung des gesamten Datenpools (Tabelle 39) zeigen sich jedoch auch signifikante Einflüsse von Individuum (TIER), Standort (GRP) und Transportstadium (NR). Beim Vergleich der Varianten wird deutlich, daß die Unterschiede hier eher auf individuelle Reaktionsunterschiede auf das Transportgeschehen selbst beruhen als auf unterschiedliche Behandlung (Abladen / nicht Abladen).

**Tab. 38: Trijodthyroninkonzentration im Blutplasma transportierter Rinder (nmol/l)**

Ztp Tier	1	2	3	4	5	6	7	8	$\bar{X}$	Grp	$\bar{X}$	LKW
1	4,1	3,7		4,4	3,3	3,7	3,1	3,1				
2	2,5	2,3	3,4	3,1	2,6	2,6	2,6	2,5	2,98	1		
3	3,0		2,6	2,6	2,5	2,1						
4												
5	2,7	2,4	3,0	2,8	2,6	2,7			3,22	2	2,98	1
6	2,9	2,9	3,6	3,9	3,5	3,8	4,7	3,7				
7	3,2	3,0		2,8	2,4	2,4	2,5	2,0				
8	2,7	2,5		3,0	3,1	2,4	2,7	2,7	2,82	4		
9	3,0			3,9	3,2	3,0	2,9	2,8				
10	4,2	3,9	5,3	4,4	4,0	4,7	4,5	4,4				
11									4,44	1		
12												
13	1,9	1,9	3,0	3,3								
14	2,3		3,9	3,1	3,0	3,1	3,6	3,6	3,38	2	3,52	2
15	4,1			6,9	3,6							
16	2,7	2,4	3,3	3,0	3,3	2,6	2,7	2,8				
17									3,19	4		
18	4,3	3,2	3,7	3,4	3,1	3,2	3,6	3,7				
19												
20	2,7	2,7		2,9	1,9	2,4	2,2	2,2	2,84	1		
21	3,5	3,3		3,4	3,1	3,1	3,3	3,0				
22												
23									3,41	2	2,94	3
24	3,6	3,6	3,5	3,2	3,2							
25												
26									2,83	4		
27	2,8	2,9	3,3	3,2	2,8	2,9	2,4	2,4				

**Tab. 39: Ergebnisse der varianzanalytischen Berechnung der Konzentration von T<sub>3</sub>**

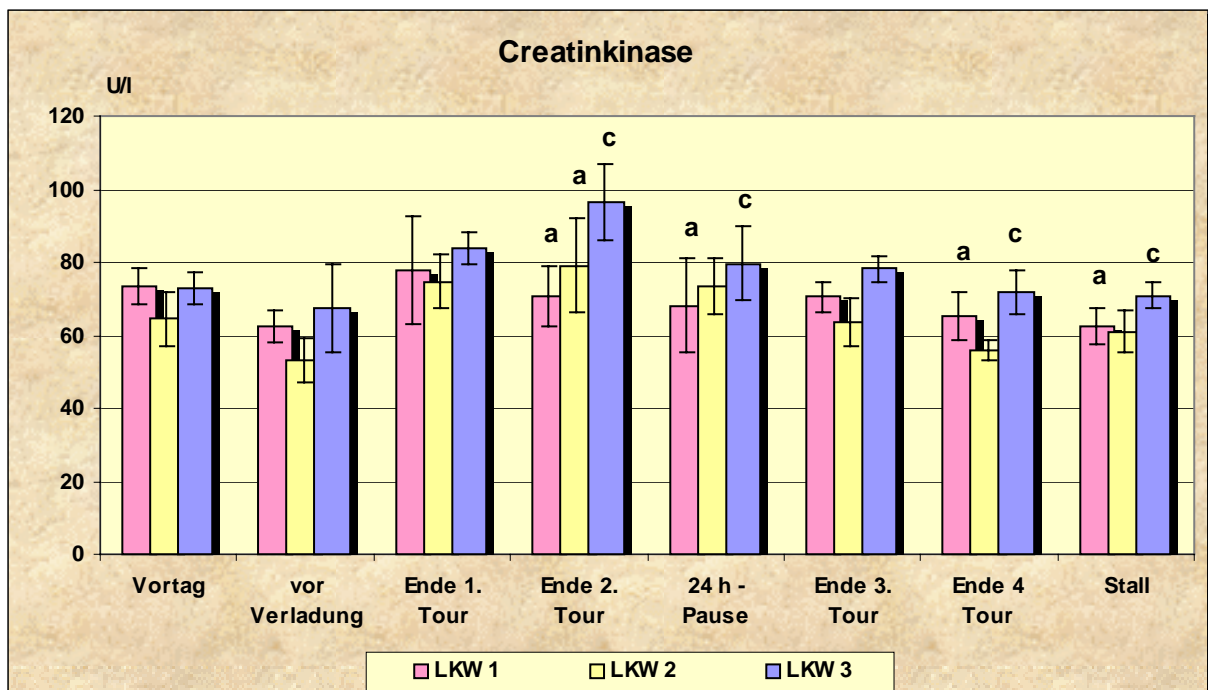
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TIER(LKW*GRP)	13	30.91394809	2.37799601	16.36	0.0001
LKW	2	7.53500262	3.76750131	25.92	0.0001
GRP	2	3.36996479	1.68498239	11.59	0.0001
NR	7	4.76973606	0.68139087	4.69	0.0003
LKW*NR	14	2.24853574	0.16060970	1.11	0.3701
GRP*NR	14	4.13661134	0.29547224	2.03	0.0281

LKW	TJT LSMEAN	Std Err LSMEAN	Pr >  T  HO: LSMEAN=0	Pr >  T  I / J	HO: LSMEAN(I)=LSMEAN(J)
1	3.00043679	0.05690753	0.0001	1 .	0.0001
2	3.75936863	0.06843380	0.0001	2 0.0001	0.0001
3	3.11197839	0.08705480	0.0001	3 0.2811	0.0001

### 3.5.4 Creatinkinase

Die mittlere Plasmaaktivität der Creatinkinase (CK) steigt durch Verladung ins Fahrzeug und Durchführung der ersten beiden Transportabschnitte in allen Versuchsvarianten signifikant ( $p \leq 0,05$ ) an und fällt mit Ausnahme der Variante 3 im Verlauf der anschließenden Transportabschnitte, einschließlich der Ruhepause, langsam wieder ab (Abbildung 12). Auch das Entladen, die anschließende Ruhepause im Stall und das erneute Verladen der Tiere der Variante 2 trägt nicht zu einer höheren Plasmaaktivität der CK und damit motorischer Belastung der Tiere bei. Mit Beginn des Transportes zeigen die Rinder in der Versuchsvariante 3 (Ausruhen im Fahrzeug bei verringerter Ladedichte) die größte Aktivität der CK. Dieser Unterschied bleibt auch während der Ruhepause erhalten, weshalb hier kein spezifischer Einfluß einer Vergrößerung des Liegeflächenangebotes gesehen werden kann. Wie der Tabelle 40 entnommen werden kann, beruht die hohe Plasmaaktivität der CK in LKW hauptsächlich auf dem Einfluß von 2 Tieren (Nr. 21 und 23). Nur in Variante 2 steigt durch das Entladen der Tiere nach dem Transport die Aktivität der CK geringfügig wieder an.



**Abb. 12:** Aktivität der Creatinkinase im Blutplasma transportierter Rinder (unterschiedliche Buchstaben:  $p \leq 0,01$ )

In den drei Versuchsvarianten bedingen jeweils unterschiedliche Standorte der Tiere im Fahrzeug die höchste Aktivität der CK (Tabellen 40 und 41). Dennoch liegt über alle Fahrzeuge gemittelt die Aktivität der CK bei den Tieren im unteren Ladedeck (Gruppe 4) deutlich unter der der Tiere im oberen, so daß der Standort „oberes Ladedeck“ (Gruppen 1 und 2) eine größere motorische Belastung der Tiere verursacht.

**Tab. 40: Aktivität der Creatinkinase im Blutplasma transportierter Rinder (U/l)**

Ztp Tier	1	2	3	4	5	6	7	8	$\bar{X}$	Grp	$\bar{X}$	LKW
1	143	116	-	128	119	118	104	97	83,98	1	68,00	1
2	56	43	65	47	69	92	64	64				
3	55	-	75	73	72	80	-	-				
4	40	45	-	-	-	-	-	-	64,21	2		
5	50	37	41	37	31	34	-	-				
6	95	85	130	108	79	76	69	71				
7	62	48	-	48	53	49	46	45	57,31	4		
8	92	70	-	60	55	52	46	45				
9	66	-	-	63	66	63	62	56				
10	38	30	50	42	62	84	64	65	61,01	1		
11	-	-	87	-	-	-	-	74				
12	-	-	64	68	57	60	-	71				
13	55	47	51	43	-	-	-	-	67,59	2		
14	35	-	57	60	42	42	39	40				
15	97	-	-	167	135	-	-	105				
16	81	65	104	88	80	69	62	64	73,03	4		
17	-	-	-	-	-	-	-	40				
18	82	72	110	85	65	63	59	53				
19	-	50	66	114	83	88	78	73	82,45	1		
20	88	80	82	93	83	72	68	72				
21	51	47	-	119	108	102	101	97				
22	-	-	-	-	-	-	-	-	101,22	2		
23	-	-	163	150	113	100	89	93				
24	65	72	88	102	78	-	-	-				
25	-	-	-	91	79	76	72	68	58,59	4		
26	-	-	36	36	36	55	49	50				
27	72	59	68	67	57	54	45	45				

**Tab. 41:** Ergebnisse der varianzanalytischen Berechnung der Aktivität der Creatinkinase im Blutplasma

General Linear Models Procedure					
Dependent Variable: CK					
	R-Square	C. V.	Root MSE	CK Mean	
	0.860046	17.91015	12.79246791	71.42580645	
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TIER(LKW*GRP)	21	66784.98120806	3180.23720038	19.43	0.0001
LKW	2	3580.49582765	1790.24791382	10.94	0.0001
GRP	2	3237.90314806	1618.95157403	9.89	0.0001
NR	7	8758.63737903	1251.23391129	7.65	0.0001
LKW*NR	14	2545.67586159	181.83399011	1.11	0.3586
GRP*NR	14	7334.07427820	523.86244844	3.20	0.0004

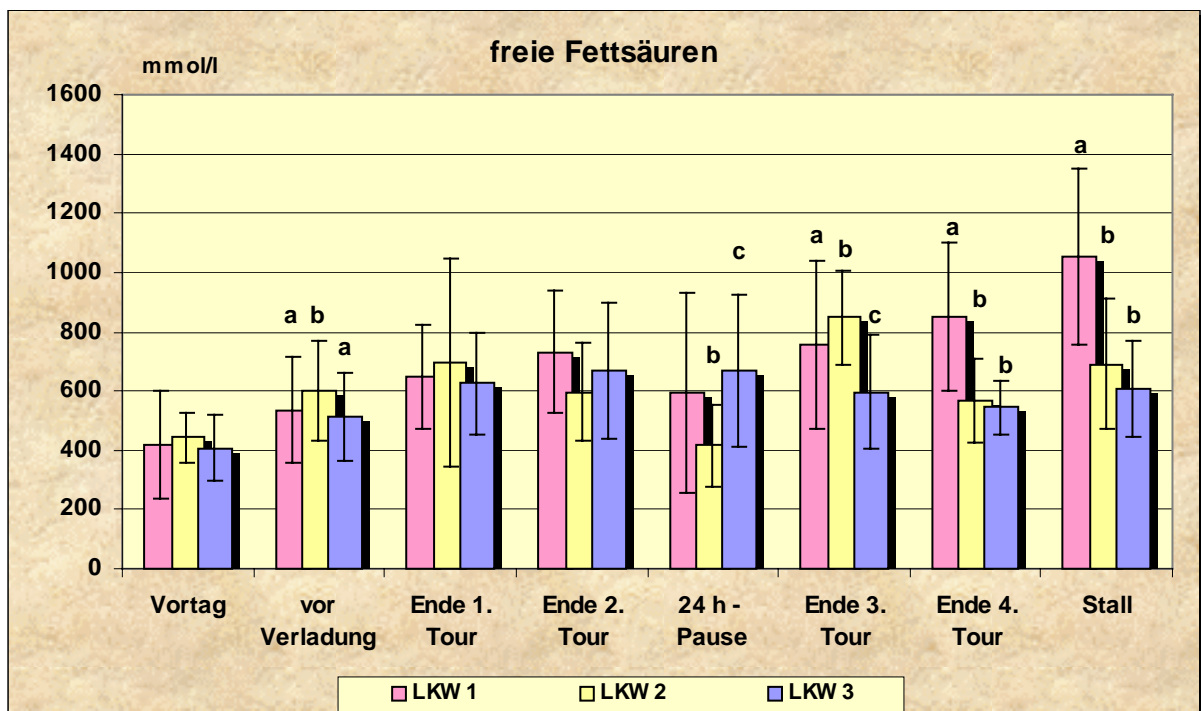
  

Least Squares Means						
LKW	CK LSMEAN	Std Err LSMEAN	Pr >  T  HO: LSMEAN=0	Pr >  T  HO: LSMEAN(I)=LSMEAN(J)		
				I/J	1	2
1	65.1506588	2.0346874	0.0001	1	0.6766	0.0001
2	66.5127580	2.6386377	0.0001	2	0.6766	0.0002
3	79.0988788	1.9520793	0.0001	3	0.0001	0.0002

GRP	CK LSMEAN	Std Err LSMEAN	Pr >  T  HO: LSMEAN=0	Pr >  T  HO: LSMEAN(I)=LSMEAN(J)		
				I/J	1	2
1	75.8622864	1.9700650	0.0001	1	0.2503	0.0001
2	72.3565070	2.3357726	0.0001	2	0.2503	0.0033
4	62.5435022	2.3363363	0.0001	3	0.0001	0.0033

### 3.5.5 unveresterte (freie) Fettsäuren



**Abb. 13:** Unveresterte Fettsäuren im Blutplasma transportierter Rinder (ungleiche Buchstaben:  $p \geq 0,05$ )

**Tab. 42: Konzentration von freien Fettsäuren im Blutplasma transportierter Rinder (mmol/l)**

Ztp Tier	1	2	3	4	5	6	7	8	$\bar{X}$	Grp	$\bar{X}$	LKW
1	746	815	-	1158	1258	1294	1118	1347	894,4	1	648,5	1
2	452	676	530	756	577	936	1120	1423				
3	410	-	834	829	760	849	-	-				
4	541	698	-	-	-	-	-	-	524,5	2		
5	264	424	470	582	356	488	-	-				
6	489	482	765	636	335	552	558	752				
7	183	330	-	545	380	474	633	808	602,4	4		
8	409	459	-	785	554	863	971	1162				
9	298	-	-	559	519	586	704	828				
10	432	467	387	491	357	918	508	654	676,0	1		
11	-	-	1457	-	-	-	-	1062				
12	-	-	685	723	443	883	-	671				
13	490	726	532	465	-	-	-	-	616,5	2		
14	563	-	668	900	412	917	763	686				
15	415	-	-	548	550	-	-	614				
16	392	727	514	625	396	954	562	844	559,1	4		
17	-	-	-	-	-	-	-	858				
18	391	477	641	429	334	568	433	360				
19	-	456	542	787	774	576	593	500	649,4	1		
20	317	512	647	624	636	770	473	672				
21	301	426	-	1144	1167	890	562	919				
22	-	-	-	-	-	-	-	-	648,4	2		
23	-	-	625	514	537	648	630	482				
24	488	640	945	767	857	-	-	-				
25	-	-	-	601	421	328	372	456	487,4	4		
26	-	-	543	501	467	459	564	585				
27	449	416	450	422	474	508	614	631				

Durch die Belastungen während des Transportes steigen die Konzentrationen an unveresterten Fettsäuren im Blutplasma von Rindern in den Versuchsvarianten gleich im Mittel um etwa 100 mmol/l an (Abbildung 13). Sie steigen in den Varianten 1 und 3 im Verlaufe der 2. Transportphase weiter geringfügig an, während sie in der Variante 2 wieder abfallen. Hier ist zu vermuten, daß ein unterschiedlicher Fahrstil der Fahrer eine Rolle spielt, da die katalytische Aktivität der Fettgewebslipasen auch catecholaminvermittelt ist. Die Unterschiede zwischen den Varianten sind hier jedoch noch nicht signifikant. Absicherbare Unterschiede ergeben sich erst während und nach der 24stündigen Ruhepause. Hier zeigen die Rinder der Variante 2 (abgeladen) die geringsten FFA-Gehalte im Blutplasma, während in Variante 1 eine moderate und in Variante 3 keine Absenkung zu verzeichnen ist. Die Ruhebedingungen und im Vergleich zum



LKW besseren Versorgungsmöglichkeiten im Stall lassen in der Variante 2 ein Ausruhen der Tiere zu, das ein Erreichen von Ruhewerten ermöglicht.

Deutliche Unterschiede ergeben sich nach der Ruhepause während der Tour 3, wo die Tiere der Variante 2 die höchsten Konzentrationen an FFA zeigen. Offenbar wird durch das erneute Verladen der Ausruheeffekt umgekehrt und die Tiere zu einer erhöhten Mobilisation von Energievorräten veranlaßt. Im Verlauf des weiteren Transportes fallen die FFA-Spiegel dieser Tiere jedoch wieder ab. Eine gegenläufige Entwicklung erfolgt bei den Tieren der Untersuchungsvarianten 1 und 3. Nach der Ruhepause steigt in der Variante 1 der FFA – Spiegel der Tiere kontinuierlich bis auf Mittelwerte von über 1000 mmol/l an, während er bei den Tieren der Variante 3 kontinuierlich abfällt. Da die Fahrtbedingungen sich nicht grundsätzlich geändert haben, liegt die Vermutung nahe, daß im LKW 1 ein Ausruhen bei hoher Ladedichte eine nachhaltige Umstellung des Stoffwechsels auf katabolen Fettgewebsabbau zur Energiebereitstellung während der nachfolgenden Transportabschnitte induziert.

**Tab. 44: Ergebnisse der varianzanalytischen Berechnung der Konzentration von freien Fettsäuren im Blutplasma von Rindern beim Transport**

General Linear Model s Procedure					
Dependent Variable: FFA					
	R-Square	C. V.	Root MSE	FFA Mean	
	0.844927	19.24615	121.56613604	631.63870968	
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TIER(LKW*GRP)	21	2699145.17977073	128530.72284623	8.70	0.0001
LKW	2	463886.53656618	231943.26828309	15.69	0.0001
GRP	2	1021035.01263272	510517.50631636	34.55	0.0001
NR	7	1455659.09324415	207951.29903488	14.07	0.0001
LKW*NR	14	1069817.22714573	76415.51622470	5.17	0.0001
GRP*NR	14	278792.74942623	19913.76781616	1.35	0.1953

General Linear Model s Procedure							
Least Squares Means							
LKW	FFA LSMEAN	Std Err LSMEAN	Pr >  T  HO: LSMEAN=0	Pr >  T  I/J	HO: LSMEAN(I)=LSMEAN(J)	1	2 3
1	698.605544	19.335525	0.0001	1 .	0.6593	0.0001	
2	684.922531	25.074832	0.0001	2 0.6593	.	0.0005	
3	573.290791	18.550505	0.0001	3 0.0001	0.0005	.	

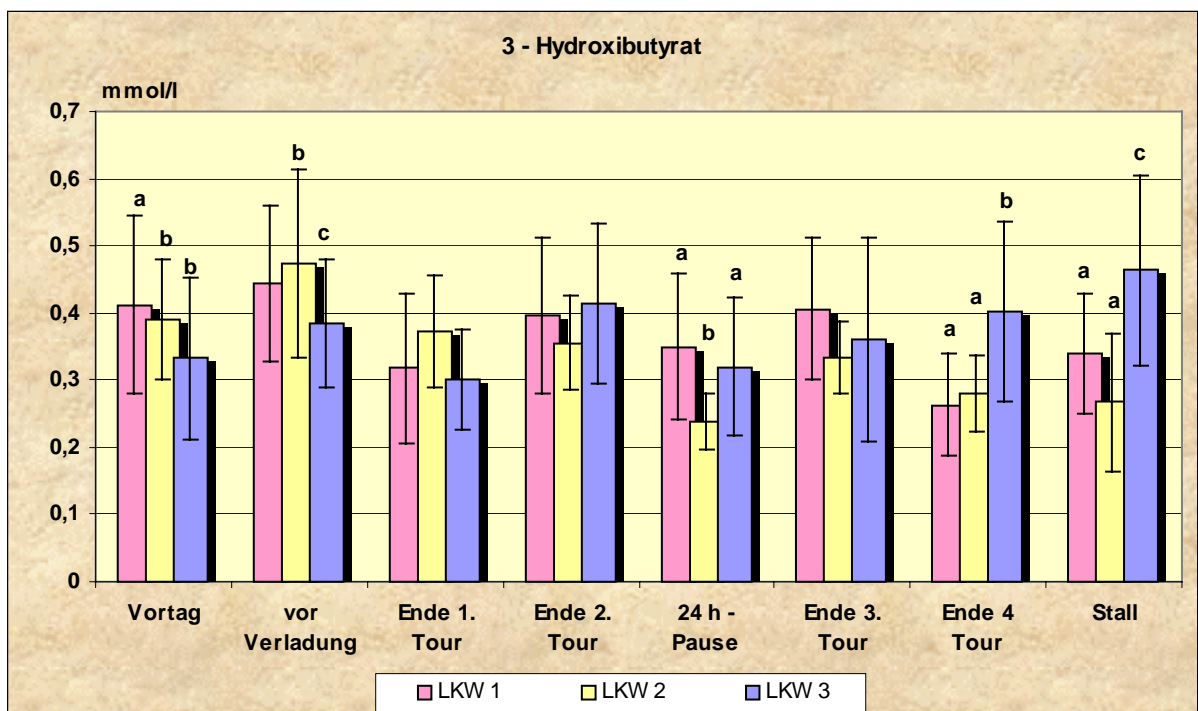
General Linear Model s Procedure							
Least Squares Means							
GRP	FFA LSMEAN	Std Err LSMEAN	Pr >  T  HO: LSMEAN=0	Pr >  T  I/J	HO: LSMEAN(I)=LSMEAN(J)	1	2 4
1	777.617806	18.721422	0.0001	1 .	0.0001	0.0001	
2	626.089713	22.196722	0.0001	2 0.0001	.	0.0204	
4	553.111346	22.202079	0.0001	3 0.0001	0.0204	.	

Bei der varianzanalytischen Berechnung der Ergebnisse wird deutlich, daß ein hochsignifikanter individueller Einfluß durch die Tiere (TIER), durch die Versuchsvariante (LKW), durch die Unterbringung im Fahrzeug (GRP) und durch den Transportabschnitt (NR) vorliegt (Tabelle 43). Anhand der F-Werte wird deutlich, daß dabei der Einfluß der GRP überwiegt. Beim Vergleich der Varianten liegen die FFA-Konzentrationen der Tiere in Fahrzeug 3 signifikant unter denen der Fahrzeuge 1 und 2, die sich nicht unterscheiden. Unter energetischen Gesichtspunkten ist ein Ausruhen im Fahrzeug bei hoher Ladedichte vergleichbar mit dem Abladen in einen den Tieren bekannten Stall. Das Ausruhen im Fahrzeug bei reduzierter Ladedichte erzielt hier das beste Resultat.

Wie auch beim Cortisol stellt die Unterbringung der Tiere im oberen Ladedeck, insbesondere in der vorderen Abteilung, hinsichtlich der Beanspruchung des Energiehaushaltes die höchsten Anforderungen an die Tiere.

### 3.5.6 3-Hydroxybutyrat

In Abbildung 14 sind die Konzentrationen des Ketokörpers 3 – Hydroxybutyrat (3-HB) im Blutplasma der transportierten Rinder zu den einzelnen Transportabschnitten dargestellt. Sie geben ein relativ uneinheitliches Bild, wobei die Höchstkonzentrationen zu den verschiedenen Zeitpunkten zwischen den Varianten wechseln. Durch den Transport kommt es in allen Varianten im Vergleich zu den Ausgangswerten zu einer Absenkung des 3-HB-Spiegels, die durch eine Futterumstellung bei Anlieferung in der Transportstation verursacht sein könnte.



**Abb. 14:** Konzentration von 3-HB im Blutplasma transportierter Rinder (ungleiche Buchstaben:  $p \geq 0,05$ )

Trotz einiger Unterschiede im 3-HB-Spiegel zwischen den Varianten in einzelnen Transportabschnitten sind systemische Einflüsse (LKW) hier nicht nachzuweisen (Tabelle 44,  $p = 0,7$ ). Tendenziell kommt es in Variante 1 zu einer leichten Absenkung und in Variante 2 zu einem Anstieg der 3-HB-Konzentration, während diese in Variante 3 in etwa gleich bleibt.

Wie bei den freien Fettsäuren überwiegt als Einflußgröße auf den Blutspiegel der 3-HB die Unterbringung der Tiere in den verschiedenen Abteilungen im Fahrzeug (Tabellen 43 und 44). Auch hier erfolgt im oberen Ladedeck eine signifikant höhere Belastung der Tiere.

**Tab. 45:** Konzentration von 3-HB im Blutplasma transportierter Rinder (mmol/l)

Ztp Tier	1	2	3	4	5	6	7	8	$\bar{X}$	Grp	$\bar{X}$	LKW
1	0,47	0,45	-	0,29	0,47	0,38	0,22	0,32	0,35	1	0,37	1
2	0,41	0,40	0,19	0,31	0,30	0,36	0,22	0,31				
3	0,23	-	0,31	0,53	0,31	0,52	-	-				
4	0,43	0,54	-	-	-	-	-	-	0,42	2		
5	0,29	0,36	0,31	0,36	0,31	0,37	-	-				
6	0,64	0,56	0,46	0,52	0,37	0,43	0,37	0,40				
7	0,34	0,36	-	0,25	0,38	0,24	0,20	0,29	0,36	4		
8	0,52	0,43	-	0,54	0,32	0,58	0,35	0,47				
9	0,42	-	-	0,37	0,34	0,37	0,22	0,27				
10	0,43	0,44	0,31	0,29	0,23	0,40	0,33	0,19	0,35	1		
11	-	-	0,55	-	-	-	-	0,43				
12	-	-	0,39	0,46	0,23	0,37	-	0,14				
13	0,47	0,62	0,36	0,33	-	-	-	-	0,34	2		
14	0,39	-	0,33	0,42	0,26	0,34	0,31	0,21				
15	0,26	-	-	0,29	0,23	-	-	0,30				
16	0,42	0,46	0,35	0,40	0,21	0,28	0,28	0,38	0,32	4		
17	-	-	-	-	-	-	-	0,24				
18	0,34	0,37	0,32	0,30	0,27	0,28	0,20	0,28				
19	-	0,42	0,29	0,46	0,47	0,56	0,56	0,53	0,43	1		
20	0,28	0,45	0,33	0,42	0,33	0,35	0,32	0,47				
21	0,23	0,27	-	0,60	0,45	0,57	0,49	0,67				
22	-	-	-	-	-	-	-	-	0,42	2		
23	-	-	0,28	0,47	0,31	0,32	0,55	0,53				
24	0,48	0,41	0,41	0,48	0,33	-	-	-				
25	-	-	-	0,29	0,19	0,17	0,20	0,28	0,37	4		
26	-	-	0,31	0,37	0,24	0,32	0,37	0,40				
27	0,27	0,32	0,18	0,22	0,84	0,23	0,33	0,38				

**Tab. 46:** Ergebnisse der varianzanalytischen Berechnung der Konzentration von 3-HB im Blutplasma von Rindern im Transport

General Linear Models Procedure					
Dependent Variable: 3-HB					
	R-Square	C. V.	Root MSE	3-HB Mean	
	0.637170	24.32304	0.08892819	0.36561290	
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TIER(LKW*GRP)	21	0.51338005	0.02444667	3.09	0.0001
LKW	2	0.00554774	0.00277387	0.35	0.7051
GRP	2	0.11234088	0.05617044	7.10	0.0013
NR	7	0.12158092	0.01736870	2.20	0.0413
LKW*NR	14	0.35523134	0.02537367	3.21	0.0004
GRP*NR	14	0.09602427	0.00685888	0.87	0.5957

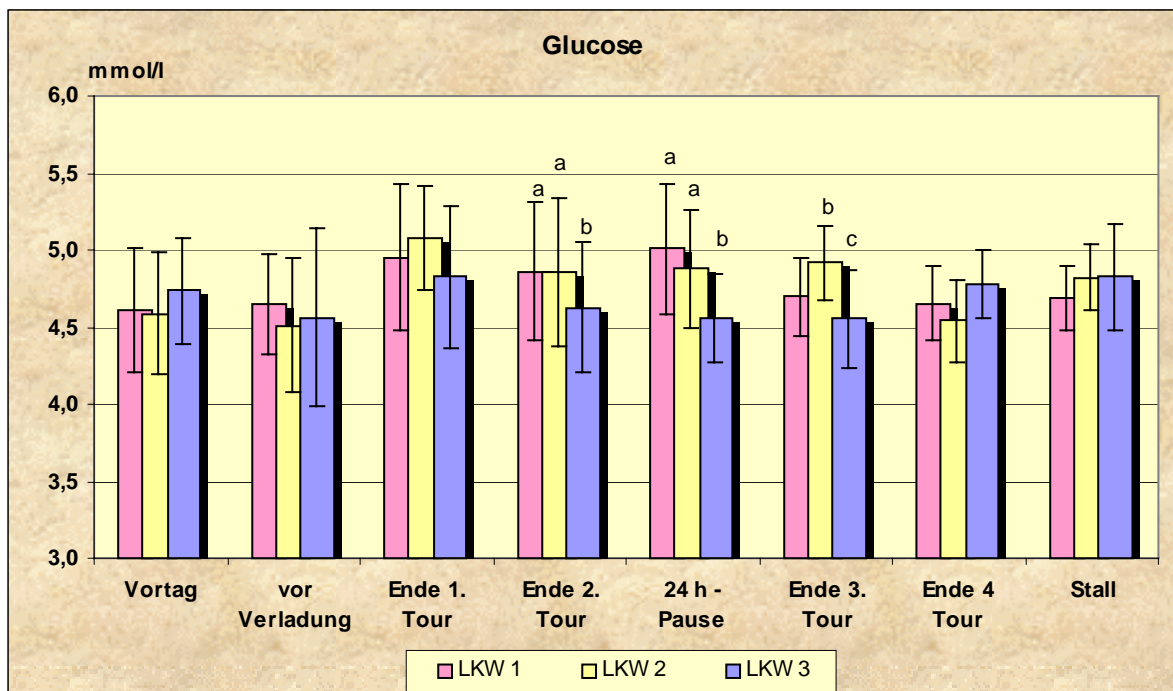
  

General Linear Models Procedure Least Squares Means							
LKW	3-HB LSMEAN	Std Err LSMEAN	Pr >  T  HO: LSMEAN=0	Pr >  T  HO: LSMEAN(I)=LSMEAN(J)			
				I/J	1	2	3
1	0.36688993	0.01414434	0.0001	1	.	0.5723	0.6180
2	0.35406603	0.01834277	0.0001	2	0.5723	.	0.3241
3	0.37660694	0.01357008	0.0001	3	0.6180	0.3241	.

GRP	3-HB LSMEAN	Std Err LSMEAN	Pr >  T  HO: LSMEAN=0	Pr >  T  HO: LSMEAN(I)=LSMEAN(J)			
				I/J	1	2	4
1	0.39142649	0.01369511	0.0001	1	.	0.8942	0.0006
2	0.38861660	0.01623737	0.0001	2	0.8942	.	0.0022
4	0.31751981	0.01624129	0.0001	4	0.0006	0.0022	.

### 3.5.7 Glucose



**Abb. 15:** Glucosekonzentration im Blutplasma transportierter Rinder (ungleiche Buchstaben:  $p \geq 0,01$ )

**Tab. 47: Konzentration von Glucose im Blutplasma transportierter Rinder (mmol/l)**

Ztp Tier	1	2	3	4	5	6	7	8	$\bar{X}$	Grp	$\bar{X}$	LKW
1	4,91	5,31	-	5,64	5,51	4,97	5,01	4,72	5,10	1		
2	4,88	4,82	5,54	5,41	5,38	5,05	4,78	4,96				
3	5,29	-	5,12	4,73	5,30	4,65	-	-				
4	4,65	4,75	-	-	-	-	-	-	4,91	2	4,87	1
5	4,29	4,40	4,51	4,69	4,65	4,52	-	-				
6	10,34	4,39	4,64	4,52	4,67	4,49	4,46	4,62				
7	4,41	4,56	-	4,32	4,54	4,30	4,39	4,41	4,61	4		
8	4,35	4,60	-	4,68	4,84	4,79	4,51	4,57				
9	4,45	-	-	4,90	5,17	4,81	4,78	4,85				
10	4,20	4,29	4,58	4,06	4,36	4,58	4,22	4,54	4,70	1		
11	-	-	4,96	-	-	-	-	4,85				
12	-	-	5,24	5,15	5,13	5,07	-	5,21				
13	4,65	4,30	5,63	4,96	-	-	-	-	4,74	2	4,81	2
14	4,37	-	4,79	4,31	4,56	4,77	4,47	4,87				
15	4,97	-	-	4,93	4,85	-	-	4,74				
16	4,49	4,47	5,11	5,32	5,02	4,98	4,62	4,86	4,96	4		
17	-	-	-	-	-	-	-	4,98				
18	4,91	4,98	5,24	5,26	5,35	5,18	4,85	4,77				
19	-	4,08	4,69	5,02	4,94	4,47	4,73	4,82	4,75	1		
20	4,60	4,22	4,90	4,95	4,46	4,59	4,66	4,66				
21	4,43	5,55	-	4,63	4,90	5,12	4,80	5,20				
22	-	-	-	-	-	-	-	-	4,50	2	4,68	3
23	-	-	4,20	3,94	4,12	4,10	4,42	4,27				
24	5,11	4,96	4,97	4,76	4,62	-	-	-				
25	-	-	-	4,69	4,58	4,58	5,01	5,22	4,71	4		
26	-	-	5,58	4,99	4,43	4,69	5,08	5,05				
27	4,58	4,30	4,61	4,03	4,41	4,34	4,78	4,61				

Die catecholamininduzierte Bereitstellung des Energieträgers Glucose erfolgt beim Wiederkäuer größtenteils über die Gluconeogenese. In Belastungssituationen wird so die Glucosekonzentration im Blutplasma erhöht, um Energiesubstrate für die „Fight and Flight“ – Reaktion bereitzustellen. Zu Beginn des Transportes (Abbildung 15) erfolgt in den Varianten 1 und 2 diese Erhöhung ( $p \geq 0,01$ ) gegenüber den Werten vor der Verladung. Die Glucosekonzentration der Tiere dieser beiden Varianten bleiben mit Ausnahme der Tour 4 während des gesamten Transportes erhöht, während die der Variante 3 nahezu Ruhewerte aufweisen. Von Bedeutung ist hier, daß auch während der Ruhepause keine Absenkung der Glucosekonzentration erfolgt. Hinsichtlich der energetischen Belastung der Tiere wirken sich somit das Ausruhen der Tiere im Fahrzeug bei hoher Ladedichte und das Abladen in den Stall gleich aus, während das Aus-

ruhen im Fahrzeug bei reduzierter Ladedichte signifikant geringere Belastungsreaktionen hervorruft.

Mit einem F-Wert von 7,56 (Tabelle 48) zeigen individuelle Reaktionen der Tiere auf die Belastungen durch den Transport den größten Einfluß auf den Glucosespiegel, gefolgt vom Ort der Unterbringung im Fahrzeug (GRP). Der Effekt der Untersuchungsvariante (LKW) bleibt knapp unter der Signifikanzgrenze, obwohl der Unterschied zwischen den Versuchsvarianten 2 und 3 absicherbar ist.

**Tab. 48: Ergebnisse der varianzanalytischen Berechnung der Glucosekonzentration im Blutplasma von Rindern beim Transport**

General Linear Model s Procedure					
Dependent Variable: GLUCOSE					
	R-Square	C. V.	Root MSE	GLUC Mean	
	0.743918	4.875154	0.23169961	4.75266234	
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TIER(LKW*GRP)	21	8.52654703	0.40602605	7.56	0.0001
LKW	2	0.32209253	0.16104626	3.00	0.0546
GRP	2	0.62599587	0.31299793	5.83	0.0041
NR	7	1.50922093	0.21560299	4.02	0.0007
LKW*NR	14	1.69181004	0.12084357	2.25	0.0110
GRP*NR	14	0.42525864	0.03037562	0.57	0.8850

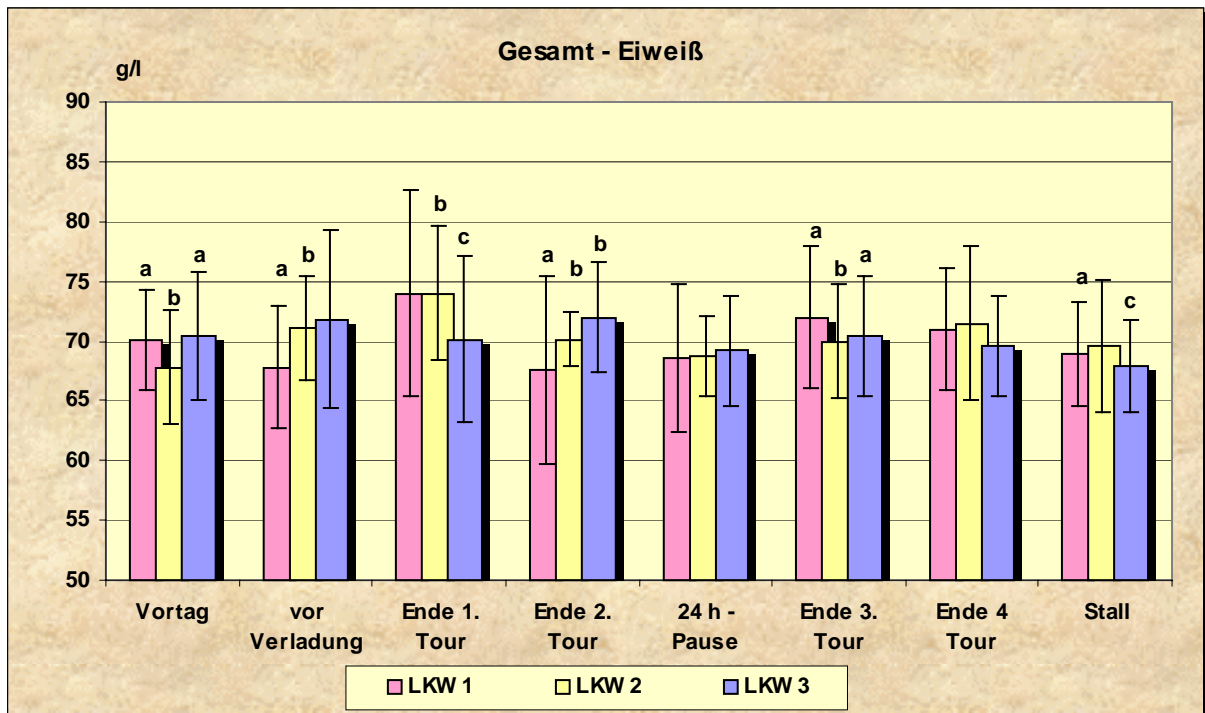
  

General Linear Model s Procedure						
Least Squares Means						
LKW	GLUC LSMEAN	Std Err LSMEAN	Pr >  T  HO: LSMEAN=0	Pr >  T  I/J	HO: LSMEAN(I)=LSMEAN(J)	
					1	2
1	4.78359666	0.03686757	0.0001	1 .	0.5737	0.0535
2	4.81689859	0.04786945	0.0001	2 0.5737	.	0.0281
3	4.68463118	0.03535869	0.0001	3 0.0535	0.0281	.

General Linear Model s Procedure						
Least Squares Means						
GRP	GLUC LSMEAN	Std Err LSMEAN	Pr >  T  HO: LSMEAN=0	Pr >  T  I/J	HO: LSMEAN(I)=LSMEAN(J)	
					1	2
1	4.84463242	0.03570679	0.0001	1 .	0.0008	0.2920
2	4.65334566	0.04233228	0.0001	2 0.0008	.	0.0255
4	4.78714835	0.04233806	0.0001	4 0.2920	0.0255	.

### 3.5.8 Gesamteiweiß



**Abb. 15:** Konzentration von Gesamteiweiß im Blutplasma transportierter Rinder (ungleiche Buchstaben:  $p \geq 0,05$ )

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 (Interstitium). In Belastungssituationen wie dem Transport kommt es durch den erhöhten Blutdruck zu einer Flüssigkeitsverschiebung in den extravasalen Raum, die sich durch erhöhte Konzentrationen von Gesamteiweiß im Plasma ausdrückt. Dies ist in Abbildung 15 zu Beginn des Transportes bei den Varianten 1 und 2 der Fall ( $p \geq 0,05$ ). Im Verlauf des Transportes ist keine absicherbare Erhöhung der Konzentration des Gesamteiweiß festzustellen, die für eine Dehydratation der Tiere sprechen würde. Trotz mehrfacher statistisch absicherbarer Unterschiede zwischen den Untersuchungsvarianten in verschiedenen Transportabschnitten bleibt der Einfluß der Variante (LKW), insbesondere zur Ruhepause, ohne Signifikanz (Tabelle 50). Es überwiegt neben den individuellen Einflüssen (TIER) auf die Eiweißkonzentration im Blutplasma bei weitem der Effekt „Standort im Fahrzeug“ (GRP), bei dem die Tiere in Gruppe 1 (oberes Ladendeck, vorne) die größte Hämokonzentration aufweisen.

**Tab. 49: Konzentration von Gesamteiweiß im Blutplasma von Rindern (g/l)**

Ztp Tier	1	2	3	4	5	6	7	8	$\bar{X}$	Grp	$\bar{X}$	LKW
1	73	75	-	75	77	74	78	73	75,09	1	69,31	1
2	72	73	76	67	71	74	72	71				
3	77	-	84	83	73	84	-	-				
4	68	66	-	-	-	-	-	-	66,98	2		
5	63	65	63	62	65	70	-	-				
6	71	68	73	67	66	69	68	69				
7	67	65	-	60	61	63	63	62	66,78	4		
8	70	68	-	65	70	72	73	72				
9	69	-	-	61	66	70	72	67				
10	72	75	84	70	74	78	81	79	74,00	1	70,37	2
11	-	-	79	-	-	-	-	75				
12	-	-	70	68	66	68	-	71				
13	65	71	70	74	-	-	-	-	69,32	2		
14	67	-	72	71	69	71	67	68				
15	66	-	-	70	67	-	-	71				
16	71	72	74	71	70	67	69	68	68,09	4		
17	-	-	-	-	-	-	-	66				
18	64	67	69	67	66	66	69	62				
19	-	62	62	66	66	65	70	66	69,60	1	69,88	3
20	70	72	74	74	70	72	69	69				
21	69	68	-	74	75	75	74	71				
22	-	-	-	-	-	-	-	-	70,82	2		
23	-	-	71	73	73	75	72	72				
24	65	73	69	71	65	-	-	-				
25	-	-	-	68	65	64	64	63	69,67	4		
26	-	-	64	69	65	67	64	64				
27	76	74	81	81	74	75	74	72				



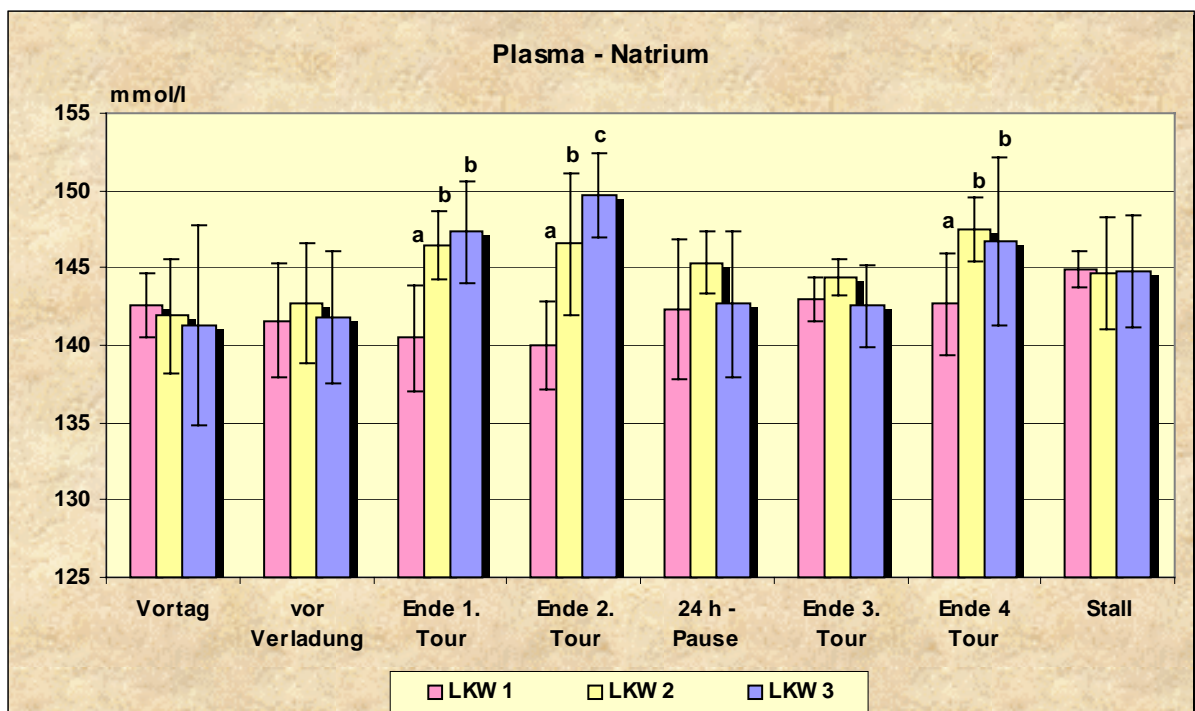
**Tab. 50:** Ergebnisse der varianzanalytischen Berechnung der Konzentration von Gesamteiweiß im Blutplasma von Rindern beim Transport

General Linear Model s Procedure					
Dependent Variable: GE					
	R-Square	C. V.	Root MSE	GE Mean	
	0.849169	3.497333	2.44903572	70.02580645	
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TIER(LKW*GRP)	21	1969.83358631	93.80159935	15.64	0.0001
LKW	2	16.85751049	8.42875524	1.41	0.2504
GRP	2	535.18212400	267.59106200	44.62	0.0001
NR	7	155.52349362	22.21764195	3.70	0.0014
LKW*NR	14	204.24965651	14.58926118	2.43	0.0058
GRP*NR	14	114.78677813	8.19905558	1.37	0.1850

General Linear Model s Procedure							
Least Squares Means							
LKW	GE LSMEAN	Std Err LSMEAN	Pr >  T  HO: LSMEAN=0	Pr >  T  I/J	HO: LSMEAN(I)=LSMEAN(J)		
1	70.0282824	0.3895278	0.0001	1 .	0.7228	0.4066	
2	70.2500210	0.5051502	0.0001	2 0.7228	.	0.2891	
3	69.5824121	0.3737130	0.0001	3 0.4066	0.2891	.	
GRP	GE LSMEAN	Std Err LSMEAN	Pr >  T  HO: LSMEAN=0	Pr >  T  I/J	HO: LSMEAN(I)=LSMEAN(J)		
1	72.9056410	0.3771563	0.0001	1 .	0.0001	0.0001	
2	68.9284298	0.4471687	0.0001	2 0.0001	.	0.1512	
4	68.0266447	0.4472766	0.0001	4 0.0001	0.1512	.	

### 3.5.9 Natrium



**Abb. 16:** Natriumkonzentration im Blutplasma von Rindern beim Transport (ungleiche Buchstaben:  $p \geq 0,01$ )

**Tab. 51: Natriumkonzentration im Blutplasma von Rindern (mmol/l)**

Ztp Tier	1	2	3	4	5	6	7	8	$\bar{X}$	Grp	$\bar{X}$	LKW
1	144	142	-	138	141	143	148	144	142,68	1	142,24	1
2	142	143	142	142	139	143	144	145				
3	144	-	144	144	139	143	-	-				
4	145	143	-	-	-	-	-	-	142,05	2		
5	141	141	140	143	144	146	-	-				
6	142	140	136	140	142	143	142	145				
7	141	141	-	136	143	141	141	145	141,95	4		
8	141	142	-	140	144	142	143	146				
9	144	-	-	137	145	143	138	146				
10	145	142	149	141	145	145	145	150	146,23	1		
11	-	-	146	-	-	-	-	148				
12	-	-	149	150	147	146	-	146				
13	139	144	144	144	-	-	-	-	145,24	2	145,01	2
14	144	-	144	155	146	144	150	145				
15	144	-	-	146	145	-	-	145				
16	143	144	148	146	146	143	147	145	143,72	4		
17	-	-	-	-	-	-	-	139				
18	138	140	145	144	142	144	148	140				
19	-	140	146	151	152	143	158	149	145,48	1		
20	138	139	144	154	139	142	146	145				
21	141	143	-	148	142	147	148	148				
22	-	-	-	-	-	-	-	-	146,95	2	144,90	3
23	-	-	150	149	143	143	147	148				
24	146	146	148	153	144	-	-	-				
25	-	-	-	148	144	139	142	140	143,06	4		
26	-	-	144	149	140	144	143	141				
27	141	141	152	146	138	140	143	143				

Das extracelluläre Kation Natrium bestimmt im Wesentlichen die Serumosmolalität und damit das intracelluläre Flüssigkeitsvolumen. Bei erhöhten Wasserverlusten (Thermoregulation, Durchfall) kann es zu einer isotonen Dehydratation kommen, wobei der  $\text{Na}^+$ -Spiegel nicht verändert ist. Bei gleichzeitigem Sistieren der Wasseraufnahme (fehlender Zugang, Krankheit) ist eine hypertone Dehydratation die Folge, bei der der  $\text{Na}^+$ -Spiegel erhöht ist. Der Normbereich beim Säugetier liegt bei 135 bis 145 mmol/l. Der Natriumspiegel steigt in der vorliegenden Untersuchung sowohl vor (Varianten 2 und 3) als auch nach der 24stündigen Fahrtunterbrechung an (alle Varianten, Abbildung 16). Während der Ruhepause sinkt er in den Varianten 2 (moderat auf den Grenzwert von 145 mmol/l) und 3, in der Variante 1 (Ausruhen im Fahrzeug bei hoher Ladedichte) steigt er an. Da die Transporte zu relativ niedrigen Umgebungstemperaturen stattfanden (etwa 12 bis 15 °C), die die Thermoregulation der Tiere nicht übermäßig be-

anspruchten, könnte das Überschreiten des Grenzwertes von 145 mmol/l in den Varianten 2 und 3 an einer defekten oder unzureichenden Wasserversorgung im Fahrzeug liegen, zumal die Na<sup>+</sup>-Konzentration zum Ende des Transportes in diesen Varianten wieder zunimmt. Die unterschiedliche Gestaltung der Ruhepause ist ohne Bedeutung für den Flüssigkeitshaushalt der Tiere. Dennoch zeigen sich in der Varianzanalyse signifikante Einflüsse durch die Versuchsvariante (Tabellen 51 und 52). Diese dürften durch die technische Ausstattung und deren Anwendung im Fahrzeug begründet sein. Es wird hier deutlich, daß auch unter optimalen Transportbedingungen eine ausreichende Wasserversorgung der Tiere im Fahrzeug unabdingbar ist. Für den Flüssigkeitshaushalt ist auch der Standort der Tiere im Fahrzeug nicht ohne Bedeutung (GRP, Tabelle 52). Wie bei anderen Parametern scheint das obere Ladendeck, besonders in vorderen Abteilungen, eine stärkere Belastung des Flüssigkeitshaushaltes der Tiere hervorzurufen.

**Tab. 52: Ergebnisse der varianzanalytischen Berechnung der Natriumkonzentration im Blutplasma von Rindern beim Transport**

General Linear Model s Procedure					
Dependent Variable: NA					
	R-Square	C. V.	Root MSE	NA Mean	
	0.692648	1.819351	2.61974874	143.99354839	
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TIER(LKW*GRP)	21	258.43823037	12.30658240	1.79	0.0303
LKW	2	118.99647767	59.49823884	8.67	0.0004
GRP	2	133.96844941	66.98422470	9.76	0.0001
NR	7	263.80998570	37.68714081	5.49	0.0001
LKW*NR	14	381.99321005	27.28522929	3.98	0.0001
GRP*NR	14	106.96769076	7.64054934	1.11	0.3568

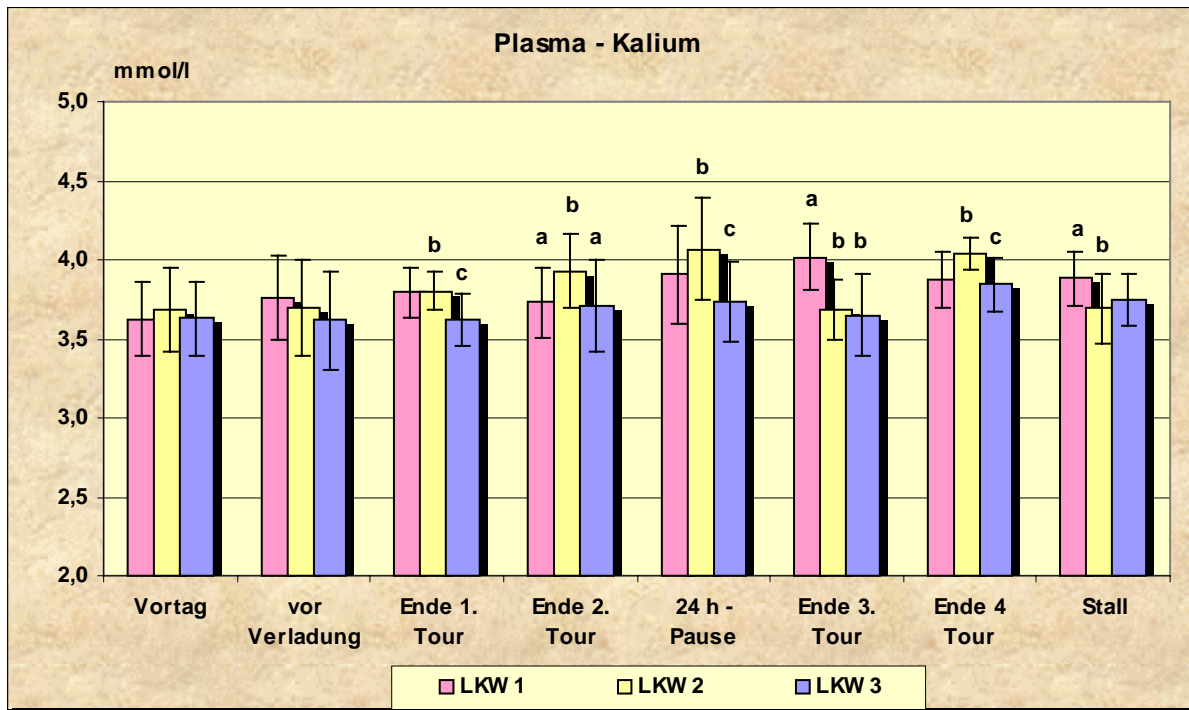
  

General Linear Model s Procedure								
Least Squares Means								
LKW	NA LSMEAN	Std Err LSMEAN	Pr >  T  HO: LSMEAN=0	Pr >  T  I/J	HO: LSMEAN(I)=LSMEAN(J)	1	2	3
1	142.635981	0.416680	0.0001	1 .	0.0034	0.0001		
2	144.639974	0.540362	0.0001	2 0.0034	.	0.6600		
3	144.935624	0.399763	0.0001	3 0.0001	0.6600	.		

GRP	NA LSMEAN	Std Err LSMEAN	Pr >  T  HO: LSMEAN=0	Pr >  T  I/J	HO: LSMEAN(I)=LSMEAN(J)	1	2	4
1	144.979563	0.403446	0.0001	1 .	0.8058	0.0001		
2	144.826548	0.478339	0.0001	2 0.8058	.	0.0005		
4	142.405467	0.478455	0.0001	3 0.0001	0.0005	.		

### 3.5.10 Kalium



**Abb. 17:** Kaliumkonzentration im Blutplasma von Rindern beim Transport (ungleiche Buchstaben:  $p \geq 0,05$ )

Das Kation Kalium kommt beim Warmblüter nahezu ausschließlich intracellulär vor. 90 % der Kaliumbalance wird von der Niere aufrecht erhalten, 10 % vom Darm. Bei Störungen des Flüssigkeitshaushaltes (steigende Osmolalität –  $\text{Na}^+$ -Konzentration) oder des Säure – Basen – Gleichgewichtes (z. B. Lactacidämie im Stress) steigt die  $\text{K}^+$ -Konzentration im Blutplasma, deren Normbereich beim Rind bei 3,5 bis 4,5 mmol/l liegt. Obwohl zu Beginn des Transportes signifikante Unterschiede zwischen den untersuchten Transportvarianten eintreten (Abbildung 17), sind hier jedoch keine kurzfristigen Veränderungen wie beim Natrium zu verzeichnen. Es kommt vielmehr während des Transportes hauptsächlich in den Varianten 1 und 2 zu einem stetigen Anstieg der  $\text{K}^+$ -Konzentration, die mit einer tendenziell zunehmenden Hämokonzentration einhergeht (siehe Gesamteiweiß, Natrium-Konzentration). Ohne pathologische Grenzwerte zu erreichen, zeigen sowohl Eiweiß-, Natrium- als auch Kaliumkonzentrationen einen zunehmenden Regulationsbedarf im Flüssigkeitshaushalt der Tiere besonders in den Varianten 1 und 2 an. Dieser dürfte bei erhöhten Umgebungstemperaturen deutlich zunehmen, so daß unter diesen Bedingungen Ventilation und Wasserversorgung beim Rindertransport eine entscheidende Bedeutung erlangen, damit die Tiere eine Thermoregulation aufrecht erhalten können. Auch unter optimalen Bedingungen im Ruhestall ist die im Vergleich zu den Varianten 1 und 3 (Ausruhen im Fahrzeug) erhöhte Kaliumkonzentration nicht kompensiert, während in Fahrzeug 3 der Kaliumhaushalt der Tiere in keiner Transportphase verändert ist. Hierdurch ergeben sich systemische Unterschiede zwischen den Transportvarianten (Tabelle 53 und 54), die in etwa so groß sind wie die individuellen Einflüsse durch die Tiere selbst. Der Standort im Fahrzeug spielt hinsichtlich des Kaliumhaushaltes keine Rolle.

**Tab. 53: Kaliumkonzentration im Blutplasma von Rindern (mmol/l)**

Ztp Tier	1	2	3	4	5	6	7	8	$\bar{X}$	Grp	$\bar{X}$	LKW				
1	3,32	3,40	-	3,61	3,44	3,77	4,04	3,84	3,82	1	3,82	1				
2	3,29	4,04	3,79	3,74	3,96	4,39	4,07	4,07								
3	3,66	-	4,02	3,92	3,84	4,16	-	-								
4	3,65	3,56	-	-	-	-	-	-	3,77	2			3,82	1		
5	3,78	3,79	3,65	3,50	3,65	3,81	-	-								
6	3,77	3,84	3,72	3,87	4,00	4,00	3,83	3,90								
7	3,83	3,70	-	3,69	4,03	3,93	3,72	3,77	3,86	4					3,82	1
8	3,84	4,03	-	4,07	4,37	4,16	3,94	3,95								
9	3,51	-	-	3,43	3,95	3,91	3,64	3,78								
10	3,46	3,36	3,73	3,44	4,22	3,84	4,00	3,72	3,71	1	3,82	2				
11	-	-	3,66	-	-	-	-	3,68								
12	-	-	3,68	3,99	3,78	3,65	-	3,41								
13	3,52	4,02	3,91	3,99	-	-	-	-	3,96	2			3,82	2		
14	3,93	-	3,90	3,89	4,39	3,81	4,06	3,78								
15	4,07	-	-	3,96	4,19	-	-	3,98								
16	3,80	3,78	3,96	4,20	4,19	3,73	4,16	3,90	3,80	4					3,82	2
17	-	-	-	-	-	-	-	3,53								
18	3,49	3,62	3,76	4,04	3,64	3,37	3,92	3,46								
19	-	3,53	3,67	3,58	3,74	3,84	3,82	3,74	3,72	1	3,69	3				
20	3,62	4,00	3,78	4,17	4,08	4,11	4,11	3,97								
21	3,44	3,26	-	3,38	3,22	3,48	3,75	3,56								
22	-	-	-	-	-	-	-	-	3,65	2			3,69	3		
23	-	-	3,76	3,56	3,76	3,57	3,71	3,62								
24	3,76	3,58	3,35	3,68	3,78	-	-	-								
25	-	-	-	3,92	3,89	3,41	4,02	3,88	3,69	4					3,69	3
26	-	-	3,61	3,99	3,71	3,71	3,86	3,83								
27	3,56	3,38	3,55	3,40	3,72	3,41	3,63	3,68								

**Tab. 54:** Ergebnisse der varianzanalytischen Berechnung der Kaliumkonzentration im Blutplasma von Rindern beim Transport

General Linear Model s Procedure					
Dependent Variable: K					
	R-Square	C. V.	Root MSE	K Mean	
	0.765865	3.962659	0.14972459	3.77838710	
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TIER(LKW*GRP)	21	3.33588518	0.15885168	7.09	0.0001
LKW	2	0.32420174	0.16210087	7.23	0.0012
GRP	2	0.03295465	0.01647733	0.74	0.4822
NR	7	0.84740209	0.12105744	5.40	0.0001
LKW*NR	14	0.98402423	0.07028744	3.14	0.0005
GRP*NR	14	0.84710249	0.06050732	2.70	0.0023

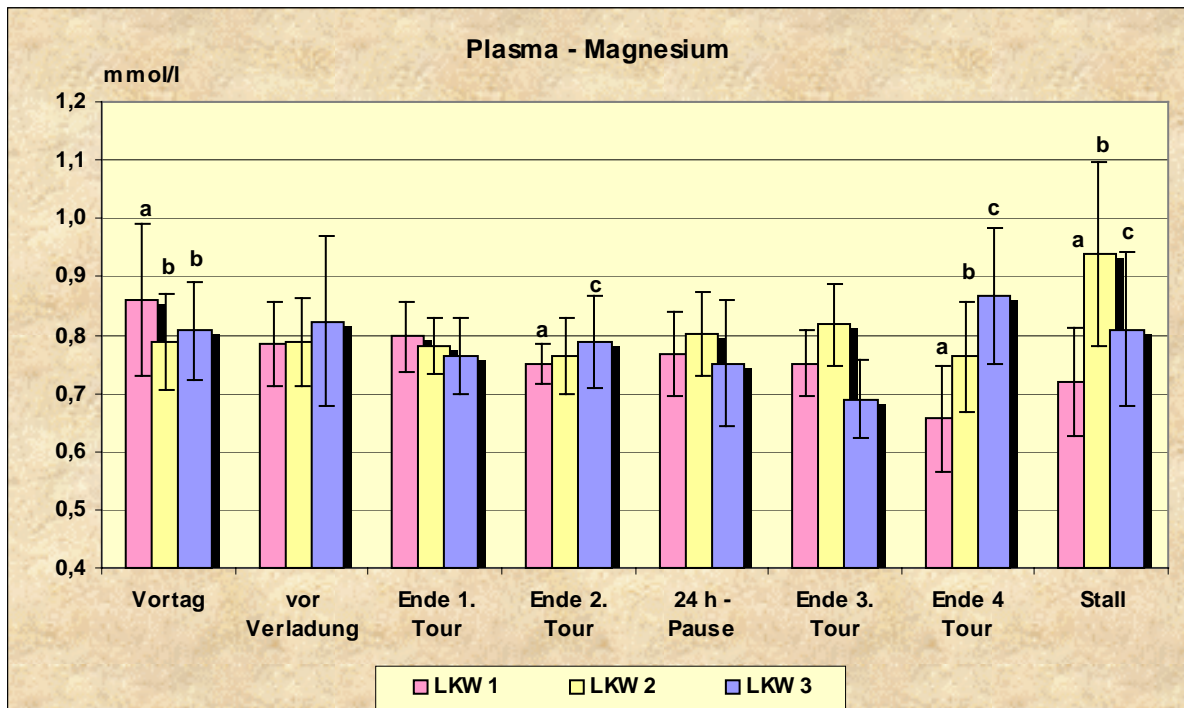
  

General Linear Model s Procedure					
Least Squares Means					
LKW	K LSMEAN	Std Err LSMEAN	Pr >  T  HO: LSMEAN=0	Pr >  T  I/J	HO: LSMEAN(1)=LSMEAN(J)
1	3.79908887	0.02381423	0.0001	1	0.8908
2	3.80433411	0.03088293	0.0001	2	0.8908
3	3.68369849	0.02284737	0.0001	3	0.0006

GRP	K LSMEAN	Std Err LSMEAN	Pr >  T  HO: LSMEAN=0	Pr >  T  I/J	HO: LSMEAN(1)=LSMEAN(J)
1	3.74067616	0.02305788	0.0001	1	0.3395
2	3.77472839	0.02733816	0.0001	2	0.3395
4	3.77171692	0.02734476	0.0001	4	0.3781

### 3.5.11 Magnesium



**Abb. 18:** Magnesiumkonzentration im Blutplasma von Rindern beim Transport (ungleiche Buchstaben: p ≥ 0,01)

Das zu 99 % intracelluläre Kation Magnesium erfüllt wichtige Hemmfunktionen bei der neuromuskulären Erregungsbildung und synaptischen Reizübertragung in der Skelettmuskulatur. Das bei Rindern klinische Bild einer Hypomagnesämie (Weide- oder Transporttetanie) erscheint bei einer Unterschreitung einer kritischen Konzentration von 0,7 mmol/l im Blutplasma und kann durch verminderte  $Mg^{2+}$ -Aufnahme (junges Gras),  $Mg^{2+}$ -Resorption ( $K^+$ -reiche und  $Na^+$ -arme Fütterung) oder Anstrengung und Stress verursacht sein. Der Normbereich liegt zwischen 0,7 und 1,2 mmol/l.

Während des Transportes (Abbildung 18) kommt es in den Varianten 1 und 3 (nicht abgeladen) zu einer tendenziellen Absenkung der Plasamagnesiumkonzentration, während sie in der Variante 2 (abgeladen) nach einer geringfügigen Abnahme in der ersten Hälfte des Transportes mehr oder weniger unbeeinflusst bleibt. In den Varianten 1 und 3 erreicht der Magnesiumspiegel gegen Ende des Transportes (Touren 3 und 4) einen kritischen Wert von im Mittel unter 0,7 mmol/l. Dies kann durch eine höhere Belastung der Tiere, vor allem in Variante 1 bei hoher Ladedichte während der Ruhepause, bedingt sein. Zusätzlich spielt in den Fahrzeugen sicher auch eine unzureichende alimentäre Versorgung der Rinder mit Magnesium eine Rolle, wie sie im Stall anscheinend gewährt ist. Es sollte deshalb beim Ferntransport auf eine qualitativ hochwertige Futtermittelversorgung mit ausreichenden  $Mg^{2+}$ -Gehalten Wert gelegt werden.

Bei der varianzanalytischen Betrachtung der Ergebnisse zeigen sich hauptsächlich Effekte durch die Versuchsvariante (LKW, Tabelle 55 und 56), wobei die Variante 1 die geringsten  $Mg^{2+}$ -Konzentrationen aufweist, und durch den Standort im Fahrzeug (GRP). Da eine unterschiedliche Versorgung der Tiere in den beiden Gruppen des Oberdecks (Gruppen 1 und 2) nicht anzunehmen ist, kommt hier als Ursache einer geringeren  $Mg^{2+}$ -Konzentration nur höhere Belastungen der Tiere in Betracht.

**Tab. 55:** Ergebnisse der varianzanalytischen Berechnung der Magnesiumkonzentration im Blutplasma von Rindern beim Transport

General Linear Models Procedure					
Dependent Variable: MG					
	R-Square	C. V.	Root MSE	MG Mean	
	0.767311	7.838913	0.06159146	0.78571429	
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TIER(LKW*GRP)	21	0.41967339	0.01998445	5.27	0.0001
LKW	2	0.05528915	0.02764457	7.29	0.0011
GRP	2	0.05812159	0.02906079	7.66	0.0008
NR	7	0.10581017	0.01511574	3.98	0.0007
LKW*NR	14	0.34622273	0.02473020	6.52	0.0001
GRP*NR	14	0.07466532	0.00533324	1.41	0.1660

General Linear Models Procedure						
Least Squares Means						
LKW	MG LSMEAN	Std Err LSMEAN	Pr >  T  HO: LSMEAN=0	Pr >  T  I/J	HO: LSMEAN(I)=LSMEAN(J)	
					1	2
1	0.75317956	0.00987894	0.0001	1 .	0.0004	0.0064
2	0.81109563	0.01271144	0.0001	2 0.0004 .		0.2041
3	0.79093800	0.00940162	0.0001	3 0.0064 0.2041 .		

General Linear Models Procedure						
Least Squares Means						
GRP	MG LSMEAN	Std Err LSMEAN	Pr >  T  HO: LSMEAN=0	Pr >  T  I/J	HO: LSMEAN(I)=LSMEAN(J)	
					1	2
1	0.75062389	0.00971035	0.0001	1 .	0.0004	0.0013
2	0.80538148	0.01124847	0.0001	2 0.0004 .		0.6945
4	0.79920781	0.01125492	0.0001	3 0.0013 0.6945 .		

**Tab. 56: Magnesiumkonzentration im Blutplasma von Rindern (mmol/l)**

Ztp Tier	1	2	3	4	5	6	7	8	$\bar{X}$	Grp	$\bar{X}$	LKW				
1	0,78	0,70	-	0,74	0,70	0,66	0,56	0,56	0,76	1	0,79	1				
2	0,83	0,82	0,81	0,71	0,70	0,72	0,58	0,70								
3	1,82	-	0,71	0,77	0,71	0,71	-	-								
4	0,75	0,68	-	-	-	-	-	-	0,81	2			0,79	1		
5	0,99	0,84	0,82	0,75	0,80	0,78	-	-								
6	0,93	0,80	0,85	0,79	0,83	0,81	0,68	0,80								
7	1,07	0,81	-	0,70	0,74	0,72	0,60	0,73	0,79	4					0,79	1
8	0,94	0,84	-	0,79	0,87	0,83	0,74	0,75								
9	0,85	-	-	0,75	0,79	0,78	0,78	0,78								
10	0,75	0,76	0,80	0,69	0,73	0,71	0,62	0,70	0,75	1	0,81	2				
11	-	-	0,83	-	-	-	-	0,77								
12	-	-	0,79	0,79	0,63	0,88	-	0,78								
13	0,70	0,73	0,68	0,68	-	-	-	-	0,82	2			0,81	2		
14	0,83	-	0,79	0,81	0,89	0,84	0,80	1,10								
15	0,79	-	-	0,72	0,81	-	-	1,10								
16	0,87	0,86	0,78	0,84	0,94	0,87	0,82	1,05	0,86	4					0,86	4
17	-	-	-	-	-	-	-	1,03								
18	0,80	0,81	0,80	0,81	0,82	0,79	0,81	0,95								
19	-	0,74	0,75	0,89	0,89	0,79	0,78	0,90	0,80	1	0,80	1				
20	0,86	0,83	0,70	0,88	0,77	0,76	1,05	0,90								
21	0,73	0,72	-	0,71	0,57	0,59	0,93	0,82								
22	-	-	-	-	-	-	-	-	0,84	2			0,78	3		
23	-	-	0,85	0,75	0,74	0,68	0,97	0,86								
24	0,87	0,98	0,84	0,88	0,78	-	-	-								
25	-	-	-	0,73	0,77	0,65	0,78	0,75	0,73	4					0,73	4
26	-	-	0,73	0,74	0,78	0,67	0,75	0,72								
27	0,72	0,70	0,71	0,73	0,70	0,69	0,80	0,74								



## 4. Diskussion

---

Auf dem Transport sind Rinder einer Vielzahl sich in gleicher oder ähnlicher Weise wiederholender Einflüsse ausgesetzt. Diese können mechanischer, klimatischer, akustischer, nutritiver oder sozialer Natur sein, die isoliert oder in ihrem Zusammenwirken erhebliche Störungen im Wohlbefinden der Tiere verursachen können. Der Gesetzgeber hat darauf reagiert und mittlerweile auf europäischer Ebene Vorschriften erlassen, die die Belastung von Rindern während des Transportes begrenzen sollen. Hierzu gehören eine Zuweisung einer Mindestliegefläche im Fahrzeug, Vorschriften zur Versorgung der Tiere und eine zeitliche Begrenzung der Transporte, bevor nach einer Mindestruhezeit nach dem Abladen in eine Versorgungsstation der Transport fortgesetzt werden kann. Für die Festlegung von Ladedichten, Transport- und Pausenzeiten sowie für die Notwendigkeit eines Abladens in einen Versorgungsstall fehlt bisher die wissenschaftliche Grundlage.

In einem experimentellen Ferntransport unter den klimatischen Bedingungen und den Straßenverhältnissen in Deutschland sollte die Frage geklärt werden, wie die Belastungsreaktion von tragenden Zuchtfärsen auf den Ferntransport ausfällt. Von besonderem Interesse war dabei die Fragestellung, ob die in der Tierschutztransportverordnung vorgesehene Versorgungsstation durch die Versorgung und ein größeres Flächenangebot auf dem Transporter während der 24-Stunden Ruhephase ersetzt werden kann.

Die in die Belastungsreaktion einbezogenen Ebenen der zentralen und peripheren Regulation, des Stoffwechsels, der Thermoregulation und des Flüssigkeitshaushaltes machen die Untersuchung einer Vielzahl von Indikatoren notwendig, da nur so ein differenziertes Bild von der Bedeutung der einwirkenden Stressoren, ihrer Einzel- und Kombinationswirkung sowie dem sich unter Belastung verändernden Anpassungsvermögen der Tiere entstehen kann.

### 4.1 Die physiologische Belastungsreaktion der Rinder während des Transportes

Der Kreislauf steht in Belastungssituationen (Bereitstellung von Substraten des Energiestoffwechsels und Sauerstoff für die „fight and flight – reaction“) in vielfältiger Beziehung zum sympatho-adrenomedullären und parasymphathischen System. Als wichtiger Parameter der Herzleistung verändert sich hierbei die Herzschlagfrequenz (HF). Belastungssituationen sind im Zusammenhang mit dem Transport hauptsächlich durch die Be- und Entladevorgänge gegeben, die die HF in besonderer Weise erhöhen. Die Tiere zeigen hier nur eine schmale individuelle Reaktionsbreite und reagieren mit einer Schlagzahlerhöhung von etwa 20 bis 25 pro Minute über einen Zeitraum von 30 Minuten auf die Verladung ins Fahrzeug. Dies deckt sich mit den Angaben von STERMER et al. (1982), KENNY u. TARRANT (1987 a,b) und ELDRIDGE et al. (1988), die einen deutlichen und signifikanten Anstieg der Herzfrequenz beim Verladen von Rindern und Bullen beschrieben. Ebenso wie bei COOK u. JACOBSON (1996) erfolgt bei erneuter Verladung (Variante 2) der Anstieg der HF bei gleicher motorischer Belastung der Tiere in geringerer Weise (etwa 15 Schläge/min), was auf eine psychische Adaptation an diesen Vorgang hindeutet. Die Rinder wurden hier allerdings unter Beibehaltung der Gruppenzusammensetzung in die ihnen bekannten Abteilungen im selben Fahrzeug untergebracht. Der Vorgang des Abladens vom Fahrzeug stellt dagegen für die Tiere eine Belastungsqualität dar, an die eine Gewöhnung nicht erfolgt. In den drei Versuchsvarianten steigt die mittlere Herzfrequenz der Tiere auch bei wiederholtem Entladen (Variante 2) um mindestens 20 Schläge pro Minute, obwohl den Tieren der Stall bekannt war.

Während der vier Transportabschnitte über jeweils 14 Stunden lag die mittlere Herzfrequenz der Rinder auch mit zunehmender Transportdauer gleichmäßig in allen Varianten etwa 5

Schläge/min über dem Ruhewert. Die Unterschiede zwischen den Varianten beruhen auf individuell geprägten Herzfrequenzen und bestehen schon vor dem Verladen in die Fahrzeuge. Es erfolgt somit weder eine Adaptation der Herzleistung an die physikalischen und klimatischen Bedingungen des untersuchten Transportes noch eine Verstärkung der Kreislaufbelastung durch die zunehmende Transportdauer. Dies legt den Schluß nahe, daß die Herzfrequenz von Rindern während des Transports weniger durch den Transportvorgang selbst als vielmehr durch die Beschränkung des verfügbaren Raumes und die unmittelbare Nähe der Artgenossen ansteigt, wie auch schon von KENNY und TARRANT (1987 a,b) vermutet wird. Wird die Ladedichte verringert, sinkt auch die mittlere Herzfrequenz (JACOBSON u. COOK 1996). Dagegen spricht jedoch, daß bei gleicher Ladedichte in den verschiedenen Abteilungen des Ober- und Unterdecks hier erhebliche Unterschiede in der Herzfrequenz zu finden sind. Insbesondere in der vorderen Abteilung des Oberdecks sind gegenüber den anderen untersuchten Abteilungen in den Fahrzeugen die HF deutlich erhöht. Es wird zu untersuchen sein, ob diese Unterschiede durch Vibrationen und Beschleunigungen verursacht werden, da bei Sattelzügen z. B. die Kurvenradien in vorderen Abteilungen gegenüber hinteren erheblich größer sind, oder ob eine unterschiedliche Belüftung dieser Abteilungen zugrunde liegt.

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. Kommt es zur andauernden motorischen oder psychischen Belastung, u. U. verbunden mit einem Sistieren der Wasseraufnahme in heißer Umgebung, wird die obere Regelgrenze überschritten und eine Hyperthermie ist die Folge (JESSEN 1996).

Die in der vorliegenden Untersuchung bestehenden Unterschiede zwischen den Varianten werden unabhängig von den schon vor dem Transport bestehenden Unterschieden durch den Abladevorgang in Variante 2 während des Transportes beeinflusst. Bis zu diesem Zeitpunkt erfolgte während der beiden Fahrten eine in den drei Untersuchungsvarianten gleiche Temperaturerhöhung bei den Tieren um 0,1 bis 0,2 °C, die in den Varianten 1 und 3 auch im weiteren Verlauf des Transportes bestehen bleibt. In diesen Varianten erfolgt somit ein mittlerer Anstieg der Körpertemperatur während des gesamten Transportes um 0,1 °C. Durch den Abladevorgang in der Transportpause erhöht sich die Körpertemperatur der Tiere in Variante 2 und bleibt während der Ruhepause auf einem erhöhten Niveau, das durch das erneute Verladen ins Fahrzeug weiter erhöht wird. Insgesamt steigt die Körpertemperatur dieser Tiere während des Transportes um im Mittel 0,4 °C.

Durch die motorischen und psychischen Belastungen während des Verladens und des Transportes steigt die Stoffwechselrate der Tiere und damit ihre Körpertemperatur an (WARRISS 1990). Die vorliegende Untersuchung verdeutlicht, daß durch ein wiederholtes Abladen der Stoffwechsel der Tiere, verglichen mit dem Verbleib im Fahrzeug, in einem höheren Grade aktiviert wird und durch das Ausruhen unter den vermeintlich günstigeren Bedingungen im Stall über einen Zeitraum von 24 Stunden nicht ausreichend kompensiert werden kann. Diese Tendenz wird durch den erneuten Verladevorgang trotz eines Rückganges während der nachfolgenden Transporte verstärkt, da die Körpertemperatur der Tiere in der Variante 2, verglichen mit dem Ausgangswert vor dem Transport, hier in größerem Ausmaß erhöht bleibt als bei den Tieren in den beiden anderen Untersuchungsvarianten.

Aber auch der Verbleib im Fahrzeug während der Ruhepause kann aus der Sicht der Thermoregulation der Tiere problematisch sein. Beim Vergleich der Varianten 1 und 3 zeigt sich, daß die mittlere Körpertemperatur der Tiere in Variante 1 während dieser Zeit gegenüber dem Ru-

hewert im Stall erhöht bleibt. Dies ist eher Ausdruck eines durch psychische Belastung (hohe Ladedichte, geringer Individualabstand) aktivierten Stoffwechsels als einer durch die hohe Ladedichte bedingten höheren Wärmeproduktion (33 Tiere gegenüber 25 Tieren in Fahrzeug 3) und damit höheren Temperatur im Fahrzeuginneren, da sich in den Varianten 1 und 3 die Lufttemperaturen und THI nur geringfügig unterscheiden. Steigt jedoch der THI selbst innerhalb der für Rinder thermoneutralen Zone geringfügig wie im Fall der Wartezeit vor dem Abladen an, so wird das von diesen Tieren mit einer deutlichen Erhöhung der Körpertemperatur um 0,4 °C beantwortet. Hier scheint das thermoregulatorische Adaptationsvermögen der Rinder deutliche vermindert zu sein.

Mit zunehmender Transportdauer steigt die Körpertemperatur der Tiere abhängig von der Gestaltung der Ruhepause in unterschiedlichem Maße an. Bei gleichbleibenden thermischen Bedingungen ist dies ein Ausdruck für einen aktivierten Energiestoffwechsel, der auch bei mehrtägigen Transporten unter den hier untersuchten Bedingungen nicht zur Erschöpfung der Glycogenvorräte und damit einer Verminderung der Stoffwechselrate mit der Folge sinkender Körpertemperaturen führt (SCHAEFER et al. 1988). Es wird jedoch in weiteren Untersuchungen zu klären sein, wie eine Überforderung des Thermoregulationsvermögens von Rindern unter veränderten thermischen Bedingungen, z. B. beim Transport in südliche Länder, durch Anpassung der Pausengestaltung und der Ladedichte vermieden werden kann.

## **4.2 Die hormonelle Belastungsreaktion von Rindern während des Transportes**

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). Hierbei ist die Ausschüttung von ACTH aus der Hypophyse der wichtigste regulative Zwischenschritt. Durch die hormonelle Regulation der Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrindenachse kommt es zu einer Verzögerung der Cortisolausschüttung, die beim Rind bis zu 20 Minuten betragen kann (THUN 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). Mit dem Cortisol steht somit ein hormoneller Indikator zur Verfügung, der die generalisierte und nachhaltige Aktivierung v.a. des Energiestoffwechsels anzeigt und damit ein "integratives Maß" der Belastungsreaktion von Rindern darstellt.

Durch die Verladung in die Fahrzeuge und den ersten Transport über 14 Stunden erfolgt eine Erhöhung der Cortisolausschüttung in allen Varianten um etwa 80 bis 100 %, die auch über den zweiten Fahrtabschnitt bis zum Beginn der Ruhepause erhalten bleibt. Zu Beginn des Transportes weisen die Rinder in der vorliegenden Untersuchung somit die höchsten Cortisolausschüttungen über einen Zeitraum von 29 Stunden auf. Nach TENNESSEN et al. (1984) zeigen auch Bullen beim Be- und Entladen in oder aus Fahrzeugen die höchste Ausschüttung von Cortisol während des gesamten Transportgeschehens auf. Auch KENT u. EWBANK (1983, 1986) sowie AGNES et al. (1990) stellten bei 3 und 6 Monate alten Kälbern eine Verdopplung des Plasmacortisolgehaltes direkt nach Verladung fest, jedoch eine Verfünffachung nach Transportbeginn. Hier kommt es möglicherweise erst während oder nach dem Beginn der Fahrt zur Cortisolantwort auf die Verladung.

Im Gegensatz zur vorliegenden Studie zeigen die Rinder in Untersuchungen von KENT (1977) und FELL u. SHUTT (1986) innerhalb kurzer Zeiträume nach der Verladung einen Abfall des

Cortisolspiegels auf das Niveau vor der Verladung. KENNY u. TARRANT (1987 a,b) stellten dagegen an Schlachtbullen und -ochsen bei Be- und Entladevorgängen keine Veränderungen des Cortisolspiegels fest und konnten hochsignifikante Erhöhungen gegenüber dem Ruhewert erst während des Transportes beobachten. Diese widersprüchlichen Ergebnisse könnten ihren Ursprung in geschlechts- und altersspezifischen Reaktionsunterschieden auf den Transport ihre Ursache haben. Es fehlen jedoch auch Beschreibungen der Bedingungen des Transportes wie Witterung, Aufladedauer und Wartezeiten.

Erst während der Ruhepause tritt in den Varianten 2 und 3 eine deutliche Verminderung des Cortisolspiegels ein, der das Ausgangsniveau allerdings erst während der 3. und 4. Transporttour, also nach 67 bzw. 81 Stunden Transportzeit, erreicht. Hinsichtlich der vornehmlich psychisch bedingten Belastungsreaktion der Hypothalamus – Hypophysen – Nebennierenrindachse erfolgt somit im Gegensatz zu Herzfrequenz und Körpertemperatur eine Gewöhnung an den Transport.

Deutliche Unterschiede in der Cortisolkonzentration zeigen die Tiere der drei Versuchsvarianten erst während der 24-stündigen Ruhepause. Die bei hoher Ladedichte im Fahrzeug verbliebenen Tiere zeigen hier die höchste Cortisolausschüttung während des gesamten Transportgeschehens, während die ausgeladenen und die bei reduzierter Ladedichte im Fahrzeug verbliebenen Tiere vergleichbare Ergebnisse aufweisen. Auch hier scheint ebenso wie bei Herzfrequenz und Körpertemperatur eher die emotionelle Belastung der Tiere durch die höhere Ladedichte in diesem Untersuchungsabschnitt die Ursache zu sein, da eine auch über Cortisol gesteuerte Thermoregulationsarbeit nicht erforderlich war.

Deutliche Unterschiede im mittleren Cortisolgehalt der Plasmaproben der Rinder sind auch durch den Ort ihrer Unterbringung im Fahrzeug bedingt. Ebenso wie bei Herzfrequenz und Körpertemperatur zeigen die Tiere in der vorderen Abteilung des oberen Ladedecks die größten Belastungsreaktionen. Angezeigt durch die F-Werte bei der Varianzanalyse überwiegt der Einfluß des Standorts der Tiere im Fahrzeug den des zeitlichen Verlaufes des Transportes. Als Ursache kommen auch hier nur die veränderten physikalischen Bedingungen während des Transportes (Beschleunigungen und Vibrationen) in Betracht, auf die die Tiere auch emotionell reagieren.

Die Schilddrüsenhormone Trijodthyronin (T<sub>3</sub>) und Thyroxin (T<sub>4</sub>) sind in vielfältiger Weise in Thermoregulation, Stoffwechselregulation und Körperwachstum eingebunden, wobei T<sub>4</sub> zwar sezerniert, aber zu 99 % an Proteine gebunden und erst nach Dejodierung in den Erfolgszellen zu T<sub>3</sub> wirksam wird. Bei einer Halbwertszeit von 7 Tagen stellt es somit eher die Speicher- und Transportform des wirksamen Hormones dar. Sie beeinflussen in Belastungssituationen kurzfristig die Stoffwechselwirkung anderer Hormone wie Cortisol und Katecholamine in permissiver Weise (Angriff am „second messenger“ Adenylcyclase). Sie können auch direkt in die Stoffwechselrate (Grundumsatz) eingreifen und damit Sauerstoffverbrauch und Wärmeproduktion erhöhen (SILBERNAGL u. DESPOPOULOS 1983). Diese Erhöhung des Grundumsatzes erfolgt - in Abhängigkeit vom aktuellen Bedarf, z. B. in Belastungssituationen längerer Dauer - teilweise sehr schnell und hält über Tage an. Sie erfolgt unabhängig von den eher kurzfristigen Einflüssen, die Katecholamine und Cortisol ausüben (KLINKE u. SILBERNAGL 1994). Mit der regelmäßigen Erfassung von T<sub>3</sub> und T<sub>4</sub> stehen somit Parameter zur Verfügung, die unabhängig von der zentralen Regulation des Energiehaushaltes über Katecholamine und Cortisol das energetische Anpassungsvermögen der Rinder an die andauernde Belastung durch den Transport einschätzen helfen.

Durch den Transport kommt es bei den Rindern in allen Varianten zu einer Erhöhung sowohl von T<sub>3</sub> als auch von T<sub>4</sub>. Dabei sind Unterschiede zwischen den Untersuchungsvarianten beim T<sub>4</sub> schon vor Transportbeginn, beim T<sub>3</sub> erst mit Transportbeginn feststellbar. Diese Unter-

schiede dürften hauptsächlich durch individuelle Einflüsse verursacht sein, die auch MITCHELL et al. (1988) und STEINHARDT et al. (1997) in ihren Untersuchungen zum Transport von Rindern und Kälbern feststellten. Auffällig ist jedoch, daß die T<sub>4</sub>- und die T<sub>3</sub>-Ausschüttung nach einer Reduzierung während der 24-stündigen Transportpause in den nachfolgenden Transportabschnitten in der Variante 2 weiter ansteigt, in den Varianten 1 und 3 jedoch stagniert oder langsam abfällt. Dies hat in Variante 2, die während der Transportpause in einen Versorgungsstall abgeladen wurde, unmittelbar eine Erhöhung des Grundumsatzes zur Folge, die sich auch in einer gegenüber den beiden anderen Untersuchungsvarianten erhöhten Wärmeproduktion bzw. Körpertemperatur während der anschließenden Transporte niederschlägt.

Den höheren Körpertemperaturen der Tiere in der vorderen Abteilung des oberen Ladedecks der LKW entsprechen auch höhere T<sub>3</sub>- und T<sub>4</sub>-Gehalte ihrer Blutproben.

### **4.3 Die motorische Belastungsreaktion von Rindern beim Transport**

Das Enzym Creatinkinase (CK) katalysiert die reversible Phosphorylierung des Creatins zum Creatinphosphat, der wichtigsten Speicherform hochenergetischer Phosphate im Zytosol der quergestreiften Muskulatur (KRAMER 1989). Die CK entfaltet daher eine hohe gewebsspezifische Aktivität in der Herz- und Skelettmuskulatur und gelangt beim gesunden Tier nur im Rahmen der natürlichen Zellmauserung ins Blutplasma. Bei Störungen des Zell- oder Gewebstoffwechsels (z.B. durch mangelnde O<sub>2</sub>-Versorgung, Überbeanspruchung, Lähmung, Festliegen) kommt es zum Verlust der funktionalen Integrität der Zellmembranen, der Zytoplasmaenzyme wie die CK ins umgebende Interstitium (Enzymaustritt) und anschließend über den Lymphstrom ins Blutplasma gelangen läßt (BICKHARDT 1992). Beim Wiederkäuer sind erhöhte CK-Spiegel in Abhängigkeit von verstärkter motorischer Belastung festzustellen (BARTSCH et al. 1977), womit ein Parameter zur Verfügung steht, der bei wiederholter Blutentnahme auf Langzeittransporten die physische Beanspruchung der Tiere kennzeichnen hilft.

Ausgehend von einer in allen Untersuchungsvarianten vorhandenen initialen Erhöhung der Aktivität der CK im Blutplasma der Rinder nach deren Verladung ins Fahrzeug und des ersten Transportes erfolgt ein in den Varianten unterschiedlich schnelles Absinken im Verlaufe des weiteren Transportes. Eine Ausnahme bilden hier die Tiere der Versuchsvariante 3, die während des gesamten Transportes im Vergleich der Varianten eine höhere Plasmaaktivität der CK zeigen, deren Maximum erst zum Ende des 2. Transportes vorliegt. Diese Unterschiede sind in erster Linie auf individuelle Unterschiede zurückzuführen, wie die F-Werte der Varianzanalyse zeigen. Es ist allerdings nicht ganz auszuschließen, daß hier auch unterschiedliche Fahrweisen der Transporteure zum Tragen kommen.

Bei einer Halbwertszeit der CK von 3,5 Stunden und einer Probennahmefrequenz von 14 bis 24 Stunden sind motorische Belastungen durch Be- und Entladevorgänge anhand der CK nicht nachzuweisen. Es überrascht deshalb nicht das Ausbleiben der Erhöhung der CK – Aktivität in den Proben der Variante 2, die zum Ende des 3. Transportes gezogen wurden. Im Gegensatz zu KENNY u. TARRANT (1987 a,b) und TARRANT et al. (1992), die bei transportierten Bullen einen Anstieg der CK-Aktivität nach dem Abladen vom Fahrzeug fanden, bleibt diese in der vorliegenden Untersuchungen aus. Es ist somit anzunehmen, daß eine motorische Überbeanspruchung der Tiere weder durch den Transport noch durch das Abladen erfolgte.

#### 4.4 Der Energiestoffwechsel von Rindern beim Transport

Glucose, freie Fettsäuren und 3-Hydroxybutyrat sind Metaboliten des Energiestoffwechsels, die unter akuten oder chronischen Belastungsbedingungen deutlich veränderte Konzentrationen im Blut aufweisen. Beim Wiederkäuer stellt der Blutzucker wie beim Monogastrier die essentielle dem Organismus verfügbare Energieform dar (SCHOLZ 1990). Mehrere v.a. hormonale Regelkreise dienen direkt oder indirekt der Aufrechterhaltung eines konstanten Glucosespiegels, so steigern z. B. Glucagon, Adrenalin und Glucocortikoide als indirekt wirkende Gegenspieler zum Insulin im Bedarfsfall die Glycogenmobilisierung aus Leber und Muskulatur und die Gluconeogenese aus Glycerin, Fettsäuren, Lactat und Aminosäuren (KANEKO 1989). Eine nachhaltige Veränderung des Glucosehaushaltes ist mit einem Verlust der Anpassungsfähigkeit des Tieres an die Umweltbedingungen gleichzusetzen und charakterisiert damit den Beginn einer kritischen Phase im Transportgeschehen.

Diese ist im Verlauf des hier untersuchten Transportes nicht aufgetreten. Die initial moderate Erhöhung der Glucosekonzentration mit Beginn des ersten Transportabschnittes in allen Varianten ist vermutlich durch Katecholamine und Cortisol vermittelt und stellt eine allgemeine Belastungsreaktion auf den Transport dar. Bis einschließlich der 24-stündigen Ruhepause bleibt der Glucosespiegel in den Varianten 1 und 2 erhöht. Neben individuellen Einflüssen (größter F-Wert in der Varianzanalyse) spiegeln sich hier jedoch auch die Belastungen des Endokriniums und der Stoffwechselregulation (Cortisol,  $T_3$  und  $T_4$ ) durch die in Vergleich zu Fahrzeug 3 höhere Ladedichte in Fahrzeug 1 und das Ausladen der Tiere aus Fahrzeug 2 wieder, die mit einem höheren Energieumsatz verbunden sind. Es kommt in diesen Varianten deshalb nicht zur Reduzierung des Glucosespiegels während der Ruhepause.

Das graduelle Absinken des Glucosespiegels stellt keinen Indikator für einen sich verminderten Energiebedarf der Tiere und damit Anpassung an die Belastungen im Verlaufe des Transportes dar, sondern ist eher ein Anzeichen für eine negative Energiebilanz und Umstellung des Energiehaushaltes des Organismus auf andere „Energielieferanten“ wie freie Fettsäuren und Ketokörper (SCHRAMA et al. 1996, SCHAEFER et al. 1997).

Wie bei anderen Säugetieren ist auch beim Wiederkäuer das Fettgewebe der Hauptenergiespeicher des Organismus. In katabolen Stoffwechsellagen stellen die langkettigen unveresterten (freien) Fettsäuren (FFA) die Mobilisierungsprodukte eines aktivierten Energiestoffwechsels dar (BARTLEY 1989). Diese Aktivierung erfolgt zur schnellen Energiebereitstellung in akuten Belastungssituationen. Die schnelle Umschaltung des Stoffwechsels auf Energiebereitstellung erfolgt durch die Aktivierung hormonsensitiver Lipasen im Fettgewebe durch Katecholamine, ACTH, Cortisol und Glucagon und stellt somit einen Teil der Belastungsreaktion des Organismus dar. In dessen Folge treten Triglyceride und nach deren Hydrolyse unveresterte Fettsäuren im Plasma auf, die dann in der Leber als Substrat der  $\beta$ -Oxidation oder der Ketogenese dienen (BARTLEY 1989, COOK et al. 1996). 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.

Diese negative Energiebilanz wird im vorliegenden Versuch durch die mit zunehmender Transportdauer steigenden Konzentration an freien Fettsäuren im Blutplasma der Tiere verdeutlicht. Während der 24-stündigen Pause geht die FFA-Konzentration nur in der Variante 2 auf Ruhewerte zurück, wie sie vor dem Transport vorlagen. Trotz der zusätzlichen motorischen Belastung durch das Ausladen der Tiere wird hier im Gegensatz zu den Varianten 1 und 3, bei denen ein Rückgang nur sehr geringfügig oder gar nicht erfolgt, das relative Energiedefizit trotz des anhand anderer Parameter (Körpertemperatur,  $T_3$  und  $T_4$ ) festgestellten erhöhten

Grundumsatzes aufgehoben. Dies kann als Hinweis aufgefaßt werden, daß die Futtermittellieferung der Tiere in den Fahrzeugen verbesserungswürdig ist. Es ist deshalb zu überlegen, ob zusätzlich zur Heurteilung eine Energiesupplementierung, z.B. durch Luzernegrass-Cops oder Kraftfutter, angezeigt ist.

Nach erneutem Verladen der Tiere der Variante 2 und dem Beginn des 2. Transportabschnittes steigen die FFA-Konzentrationen in den Varianten 1 und 2 weiter an, während sie in Variante 3 gleichmäßig bis zum Ende des Transport abfällt. Der Vorteil eines unter energetischen Gesichtspunkten besseren Ausruhens im Stall wird durch den Verladevorgang wieder aufgehoben, was für den Verbleib der Tiere im Fahrzeug bei entsprechender Futtermittellieferung spricht. Hier gilt es jedoch, durch eine geeignete Ladedichte bessere Zugangsmöglichkeiten für eine ausreichende Energieversorgung der Tiere sicherzustellen, da insbesondere in Variante 1 in den Transportabschnitten nach der Ruhepause der FFA-Spiegel kontinuierlich weiter bis auf das 2,5fache des Ausgangswertes ansteigt. Ob dieser Anstieg ursächlich mit einer schlechteren Versorgung der Tiere während der Ruhepause in Zusammenhang zu bringen ist, muß in weiteren Untersuchungen geklärt werden. Im Vergleich zu Fahrzeug 3 bestanden unterschiedliche Bedingungen während der Pause nur hinsichtlich der Ladedichte.

Aus den vorliegenden Untersuchungen wird deutlich, daß einem Energiedefizit bei Rindern während des Ferntransportes durch eine geeignete Futterbereitstellung zu begegnen ist. Bei hohen Umgebungstemperaturen jedoch, wie sie während Transporten in südliche Länder auftreten können, sinkt die Futteraufnahme der Tiere (EMANOVIC et al. 1988, LAMBOOY u. HULSEGG 1988, WARRISS 1990). Es kann so bei ungünstiger Kombination mit Umständen, wie sie in Variante 1 vorliegen, das Energiedefizit verstärkt werden. Zudem zeigen die Tiere in den oberen Ladedecks eine deutlich größere defizitäre Belastungsreaktion, die die Problematik je nach Unterbringungsort im Fahrzeug noch weiter verschärfen kann. Es sollte deshalb in weiteren Untersuchungen unbedingt der Frage nachgegangen werden, wie unter höheren Umgebungstemperaturen sowohl Energieversorgung (Futtermittel, Fütterungsintervalle) als auch Zugänglichkeit (Ladedichte) sichergestellt 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. In Energiemangelsituationen kommt es durch unzureichendes Vorläuferangebot (z.B. Propionat) für die Gluconeogenese häufig zu einer Substratverarmung (Oxalacetat) im Citratzyklus. Hierdurch können freie Fettsäuren nicht mehr über Acetyl-CoA dem Citratzyklus und damit der  $\beta$ -Oxidation zugeführt werden. Statt dessen erfolgt ihre Kondensation zu Acetacetat und nachfolgende Reduzierung zu 3-HB (Übersicht bei BICKHARDT et al. 1988). 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 FFA-Konzentrationen festgestellten teilweise erheblich defizitären Stoffwechsellaage zu keinem Zeitpunkt erreicht. Die zwischen den Untersuchungsvarianten festgestellten Unterschiede beruhen abgesehen von der 24-stündigen Ruhepause zum großen Teil auf individuellen Einflüssen (F-Wert bei Varianzanalyse). Unterschiedlich hinsichtlich der Belastungsreaktion ist aber auch hier die Unterbringung der Rinder im Fahrzeug, die hier den Einflußfaktor mit dem größten Gewicht darstellt. Wie bei den anderen bisher besprochenen Parametern stellt das obere Deck, und hier besonders die vordere Abteilung, ein deutlich höheres Belastungsrisiko dar.

Als Ergebnis der Untersuchungen zum Energiestoffwechsel von Rindern während des Ferntransportes kann hier gesagt werden, daß es mit zunehmender Transportdauer zu einer Verstär-

kung der defizitären Energiebilanz kommt, die durch endogene Energiemobilisation ausgeglichen werden muß. Dieses Defizit mündet während der hier untersuchten Transporte nicht in eine ketotische Stoffwechsellage, die das Ausbleiben einer Kompensation anzeigt. Die bei der Glucose und den freien Fettsäuren festgestellten Unterschiede zwischen den Transportvarianten zeigen jedoch an, daß durch eine quantitativ und qualitativ hochwertige Futterversorgung während des Transportes eine defizitäre Stoffwechsellage gemindert bzw. verhindert werden kann. Unter energetischen Gesichtspunkten ist ein Verbleib der Tiere im Fahrzeug während der Ruhepause vorteilhaft, wenn den erhöhten Platzanforderungen für eine ausreichende Futterversorgung und ein adäquates Ausruhen Rechnung getragen wird. Es wird allerdings in weiteren Untersuchungen zu klären sein, wie die Kompensation defizitärer Stoffwechsellagen unter thermischer Belastung in warmen Klimaten verläuft, wenn die Futterraufnahme vermindert ist und die Tiere gleichzeitig höhere energetische Ansprüche für eine ausreichende Thermoregulation stellen.

#### **4.5 Der Flüssigkeitshaushalt von Rindern beim Transport**

Die Gesamtproteinkonzentration im Blutplasma setzt sich vorwiegend aus Albumin, Immunglobulinen und Fibrinogen neben zahlreichen Transportproteinen, Gerinnungsfaktoren und Enzymen zusammen, die in ihrer Gesamtheit aufgrund ihrer Wasserbindungsfähigkeit den kolloid-osmotischen (onkotischen) Druck des Blutplasmas und durch die kapilläre Proteinpermeation auch den der interstitiellen Flüssigkeit bestimmen (BICKHARDT 1992). Das Flüssigkeitsverteilungsvolumen zwischen intra- und extravasalem (interstitiellem) Raum wird somit vom onkotischen Plasmadruck und dem kapillären Filtrationsdruck bestimmt und kann sich u. a. durch erhöhten Blutdruck in Belastungssituationen zugunsten des extravasalen Raumes verschieben (relative Hyperproteinämie durch Plasmafiltration und Hämokonzentration). Im Zusammenhang mit den Konzentrationen der Plasma-Elektrolyte  $K^+$  und  $Na^+$  und dem Hämatokrit gilt die Konzentration der Plasmaproteine somit als Maßstab für den Hydratationsstatus des Organismus, der infolge verminderter Wasseraufnahme und/oder hohe Wasserverluste durch hohe Umgebungstemperaturen (gesteigerte Respiration, Evaporation) gestört werden kann (COLE et al. 1988, ATKINSON 1992, SCHAEFER et al. 1997).

Zu Beginn der Transporte erfolgt eine Hämokonzentration des Gesamteiweiß (GE), die während der Transportphasen in geringem Umfang und je nach Versuchsvariante unterschiedlich bestehen bleibt. Während der Pause und im Stall nach dem Transport erreicht die Konzentration des Gesamteiweiß Ruhewerte. Die fehlende Varianz zwischen den Versuchsvarianten zeigt an, daß eine evtl. stattgefundene unterschiedliche Belastung mit erhöhtem thermoregulativen Aufwand (Steigerung des Grundumsatz und der Körpertemperatur neben physischer Belastung) unter den thermischen Bedingungen des Versuches durch Wasseraufnahme kompensiert wurde und somit eine Dehydratation nicht eintrat. Das stünde im Gegensatz zu Ergebnissen von JARVIS et al. (1996), die nach einem Transport von Rindern über verschiedene Distanzen auch nach Wasseraufnahme erhöhte GE-Konzentrationen im Plasma vorfanden. Die initiale Erhöhung dürfte auf einer katecholaminvermittelten Erhöhung des Blutdruckes beruhen, der mit einer Erhöhung der Herzfrequenz einhergeht. Diese kreislaufbedingte Hämokonzentration wird im Verlauf des Transportes abgelöst durch eine stoffwechselbedingte bzw. thermoregulative, die insbesondere in den Varianten 1 und 2, eine zwar auf niedrigem Niveau stattfindende, doch stetige Zunahme der Eiweißkonzentration bedingt, die als Anzeichen eines zunehmenden Flüssigkeitsverlustes angesehen werden kann (WARRISS et al. 1995). Auch unter erhöhter physischer Belastung kann diese Kompensation noch geleistet werden, da die Hämokonzentration bei den Tieren im vorderen Oberdeck zwar deutlich stärker ausfällt als im unteren Lade-deck, pathologische Grenzwerte jedoch nicht überschreitet.



Auch der Natriumhaushalt der Rinder deutet darauf hin, daß mit zunehmender Transportdauer auch unter den moderaten klimatischen Bedingungen während des Transportes in allen Versuchsvarianten mit steigendem Grundumsatz und Anstieg der Körpertemperatur ein zunehmender Flüssigkeitsverlust eintritt. Die stark erhöhten  $\text{Na}^+$ -Konzentrationen bei den Tieren in den Fahrzeugen 2 und 3 sind mit großer Sicherheit auf technisch bedingte Probleme bei der Wasserversorgung der Tiere während des Transportes zurückzuführen. Hier ist in aller Deutlichkeit zu sehen, daß ein Ausfall der Wasserversorgung auch bei Transporten in gemäßigten Breiten problematisch sein kann, da Grenzwerte relativ schnell überschritten werden.

Der tendenziell in allen Versuchsvarianten festzustellende Anstieg der  $\text{Na}^+$ -Konzentration geht einher mit einem Anstieg der Plasma-Osmolalität (KLINKE u. SILBERNAGL 1996), die mit zunehmender Transportdauer trotz Zugang zu Wasser ansteigt und wie die Konzentration des Gesamteiweiß eine zunehmende Dehydration anzeigt. Sie überschreitet hier jedoch, accidentelle Erhöhungen ausgenommen, nicht den Grenzwert von 145 mmol/l. Ähnliche Ergebnisse fanden WARRISS et al. (1995) bei Untersuchungen zum Transport von Rindern über 15 Stunden.

Die Hämokonzentration beim Gesamteiweiß in den oberen Ladedecks beruht nicht allein auf einer höheren physischen und emotionellen Belastung dieser Tiere (Blutdruck), sondern auch auf entweder einem höheren Flüssigkeitsverlust (Wärmeproduktion und -abgabe der Tiere), oder einer Wasserminderversorgung (Druckverhältnisse im Leitungssystem des oberen Decks?), da er mit einer steigenden  $\text{Na}^+$ -Konzentration einhergeht. Diese beiden Möglichkeiten sind hier nicht zu differenzieren, ohne die Wasseraufnahme der Rinder zu untersuchen.

Die stetig ansteigende Konzentration an Kalium im Blutplasma der Rinder geht einher mit dem Anstieg der Osmolalität (KUHLMANN u. SIEGENTHALER 1987), kann jedoch auch Ausdruck einer verminderten Integrität von Zellmembranen oder Zelluntergang sein (physische Erschöpfung, Überbeanspruchung der Skelettmuskulatur), da dieses Kation mit aktiven Transportsystemen im Zellinneren gehalten wird. Hierfür fehlt hier jedoch die Evidenz, da in der vorliegenden Untersuchung die Plasmaaktivität der Creatinkinase, ein streng intrazelluläres Enzym, nach anfänglicher Erhöhung während des Transportes zurückgeht. Auch ATKINSON (1992) und SCHAEFER et al. (1997) sehen in einer steigenden Kaliumkonzentration im Blutplasma von Rindern eine zunehmende Imbalance im Flüssigkeitshaushalt während des Transportes. Unter diesen Gesichtspunkten scheint das Abladen der Tiere für die Ruhepause sowie das Verbleiben im Fahrzeug bei hoher Ladedichte in ähnlicher Weise den Flüssigkeitshaushalt der transportierten Rinder zu belasten, da in Variante 3 (Verbleib im Fahrzeug bei reduzierter Ladedichte) keinerlei Veränderungen feststellbar waren.

Als Resultat der Untersuchungen zum Flüssigkeitshaushalt von Rindern während des Ferntransportes kann hier der Schluß gezogen werden, daß auch unter gemäßigten klimatischen Bedingungen und trotz Zugangsmöglichkeit zu einer Wasserversorgung eine mit zunehmender Transportdauer stärkeren Dehydration zu rechnen ist. Es ergeben sich dabei Unterschiede je nach Standort der Tiere im Fahrzeug, wobei der Wasserverlust der Tiere im oberen Ladedeck größer ist, und der Behandlung der Rinder während der Ruhepause. Hier scheint das Verbleiben im Fahrzeug bei reduzierter Ladedichte die Variante mit den geringsten Wasserverlusten darzustellen. Es werden bei den hier untersuchten Indikatoren in keinem Fall pathologische oder regulatorische Grenzwerte erreicht, die das Ausbleiben einer Kompensation anzeigen. Es ist anzunehmen, daß unter veränderten klimatischen Bedingungen beim Transport in warme Länder die hier festgestellten Tendenzen werden und Regulations- oder Kompensationsgrenzen insbesondere dann erreicht werden, wenn die Wasserversorgung im Fahrzeug nicht optimal funktioniert. Hier sind weitere Untersuchungen notwendig, die auch die tatsächliche Wasseraufnahme der Tiere im Fahrzeug mit einbezieht. Ein weiterer Gesichtspunkt zukünftiger Untersuchungen zum Elektrolythaushalt während des sollte eine ausreichende Versorgung der

Tiere mit Magnesium sein, da nach den vorliegenden Ergebnissen das Risiko des Auftretens einer Transporttetanie in nicht abgeladenen Varianten erhöht ist.

#### **4.6 Der Gewichtsverlust von Rindern während des Ferntransportes**

In der vorliegenden Untersuchung treten deutliche Unterschiede im Gewichtsverlust der Tiere während des Transportes in Abhängigkeit von der Transportvariante (LKW 1 bis 3) und von der Unterbringung im Fahrzeug ab (oberes oder unteres Ladendeck). Grundsätzlich entstehen die Verluste durch Evaporation (Flüssigkeitsabgabe zur Thermoregulation) und durch katabolen Gewebsabbau. Dieser stoffwechselbedingte Anteil nimmt im Vergleich zu der Gewichtsabnahme durch Entleerung des Verdauungskanales mit steigender Transportdauer zu (WYTHES et al. 1981, WARRISS et al. 1995, JARVIS et al. 1996, SCHAEFER et al. 1997). Die Ursachen beruhen hauptsächlich auf gesteigerte Muskelarbeit der Tiere (Beladung des Fahrzeuges, soziale Auseinandersetzungen, Positionswechsel, statische Muskelarbeit zur Aufrechterhaltung des Gleichgewichtes) bei gleichzeitig verminderter Futteraufnahme in der Belastungssituation „Transport“.

In der multiplen Regressionsanalyse wurde ermittelt, daß etwa 30 % der Unterschiede im Gewichtsverlust durch unterschiedliche thermische Bedingungen verursacht werden und somit Umgebungstemperaturen innerhalb der thermisch neutralen Zone auf Flüssigkeitsverlusten zur Thermoregulation beruhen. Demnach wären in Fahrzeug 1 die günstigsten thermischen Bedingungen zu finden, was jedoch nicht der Fall ist. Zur genauen Abklärung der Verhältnisse ist die Untersuchung der Wasseraufnahme der Tiere während des Transportes erforderlich.

Etwa 70 % des Gewichtsverlustes müssten durch die Belastungsreaktion der Tiere auf mechanische Transportbedingungen wie Vibrationen und Beschleunigungen, die von Fahrzeug und Fahrer beeinflusst werden, begründet sein. Hierfür sprechen auch die deutlichen Unterschiede zwischen oberem und unterem Ladendeck hinsichtlich der Belastungsreaktion der Tiere und der Gewichtsverluste. Hier gibt es deutliche Hinweise, die Fahrzeugtechnik zu verbessern. Die Unterschiede im Gewichtsverlust der Tiere zwischen den Fahrzeugen beruhen aufgrund der gleichen Fahrzeugtechnik, abgesehen von der technischen Funktionalität der Wasserversorgung im Fahrzeug, in erster Linie auf Unterschiede im Fahrverhalten der Transporteure.

## 5. Zusammenfassung der wichtigsten Befunde

---

1. Weder beim Transport noch während der 24-stündigen Ruhepause werden physiologische, hormonelle oder biochemische Belastungsreaktionen bei den Rindern beobachtet, die übliche Grenzen über- oder unterschreiten. Lediglich bei den Auf- und Abladevorgängen werden mittlere Herzfrequenzen erreicht, die über 90 Schlägen pro Minute liegen.
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 Trijodthyronin und Thyroxin im Blutplasma sowie der Körpertemperatur der Tiere angezeigt.
3. Mit zunehmender Transportdauer gerät der Energiehaushalt der Rinder zunehmend ins Defizit, das durch die Mobilisation von körpereigenen Energiereserven ausgeglichen wird. Abhilfe kann hier nur eine dem erhöhten Grundumsatz angepaßte Futtermittellieferung schaffen.
4. Auch der Flüssigkeitshaushalt der Tiere zeigt, trotz freien Zutritts zur Wasserversorgung, eine negative Bilanz. Dieser erhöhte Flüssigkeitsverlust geht vermutlich wesentlich auf die mechanischen Bedingungen wie Vibration, Bewegung und Beschleunigung auf dem Transporter zurück, wodurch verstärkte physiologische Reaktionen hervorgerufen werden. Klimatische Einflüsse scheinen unter den angetroffenen Untersuchungsbedingungen eine untergeordnete Rolle zu spielen.
5. Die durch den Transport verursachten Gewichtsverluste der Rinder sind sowohl von der Wasseraufnahme als auch von der Aktivität des Stoffwechsels der Tiere abhängig. Dies verdeutlicht die wichtige Rolle einer ungestörten Wasser- und Futtermittellieferung während des Transportes.
6. Durch das Abladen zur 24-stündigen Ruhepause wird die physiologische Belastungsreaktion der Rinder (Herzfrequenz und Körpertemperatur) auch in den nachfolgenden Transportabschnitten erhöht. Unter Beachtung des Raumbedarfes und der thermischen Ansprüche der Rinder ist unter physiologischen Gesichtspunkten ein Ausruhen im Fahrzeug dem Abladen vorzuziehen.
7. Das Abladen der Tiere und ihre Versorgung in einem Ruhestall stellt gegenüber dem Ausruhen im Fahrzeug unter dem Gesichtspunkt der Vermeidung einer defizitären Stoffwechsellaage keinen Vorteil dar, wenn Ladedichte und Futtermittellieferung im Fahrzeug eine ausreichende Futter- und Wasseraufnahme durch die Tiere gewährleisten.
8. Die hier vorgestellten Untersuchungen erfolgten unter optimalen organisatorischen, logistischen, technischen und klimatischen Bedingungen, die die Anforderungen an die physiologische Adaptationsleistung der Tiere während des Ferntransportes gering hielten. Künftige Untersuchungen zur Abladeregulation sollten auch ungünstigere klimatische Bedingungen wie z.B. den Export in mediterrane Länder oder Situationen mit längeren Standzeiten des Fahrzeuges (z. B. Zollabfertigung, veterinärärztliche Kontrollen, Autobahnstaus, Wartezeiten auf Schiffspassagen) einschließen.

9. Daneben sollte auch der technischen Entwicklung der Fahrzeuge für den Tiertransport mehr Beachtung geschenkt werden, um die mechanisch bedingten Belastungen der Tiere, besonders auch in den Abteilungen des oberen Ladedecks, vermeiden oder mindern zu können.

Abschließend muß an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, daß es sich bei den vorstehenden Befunden lediglich um die Erhebungen aus einem 85-Stunden Transportversuch handelt. Viele der Ergebnisse bedürfen der Überprüfung und ggf. Bestätigung durch Wiederholungen und ergänzenden Versuchen unter anderen Verhältnissen.

## 6. **Schlußfolgerungen**

---

Aus den unter gemäßigten klimatischen Bedingungen durchgeführten Untersuchungen zur Belastung von Rindern beim Ferntransport über 85 Stunden können folgende Schlußfolgerungen gezogen werden:

1. Die derzeit vorgeschriebene Abladeregung für die 24-Stundenpause scheint keine wesentlichen Vorteile für das Wohlbefinden und die Gesundheit der Tiere zu bringen. Vielmehr steigt die Verletzungsgefahr durch den Ablade- und Aufladevorgang. Die Herzschlagfrequenz als Indikator für die Kreislaufbelastung der Tiere überschreitet den "Normbereich" in keiner der Versuchsvarianten mit Ausnahme beim Auf- und Abladen.
2. Der Transport stellt für die Tiere eine Belastung dar, die sich in erhöhtem Grundumsatz, steigender Körpertemperatur, defizitärem Energiestoffwechsel und Flüssigkeitshaushalt sowie Gewichtsverlusten zeigt. Insgesamt wird jedoch bei keinem der untersuchten Parameter der physiologische Kompensationsbereich verlassen.
3. Beim Ausruhen auf dem Fahrzeug scheint die Belegdichte eine nicht unerhebliche Rolle zu spielen. Die optimale Belegung zu diesem Zweck kann noch nicht genau angegeben werden. Es scheint jedoch, daß die Tiere hier bei gegenüber den Vorgaben der Tierschutz-Transportverordnung reduzierter Belegdichte geringere Belastungsreaktionen zeigen. Dies sollte in weiteren Untersuchungen näher geklärt werden.
4. Die hier vorgestellten Untersuchungen fanden unter eher optimalen Außenbedingungen und nahezu standardisierten Bedingungen statt. Künftige Untersuchungen sollten auch andere Klimazonen einbeziehen. Dabei sollten die organisatorischen, logistischen und technischen Abwicklungen im internationalen Ferntransport mit aufgenommen werden.
5. Ebenso wird es notwendig sein, die Pausenregelungen für die Tiere besser mit den Pausenregelungen für die Fahrer zu harmonisieren.
6. Die z. T. deutlich unterschiedlichen Reaktionen der Tiere in den verschiedenen Buchten auf dem Transportfahrzeug zeigen, daß künftig auch stärker fahrzeugtechnische Fragen einbezogen werden sollten, um die Fahrzeugtechnik den Anforderungen der Tiere entsprechend weiterentwickeln zu können.

## 7. Literatur

---

- AGNES, F., P. SARTORELLI, B.H. ABDI u. A. LOCATELLI (1990):  
Effect of transport loading or noise on blood chemical variables in calves.  
Am. J. Vet. Res. 51, S. 1679-1681
- ATKINSON, P.J. (1992):  
Investigations of the effects of transport and lairage on hydration state and resting behaviour of calves for export.  
Vet. Rec. 130, S. 413-416
- 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
- BARTSCH, R.C., F.F. McCONNELL, G.D. IMES u. J.M. SCHMIDT(1977):  
A review of exertional rhabdomyolysis in wild and domestic animals and man.  
Vet. Path. 14, S. 314-324
- BICKHARDT, K., M. NEUMANN u. C. STEINMANN (1988):  
Zur Bestimmung von Metaboliten des Energiestoffwechsels in Leber-Biopsieproben - ein Beitrag zur Charakterisierung der Schafketose.  
J. Ved. Med. A 35, S. 790-799
- BICKHARDT, K. (1992):  
Kompendium der Allgemeinen Inneren Medizin und Pathophysiologie für Tierärzte.  
Verlag P. Parey, Berlin, Hamburg
- BOSEN, J.R. (1957): Discomfort index.  
Reference Data Section, Air Condition, Heating and Ventilating
- COLE, N.A., T.H. CAMP, L.D. ROWE, D.G. STEVENS u. D.P. HUTCHESON (1988):  
Effect of transport on feeder calves.  
Am. J. Vet. Res. 49, S. 178-183
- COOK, C.J. u. L.H. JACOBSON (1996):  
Heart rate as a measure of adaptation to stress in cattle.  
Aust. Vet. J. 74, S. 471-472
- 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
- EMANOVIC, D., D. TIMET, B. GRADINSKI-VRBANAC, M. HERAK u. Z. KLINAR  
(1988): Influence of transport on some beef cattle blood plasma parameters.  
Veterinarski Arhiv 58, S. 139-149

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

HAHN, G.L u. T.L. MADER (1997): Heat waves in relation to thermoregulation, feeding behaviour and mortality of feedlot cattle.  
Livestock Environment V., Vol. 1, ASAE Michigan, USA

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

JARVIS, A.M., D.W.J. HARRINGTON u. M.S. COCKRAM (1996):  
Effect of source and lairage on some behavioural and biochemical measurements of feed restriction and dehydration in cattle at a slaughterhouse.  
Appl. Anim. Behav. Sci. 50, S. 83-94

JESSEN, C. (1996): Temperaturregulation und Wärmehaushalt.  
In: KLINKE, R. u. S. SIBERNAGL (Hrsg.): Lehrbuch der Physiologie.  
Thieme Verlag, Stuttgart, S. 375-386

KANEKO, J.J. (1989):  
Clinical biochemistry of domestic animals.  
Verlag Acad. Press, San Diego, New York, USA

KENT, J.E. (1977):  
The effect of road transportation on young cattle.  
Liverpool, University, M.Sc.-Thesis

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

KENT, J.E. u. R. EWBANK (1986): The effect of road transportation on the blood constituents and behaviour of calves. III. Three months old.  
Brit. Vet. J. 142, S. 326-335

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

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

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

KUHLMANN, U. u. G. SIEGENTHALER (1987): Wasser- und Elektrolythaushalt.  
In: SIEGENTHALER, G. (Hrsg.): Klinische Pathophysiologie  
Verlag G. Thieme, Stuttgart, S. 209 - 237

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

LAMBOOY, E. u. B. HULSEGGE (1988):  
Long distance transport of pregnant heifers by truck.  
Appl. Anim. Behav. Sci. 20, S. 249-258

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

SCHRAMA, J.W., M.J.W. HEETKAMP, M.W.A. VERSTEGEN, W.P.G. SCHOUTEN, F. VAN DER VEEN u. F.A. HELMOND (1996): Responses of young calves, on two levels of feeding, to transportation.  
Anim. Sci. 63, S. 79-89

SCHAEFER, A.L., S.D.M. JONES, A.K.W. TONG u. B.C. VINCENT (1988): The effect of fasting and transportation on beef cattle. 1. Acid-base-electrolyte balance and infrared heat loss of beef cattle.  
Livesst. Prod. Sci. 20, S. 15-21

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

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

SILBERNAGL, S. u. A. DESPOPOULOS (1983):  
Taschenatlas der Physiologie. Endokrines System und Hormone.  
Thieme Verlag, Stuttgart, S. 232-271



STEINHARDT, M., H. H. THIELSCHER u. D. RATH (1997): Reaktionen nicht trächtiger und in verschiedenen Stadien trächtiger Rinder der Rassen Holstein Frisian und der Deutschen Schwarzbunten im alten Typ auf Transport mit Straßenfahrzeugen: Variationsbreite und individuelle Reaktionsformen an hormonellen, metabolischen und hämatologischen Variablen. Dtsch. Tierärztl. Wschr. 103, S. 505-512

STERMER; R.A., T.H. CAMP u. D.G. STEVENS (1982): Feeder cattle stress during handling and transportation. Transactions Am. Soc. Agricult. Eng. 25, S. 246-249

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

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

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

THOM, E.C. (1959): The discomfort index. Weatherwise 12, S. 57 - 59

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

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

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

WYTHES, J.R., R.J. ARTHUR, P.J.M. THOMPSON, G.E. WILLIAMS u. J.H. BOND (1981): Effect of transporting cows various distances on liveweight, carcass traits and muscle pH. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 21, S. 557-561