

Aus dem Institut für Tierzucht und Tierverhalten Mariensee

**Martin Steinhardt
Tatjana Hoppe
Ludwig Schmidt**

**Hans-Hermann Thielscher
Axel Klan
Friedrich Weissbach**

**Weidehaltung von Milchkühen auf umweltschonend und
intensiv bewirtschaftetem Grünland**

Manuskript, zu finden in www.fal.de

Published in: Landbauforschung Völkenrode 51(2001)1/2,
pp. 51-60

**Braunschweig
Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL)
2001**

Weidehaltung von Milchkühen auf umweltschonend und intensiv bewirtschaftetem Grünland

Martin Steinhardt, Hans-Hermann Thielscher, Tatjana Hoppe, Axel Klan¹
Ludwig Schmidt und Friedrich Weißbach²

Zusammenfassung

An 50 Deutschen Holstein Friesian Milchkühen (25 auf N-ungedüngtem, G1 und 25 auf N-gedüngtem Weideland, G2) wurden am Ende der Stallperiode (U1) und während der Weidehaltung wiederholt (U2 bis U6) Messungen der Körpermasse sowie Blutuntersuchungen (*V. jugularis*) vorgenommen. Die Milchmengen wurden an 2 Tagen pro Woche abends und morgens gemessen. Im Blut wurden der Säure-Basen-Status, Hb, Hk, MCHC, O₂CONT, O₂SAT, O₂CAP, HHb, COHb, MetHb und im Blutplasma Totalprotein, Albumin, Kreatinin, Harnstoff, Ca, Mg, P, Fe bestimmt. Stärkere Änderungen betrafen Totalprotein, Albumin, Kreatinin, Harnstoff, Ca, Mg, P, Fe, O₂SAT, HHb, COHb, MetHb, pH, pCO₂, BE und HCO₃, geringere Hb, Hk, MCHC und O₂CAP. Mittelwertunterschiede der Variablen zwischen den Weidegruppen waren für Harnstoff, Ca, Mg, P, Hb, Hk, O₂CAP sowie pCO₂, BE und HCO₃ an mehreren Untersuchungspunkten nachweisbar. Bei G1 konnten negative Beziehungen zwischen KM und Harnstoff (U2: $r = -0,567^*$, U5: $r = -0,635^*$, U6: $r = -0,586^*$) nachgewiesen werden. Positive Korrelationen bestanden zwischen Laktationstag und Hb (G1: U1 $r = 0,414^+$; G2: U1 $r = 0,585^*$, U2 $r = 0,428^+$). Korrelationen zwischen den Untersuchungspunkten für Kreatinin, Harnstoff, Totalprotein, Fe waren bei G1 stärker als bei G2 und solche für Mg stärker bei G2 gegenüber G1, diejenigen von Hb, Hk und MCHC waren in gleichem Grade bei den Gruppen vorhanden. Interindividuelle Variationen der Leistungskriterien und der meisten Blutmesswerte sowie der Anpassungsreaktionen der Milchkühe waren beträchtlich. Mittelwertdifferenzen der Leistungskriterien und der KM zwischen den Weidegruppen traten selten auf. Effekte der saisonalen Anpassung wurden bei Kühen der Gruppe 1 in stärkerem Maße als bei jenen der Gruppe 2 durch die Nahrungsverfügbarkeit (Qualität und Menge des Weidefutters) bestimmt und durch die Zufütterung von Silage während der Nachtstunden überlagert.

Schlüsselworte: Milchrinder, Weidehaltung, N-ungedüngte Weideflächen, Blutwerte, Leistungskriterien

Abstract

Keeping dairy cows on pasture grounds not treated or treated with nitrogen fertilizer

On 50 dairy cows (25 animals at pasture grounds not fertilized with nitrogen for years, G1 and 25 animals at intensively managed pasture grounds, G2) measurements of body weight and of blood components were performed at the end of the stalling period (U1) and repeatedly in the time the animals were on pasture (U2 till U6). Daily milk yield was measured two times weekly in the evening and in the morning. Blood samples (*V. jugularis*) were analysed for acid-base balance, hemoglobin content, hematocrite, MCHC, O₂CONT, O₂SAT, O₂CAP, HHb, COHb, MetHb in whole blood and for total protein, albumin, creatinine, urea, Ca, Mg, P, Fe in blood plasma. Stronger changes concerned total protein, albumin, creatinine, urea, Ca, Mg, P, Fe, O₂SAT, HHb, COHb, MetHb, pH, pCO₂, BE and HCO₃ and smaller ones Hb, Hk, MCHC and O₂CAP. Mean value differences between pasture groups were evident for urea, Ca, Mg, P, Hb, Hk, O₂CAP and pCO₂, BE and HCO₃ at several sampling points. In group 1 animals negative correlations between body weight and blood urea could be found (U2: $r = -0,567^*$; U5: $r = -0,635^*$; U6: $r = -0,586^*$). Positive correlations existed between lactation day and Hb (G1: U1 $r = 0,414^*$; G2: U1 $r = 0,585^*$, U2 $r = 0,428^+$). Correlations between sampling points for creatinine, urea, total protein, Fe were stronger in group 1 than in group 2 cows and those for Mg were stronger in group 2 than in group 1 cows, those for Hb, Hk and MCHC were of near same degree in both groups. There were markedly interindividual variations of milk yield and of most blood measures and of adaptation reactions as well. Mean differences of performance criteria and of body weight occurred not so frequently. Effects of seasonal adaptation were more profoundly determined by feed access (amount and quality) in dairy cows of group 1 than in those of group 2 and overlapped by silage supply during the night hours.

Keywords: dairy cattle, pasturing, non-N-fertilized pasture grounds, blood values, performance criteria

¹ Institut für Tierzucht und Tiervershalten der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Höltystraße 10, 31535 Neustadt

² Institut für Pflanzenbau und Grünlandwirtschaft der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

1 Einleitung

Die Weidehaltung von Milchrindern wird im Wechsel mit Laufstallhaltung vorgenommen, unter dem Gesichtspunkt der Tiergerechtigkeit als vorteilhaft eingeschätzt und als eine Haltungsbedingung betrachtet, bei welcher eine Förderung der Kondition der Tiere gewährleistet ist. Mit der Verringerung der Nutzungsintensität von Dauergrünland durch Verzicht auf N-Düngung einhergehende Verminderungen des Ertrages und Änderungen der Futterqualität werfen einige Fragen hinsichtlich der Nahrungsverfügbarkeit (Menge und auch Qualität) sowie der Anpassung und Nutzleistung der auf solchen Flächen gehaltenen Tiere auf. Es ist von Interesse, wie die Konstitution der Milchkühe beeinflusst wird und wie sich physiologische Variablen in Verbindung mit der Anpassung an spezifische Umweltbedingungen ändern. Klimawirkungen treffen die Tiere direkt (Energieumsatz, Wärmehaushalt) und indirekt über die Nahrungsverfügbarkeit, die vom Futteraufwuchs und von der Zusammensetzung des Pflanzenbestandes abhängig ist und bei Weidehaltung durch die individuelle Leistungsfähigkeit sowie durch Nahrungssuche und -aufnahme beeinflusst wird (selektive Futteraufnahme). In Verbindung mit einem Projekt über die Verminderung des Stickstoffeintrages in den Boden und die Verbesserung der Futterqualität durch Weißklee in der Grasnarbe (Klan, 2000) wurden Leistungskriterien und gebräuchliche klinisch-chemische Messgrößen der Kühe am Ende der Stallhaltungsperiode und während der Weideperiode wiederholt untersucht. Folgende Fragen waren von Interesse:

- (1) Wie verändern sich Leistung und Körpermasse der Kühe auf umweltschonend und intensiv bewirtschafteten Grünlandflächen bei leistungsorientierter Futterbemessung?
- (2) In welchen Zeitbereichen sind bei welchen klinisch-chemischen Messgrößen sichere Änderungen nachzuweisen?
- (3) Lassen sich Korrelationen zwischen Blutmesswerten und Nutzleistungskriterien nachweisen?
- (4) Lässt sich eine Individualspezifität der Variablen und deren Änderung während der Weideperiode erkennen?

2 Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden an 50 Milchkühen während der Weideperiode 1997 vorgenommen. Die Tiere sind unter Berücksichtigung von Laktationsnummer, Laktationstagen, Milchleistung in zwei Gruppen zu jeweils 25 Tieren aufgeteilt worden (Weidegruppe 1, Weideflächen ohne N-Düngung seit 1993, Weidegruppe 2, Weideflächen mit N-Düngung, 260 kg N/ha). Die Weideflächen befinden sich zu beiden Seiten eines Treibweges in unmittelbarer Nähe. Die Versuchsflächen wurden nach dem System Mähstandweide und dem Verfahren Umtriebsweide mit leistungsorientierter Weideführung bewirtschaftet

(Besatzdichte 3 GV/ha). Die Umtriebsentscheidung wurde vom Weiderest und von der produzierten Milchmenge abhängig gemacht. Bei Versuchsgruppe 1 war die tägliche Weidezeit begrenzt auf die Zeit zwischen den Melkterminen morgens und abends. Als Ausgleich erhielten diese Tiere abends nach dem Melken 4 kg TM Maissilage (bei 30 % TM entspricht 13,4 kg FM) pro Tier und Tag. Sämtliche Tiere erhielten 2 kg Kraftfutter (Hafer/Gerste/Mineralstoffe) pro Tag (jeweils 1 kg pro Melkzeit). Während der gesamten Weideperiode wurden Leckschalen für die Mineralstoffversorgung der Tiere ausgelegt. Vor dem Weideaustrieb erhielten sämtliche Milchkühe 2 Magnesiumstäbe (ALVETRA GmbH Neumünster). Wasser stand den Tieren über Selbsttränken zur Verfügung, die an das Trinkwasserleitungsnetz angeschlossen waren. Im Boxenlaufstall konnten die Kühe im Fressgatter fixiert werden, so dass Behandlungen und Probennahmen vorgenommen werden konnten.

Untersuchungen fanden am 13.05.97 im Stall (U1), am 11./12.06.97 (U2), 09./10.07.97 (U3), 05./06.08.97 (U4), 02./04.09.97 (U5), 30.09./01.10.97 (U6) zwischen 7.45 Uhr und 10.00 Uhr statt. Am 13.05.97 erfolgte der Weideaustrieb der Rinder. Vorher befanden sich die Tiere in Anbindehaltung und erhielten Silage (Gras, Mais), Kraftfutter und Heu. Am Tage der Blutentnahme wurde die Körpermasse (KM) der Tiere ermittelt. An 2 Tagen pro Woche wurde die Abend- und Morgenmilchmenge der Tiere ermittelt. Aus 8 Messungen ist ein Mittelwert für die Tagesmilchmenge pro Tier errechnet worden, der als Leistungsvariable für die weitere Bearbeitung genutzt worden ist.

In peripheren venösen Blutproben (V. jugularis) wurden Säure-Basen-Status, Hämatokrit (Hk), die Hämoglobinkonzentration (Hb), Hämoglobinderivate und -varianten, Gasgehalte und -drucke bestimmt. Säure-Basen-Status und Blutgasgehalte wurden mit AVL 995-Hb Automatic Blood Gas System von Biomedical Instruments Graz, Österreich bestimmt. Die Blutproben analysierten wir außerdem mit dem AVL 912 CO-Oxylite von Medical Instruments AG, mit welchem neben Messgrößen des Säure-Basen-Status die Hämoglobinkonzentration, Sauerstoffsättigung (O₂SAT), Sauerstoffkapazität (O₂CAP) und der Sauerstoffgehalt (O₂CONT), die Hämoglobinderivate Oxyhämoglobin (O₂Hb), Desoxyhämoglobin (HHb), Carboxyhämoglobin (COHb), Methämoglobin (MetHb) und Sulfhämoglobin (SHb) bestimmt werden können. Hk wurde mit der Mikrohämatokritmethode bestimmt. Mit Hilfe von Hb und Hk wurde die mittlere korpuskuläre Hämoglobinkonzentration (MCHC) errechnet. Totalprotein, Albumin, Kreatinin, Harnstoff und die Mineralstoffe Ca, Mg, P und Fe wurden im Analysenautomaten (Kone, Finnland) mit Reagenzien der Firmen Boehringer und Merck gemessen.

Die Auswertung wurde unter folgenden Gesichtspunkten vorgenommen: (1) Mit One Way Analysis of Variance wurde der Einfluss der Weidegruppe an den Untersu-

chungspunkten und (2) mit One Way Repeated Measures Analysis of Variance der Einfluss der Bedingungen an den Untersuchungspunkten bei wiederholten Messungen geprüft. Wenn Normalverteilung und Gleichheit der Varianzen nicht gegeben waren, wurde die Friedman Repeated Measures ANOVA on Ranks angewendet. Im Falle von Gruppen- oder Messpunktunterschieden wurde mit Hilfe multipler Vergleichsverfahren (Bonferroni t-Test, Student-Newman-Keuls-Test) geprüft, welche Mittelwerte unterschiedlich sind. Mittelwertprüfungen zweier Gruppen wurden mit dem t-Test und dem Wilcoxon-Test vorgenommen. Die Irrtumswahrscheinlichkeiten sind in den Tabellen und Abbildungen angegeben und im allgemeinen mit 5 % angenommen worden. Mittelwertunterschiede zwischen den Weidegruppen an den Untersuchungspunkten (U1 bis U6) und Signifikanzen der Korrelationen werden im Text mit $^+ p < 0,05$ und $* p < 0,01$ markiert.

3 Ergebnisse

3.1 Körpermasse, Leistung

Die mittlere KM der Milchkühe wurde im Beginn der Weideperiode verringert und gegen Ende derselben wieder vergrößert. Dies erfolgte bei U4 und U5 in stärkerem Maße bei Tieren der G2 (Abb. 1, Tab. 1). Die mittlere tägliche Milchmenge begann zwischen U3 und U4 abzunehmen. Zwischen U5 und U6 war die Milchleistung bei Kühen der G1 signifikant größer als bei jenen der G2. Zwischen KM und Harnstoffwerten konnten bei Kühen der G1 negative Beziehungen nachgewiesen werden (U2: $r = -0,567^*$, U4: $r = -0,413^+$, U5: $r = -0,635^*$; U6: $r = -0,586^*$). Zwischen KM bei U1 und bei U2 bis U6 bestanden enge Korrelationen (G1: $r = 0,773$ bis $r = 0,948$; G2: $r = 0,898$ bis $r = 0,978$). Eine Beziehung zwischen Laktationstag und KM konnte nicht, eine solche zwischen der Zeit bis zur Kalbung und der KM bei G1 an allen Messpunkten nachgewiesen werden ($r = -0,394$ bis $r = -0,818$). Der Grad der Korrelation nahm gegen Ende der Weideperiode zu. Im Beginn der Weideperiode wies die tägliche Milchmenge eine sichere Korrelation mit den Laktationstagen für beide Gruppen auf, später nur noch für die Kühe der G2 (Tab. 2). Die täglichen Milchmengen wiesen zwischen den Untersuchungspunkten hohe Korrelationen auf (G1: $r = 0,83$ bis $r = 0,978$ und G2: $r = 0,702$ bis $r = 0,969$). Zwischen täglicher Milchmenge und Hb bestanden negative Beziehungen, die bei G1 bis zur Untersuchung 4 sicher waren (Tab. 2). Beziehungen gleichen Grades ließen sich auch für die Sauerstoffkapazität des Blutes (O_2CAP) nachweisen. Für Hk waren die Beziehungen von gleicher Qualität, jedoch im Grade schwächer als für Hb. Zwischen Plasmaeisenkonzentration und täglicher Milchmenge bestanden an allen Untersuchungspunkten in beiden Weidegruppen signifikante negative Korrelationen (Tab. 2).

3.2 Biochemische Blutwerte, Mineralstoffe

Die Mittelwerte von Totalprotein und Albumin wurden ab U3 stetig vergrößert (Abb. 2), diejenigen von Kreatinin änderten sich während der Weideperiode im Beginn (U2) und gegen Ende (U4 bis U6) (Abb. 2, Tab. 1). Signifikante Unterschiede zwischen G1 und G2 waren für Totalprotein bei U2 und U3 festzustellen. Die mittlere Harnstoffkonzentration war im Weidebeginn bei beiden Gruppen signifikant verringert, stieg dann bei G2 wieder auf das Niveau wie bei Stallhaltung an und unterschied sich hochsignifikant zwischen den beiden Weidegruppen (Abb. 2). Die Konzentrationen von Ca, Mg, P und Fe änderten sich unterschiedlich an den Untersuchungspunkten (Abb. 3). Die mittlere Ca-Konzentration lag höher bei U3 und besonders bei U5 und U6 im Vergleich zu U1 und U2. Bei Tieren der G2 waren größere Änderungen festzustellen, so dass die Mittelwertunterschiede zwischen G1 und G2 signifikant wurden. Die Mg-Konzentration stieg bis U3 an und verringerte sich dann bis U5 bei Kühen der G2 stärker als bei jenen der G1. Bei U6 waren wieder vergrößert

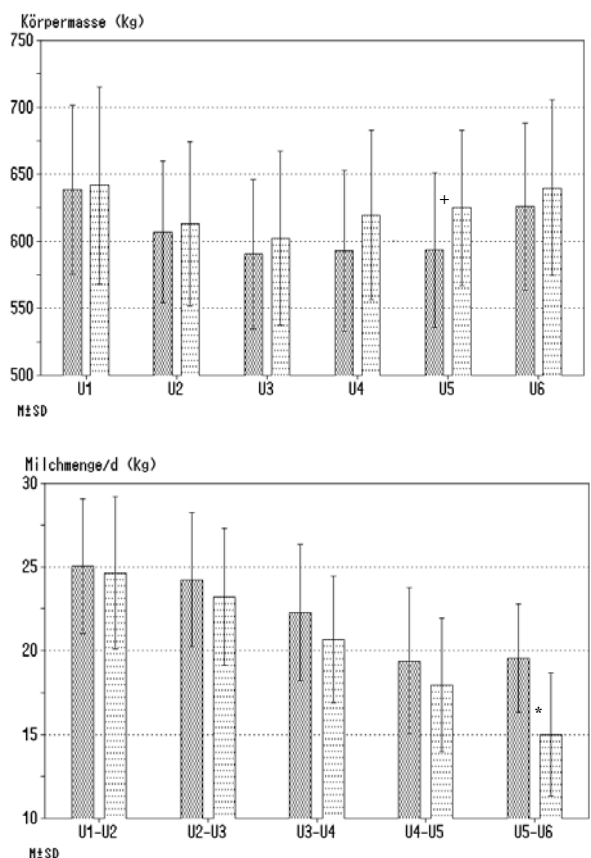


Abb. 1: Körpermasse (KM) (oberer Teil) und Milchmenge pro Tag (unterer Teil) von Milchkühen auf N-ungedüngtem (erste Säule) und N-gedüngtem Grünland (zweite Säule) am Ende der Stallperiode (U1) und während der Weideperiode (U2 bis U6), Mittelwerte und Standardabweichungen, Mittelwertunterschiede: $* p < 0,01$; $+ p < 0,05$

Tab. 1:

Übersicht zu den Mittelwertdifferenzen zwischen den Untersuchungen für die Gruppen 1 und 2

KM		Totalprotein		Albumin	
G1	G2	G1	G2	G1	G2
U6 vs U2,3,4,5	U6 vs U2,3,4,5	U6 vs U2,3,1,4,5	U1 vs U6,5,4,2	U6 vs U1,2,4,3,5	U5 vs U2,1,4,3
U5 vs U1,2,6	U1 vs U2,3,4,5	U5 vs U2,3,1,4	U2 vs U6,5,4,3	U5 vs U1,2,4,3	U6 vs U2,1,4,3
U3 vs U1,2,6		U4 vs U2,3,1	U3 vs U6,5	U3 vs U1,2	U3 vs U2,1
U1 vs U2,3,4,5			U4 vs U6	U4 vs U1,2	U4 vs U2,1
					U1 vs U2
Kreatinin		Harnstoff		Ca	
G1	G2	G1	G2	G1	G2
U2 vs U1,3,6,5,4	U5 vs U6,3,1,2,4	U1 vs U2,4,3,6,5	U6 vs U2,5,1,4,3	U6 vs U4,2,1,3,5	U1 vs U5,3
U4 vs U1,3	U4 vs U6,3,1,2	U5 vs U2,4,3,6	U3 vs U2,5,1,4	U5 vs U4,2,1,3	U2 vs U5,3
U5 vs U1,3	U2 vs U6,3,1	U6 vs U2	U4 vs U2,5,1	U3 vs U4,2,1	U4 vs U5
U6 vs U1,3		U3 vs U2	U1 vs U2,5		U5 vs U6
		U4 vs U2	U5 vs U2		
Mg		P		Fe	
G1	G2	G1	G2	G1	G2
U3 vs U1,5,6,2	U6 vs U5,1,4,3,2	U1 vs U3,4,5,2,6	U1 vs U6,4,3,2	U5 vs U4,3,2,1,6	U1 vs U5,4
U4 vs U1,5,6,2	U2 vs U5,1,4,3	U6 vs U3	U2 vs U5	U6 vs U4,3,2,1	U2 vs U5,4
U2 vs U1	U3 vs U5,1,4	U2 vs U3	U3 vs U5		U3 vs U5,4
U6 vs U1	U4 vs U5	U5 vs U3	U4 vs U5		U4 vs U6
U5 vs U1	U1 vs U5	U4 vs U3	U5 vs U6		U5 vs U6
Hb		Hk		MCHC	
G1	G2	G1	G2	G1	G2
	U1 vs U3,2		U1 vs U6,4,3,2	U3 vs U6,5,4	U1 vs U6,4,2
			U5 vs U6	U2 vs U6,5,4	U2 vs U6
				U1 vs U6,5,4	U3 vs U6,4
				U4 vs U6,5	U5 vs U6
				U5 vs U6	
O ₂ CONT		O ₂ CAP		O ₂ SAT	
G1	G2	G1	G2	G1	G2
U1 vs U6	U1 vs U6,4		U1 vs U6,3,2	U1 vs U6	U1 vs U6,4
U2 vs U6,5,4,3	U2 vs U6,4			U2 vs U6,5,4,3	U2 vs U6,4
	U3 vs U6			U3 vs U6	U3 vs U6,4
	U5 vs U6			U4 vs U6	U5 vs U6
HHb		COHb		MetHb	
G1	G2	G1	G2	G1	G2
U1 vs U6	U1 vs U6,4	U1 vs U6,5,4,3,2	U1 vs U4,6,3,5,2	U6 vs U1,2	U4 vs U1,2,3
U2 vs U6,5,4,3	U2 vs U6,4	U2 vs U6,5,4,3	U2 vs U4,6,3,5	U5 vs U1,2	U6 vs U1,2,3
U3 vs U6	U3 vs U6,4	U3 vs U6,5,4	U5 vs U4	U3 vs U1,2	U5 vs U1,2,3
	U5 vs U6	U4 vs U6	U3 vs U4	U4 vs U1,2	U3 vs U1,2
		U5 vs U6	U6 vs U4		
pH		pCO ₂		PO ₂	
G1	G2	G1	G2	G1	G2
U2 vs U4	U5 vs U1,6,3,2	U1 vs U6,5,4,3	U1 vs U4,3,5,2,6	U1 vs U2,6,5,4	U6 vs U2,5,3,1
U6 vs U4	U4 vs U1,6,3,2	U2 vs U4,3	U6 vs U4,3,5	U3 vs U6	U4 vs U2,5,3,1
U3 vs U4			U2 vs U4,3,5	U4 vs U6	U1 vs U2,5,3
U5 vs U4			U5 vs U4	U5 vs U6	U3 vs U2,5
			U3 vs U4		U5 vs U2
BE		HCO ₃			
G1	G2	G1	G2		
U1 vs U4	U1 vs U6,4,3	U1 vs U6,4,3	U1 vs U6,4,3,2		
U2 vs U6,5,4,3	U2 vs U5,4,3	U2 vs U6,4,3	U2 vs U5,4,3		
	U3 vs U5	U4 vs U5	U3 vs U5		
	U4 vs U5		U4 vs U5		

te Mg-Werte festzustellen. Die mittlere P-Konzentration war im Beginn der Weideperiode kleiner als am Ende der Stallperiode und wurde gegen Ende der Weideperiode wieder größer (Abb. 3). Diese Änderungen waren bei Tieren der G1 und G2 unterschiedlich stark, so dass signifikante Mittelwertunterschiede bei U2, U3, U5 und U6 nachgewiesen werden konnten. Plasmaeisen wies eine größere Streuung insbesondere bei Kühen der G1 auf, und die Mittelwerte änderten sich während der Weideperiode geringgradig (Abb. 3).

Für Totalprotein, Kreatinin, Harnstoff und Fe ließen sich zwischen den Untersuchungspunkten bei beiden Gruppen signifikante Korrelationen nachweisen. Diese werden hier nicht ausführlicher dargestellt.

3.3 Hämatologische Variablen und Hämoglobinderivate

Hb, Hk und O₂CAP waren bei Kühen der G2 an nahezu allen Untersuchungspunkten signifikant größer als bei jenen der G1 (Abb. 4). O₂CONT (Abb. 4) und O₂SAT (Abb. 5) vergrößerten sich ab U3 während der Weideperiode, und HHb wurde ab U3 verringert (Abb. 5). MetHb nahm während der Weideperiode zu und COHb ab (Abb. 5, Tab. 1). Mittelwertunterschiede zwischen G1 und G2 waren an diesen Messgrößen nur an wenigen Untersuchungspunkten sicher (Abb. 5).

Für Hb, Hk, MCHC, O₂CONT und O₂CAP bestanden zwischen den Untersuchungspunkten bei beiden Gruppen sichere Korrelationen, die nicht ausführlicher dargestellt werden.

Tab. 2:
Korrelation der Tagesmilchmenge mit den Laktationstagen und Blutmesswerten von
Milchkühen während der Weideperiode, obere Zeile G1, untere Zeile G2

	U1	U2	U3	U4	U5	U6
			Laktationstage			
Milch/d 2	-0,541* -0,740*	-0,541* -0,740*				
Milch/d 3		-0,469* -0,643*	-0,469* -0,627*			
Milch/d 4			-0,393* -0,639*	-0,383* -0,653*		
Milch/d 5				-0,352 -0,656*	-0,352 -0,660*	
Milch/d 6					-0,334 -0,617*	-0,334 -0,614*
			Hämoglobin			
Milch/d 2	-0,395* -0,697*	-0,564* -0,548*				
Milch/d 3		-0,542* -0,443*	-0,567* -0,191			
Milch/d 4			-0,508* -0,26	-0,544* -0,326		
Milch/d 5				-0,472* -0,218	-0,24 -0,286	
Milch/d 6					-0,223 -0,237	-0,166 -0,261
			Plasmaeisen			
Milch/d 2	-0,677* -0,567*	-0,654* -0,134				
Milch/d 3		-0,566* -0,176	-0,49* -0,518*			
Milch/d 4			-0,435* -0,584*	-0,4* -0,603*		
Milch/d 5				-0,412* -0,679*	-0,257 -0,686*	
Milch/d 6					-0,256 -0,617*	-0,505* -0,50*

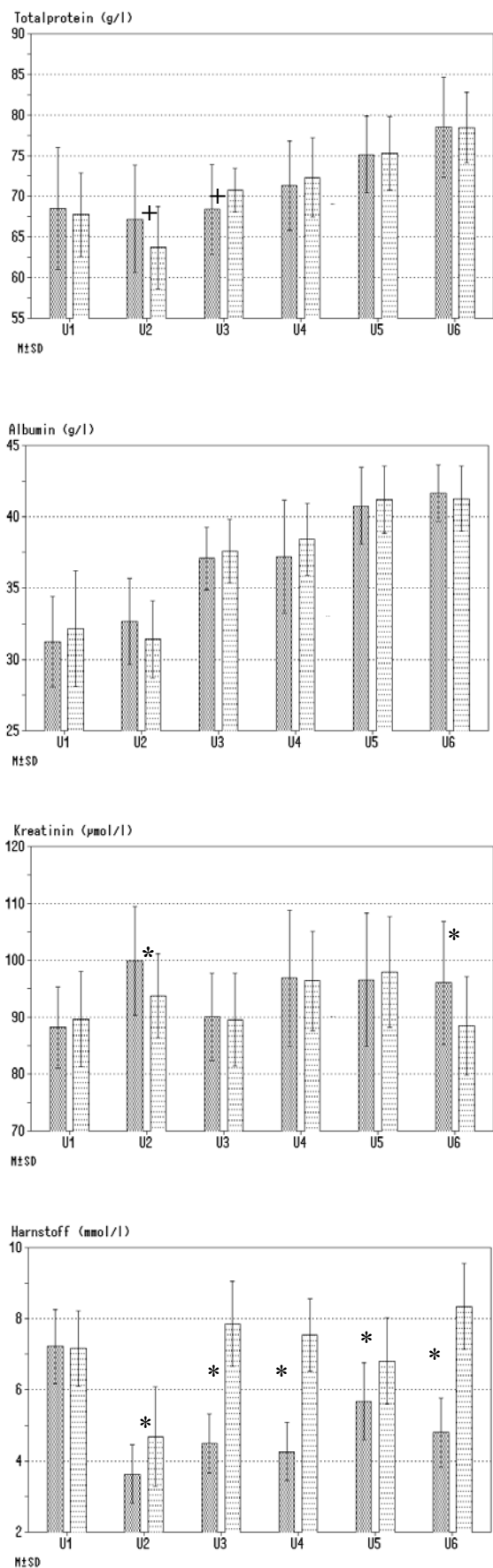
3.4 Säure-Basen-Status

Mittlerer pH-Wert, pCO_2 , BE und HCO_3 änderten sich während der Weideperiode bei U2 bis U5 stärker (Abb. 6, Tab. 1). Zwischen G1 und G2 waren bei U2 sowie bei U4 und U5 sichere Mittelwertunterschiede nachzuweisen.

4 Diskussion

Einflüsse durch Bewirtschaftung und Nutzung der Weideflächen sowie durch die unterschiedliche Futterverfügbarkeit sind bei den gegebenen Untersuchungsbedingungen an den Plasmaharnstoffwerten, an den Konzentrationen von Ca, Mg, P, am Säure-Basen-Status und an den Änderungen der KM offensichtlich. Ein wichtiges Kriterium des Untersuchungsansatzes war die leistungsorientierte Futterbemessung, so dass stärkere Abnahmen der KM eingeschränkt würden und Einflüsse durch die Futterqualität und die individuelle Kapazität der Nahrungsaufnahme deutlicher hervortreten könnten. KM sowie auch Laktationsdauer und Trächtigkeitsdauer wiesen eine beträchtliche interindividuelle Variation auf. An den

Regressionen der KM zwischen den Untersuchungspunkten (hier nicht weiter angeführt) war zu erkennen, dass Abnahmen der KM im Beginn der Weideperiode vorwiegend bei Tieren eintraten, die am Ende der Stallperiode eine sehr große KM aufwiesen. Zunahmen der KM gegen Ende der Weideperiode betrafen zum großen Teil Kühe mit mittlerer und kleiner KM. Die stärkere Abnahme der KM bei G1 gegenüber G2, negative Beziehungen zwischen KM und Harnstoffwerten (U2: $r = -0,567^*$, U4: $r = -0,413^+$, U5: $r = -0,635^*$; U6: $r = -0,586^*$) und die im Verlaufe der Weideperiode schwindende Korrelation zwischen Laktationstag und täglicher Milchmenge bei Kühen der G1 (Tab. 2) sind ein Hinweis darauf, dass spezifische Haltungsfaktoren einen stärkeren Einfluss auf die Milchkühe dieser Gruppe hatten und dass bei diesen Kühen eine größere Anpassungsleistung notwendig war. Eine Beziehung zwischen Laktationstag und KM konnte nicht, eine solche zwischen der Zeit bis zur Kalbung und der KM bei Kühen der G1 an allen Messpunkten nachgewiesen werden ($r = -0,394$ bis $r = -0,818$), deren Grad gegen Ende der Weideperiode zunahm. Die hohen Korrelationen der täglichen Milchmengen zwischen den Untersuchungspunk-



ten (G1: $r = 0,83$ bis $r = 0,978$ und G2: $r = 0,702$ bis $r = 0,969$) lassen die individuelle Leistungsfähigkeit erkennen, und auch solche von Kreatinin, Fe, Hb, Hk, O_2 CONT und O_2 CAP zwischen den Untersuchungspunkten weisen auf die Individualspezifität dieser Variablen hin.

Die individuell und auch saisonal beeinflusste Futteraufnahme der Tiere auf der Weide ist ein Produkt aus Grasezeit, Bissen pro Minute und Futtermenge pro Biss und kann durch diese drei Faktoren bestimmt werden. Die Aktivitätsperioden der Milchkühe liegen zwischen 6.00 Uhr und 21.00 Uhr (Hoppe, 1995; Steinhardt u. Thiel-scher, 2000a,b), wobei in der Hauptweideperiode eine besonders lange Grasezeit zwischen 18.00 Uhr und 21.00 Uhr nachgewiesen werden konnte. Diese wird gegen Ende der Weideperiode signifikant verringert, und die Grasezeiten zwischen 12.00 Uhr und 15.00 Uhr sowie 00.00 Uhr und 03.00 Uhr werden signifikant verlängert. Die Aufstallung der Kühe der G1 zwischen 18.00 Uhr und 06.00 Uhr hat eine Einschränkung wichtiger Aktivitätsperioden zur Folge. Aus Untersuchungen über den Futteraufwuchs auf den gleichen Weideflächen in vorangegangenen Jahren (Hoppe et al., 1997) geht hervor, dass das Trockenmasseangebot in den Monaten Juni, Juli und August groß ist (Rohproteingehalt im Mai über 15 % der Trockenmasse, Juli zwischen 6 und 12 %). In den Monaten August, September, Oktober und November sind stärkere Variationen des Rohproteingehaltes des Weidefutters in Abhängigkeit vor allem vom Klima möglich. Die größeren Harnstoffwerte der Milchkühe der G2 (Abb. 2) weisen auf die bevorzugte Aufnahme rohproteinreichen Futters hin. Die sehr großen Harnstoffwerte dieser Kühe bei U6 und die signifikant kleinere tägliche Milchleistung deuten auf eine eingeschränkte Futterverfügbarkeit hin.

Zunahmen der Kreatininkonzentration im Weidebeginn (U2) und gegen Ende der Weideperiode (U4, U5) können Änderungen der Fleischkörpermasse andeuten, Beziehungen von Kreatininkonzentration und KM waren jedoch nicht sicher nachweisbar. Sichere positive Beziehungen zwischen Hb und Kreatinin waren bei Kühen der G1 nachzuweisen (U1: $r = 0,56^*$, U2: $r = 0,354^+$, U3: $r = 0,687^*$, U4: $r = 0,457^+$, U5: $r = 0,583^*$). Bemerkenswert ist, dass die bei Mutterkühen der Rassen Deutsche Rotbunte und Deutsche Schwarzbunte im alten Typ und auch bei Jung-rindern (Deutsche Rotbunte, Deutsche Holstein Friesian) festgestellte auffällige Vergrößerung der Kreatininkonzentration am Ende der Weideperiode (Steinhardt et al., 1999, 2000), die auf eine saisonale Anpassung der Konstitution (Körperflüssigkeitskompartimente, Energiespeicherung) zurückgeführt werden kann, bei Milchkühen nur angedeutet ist.

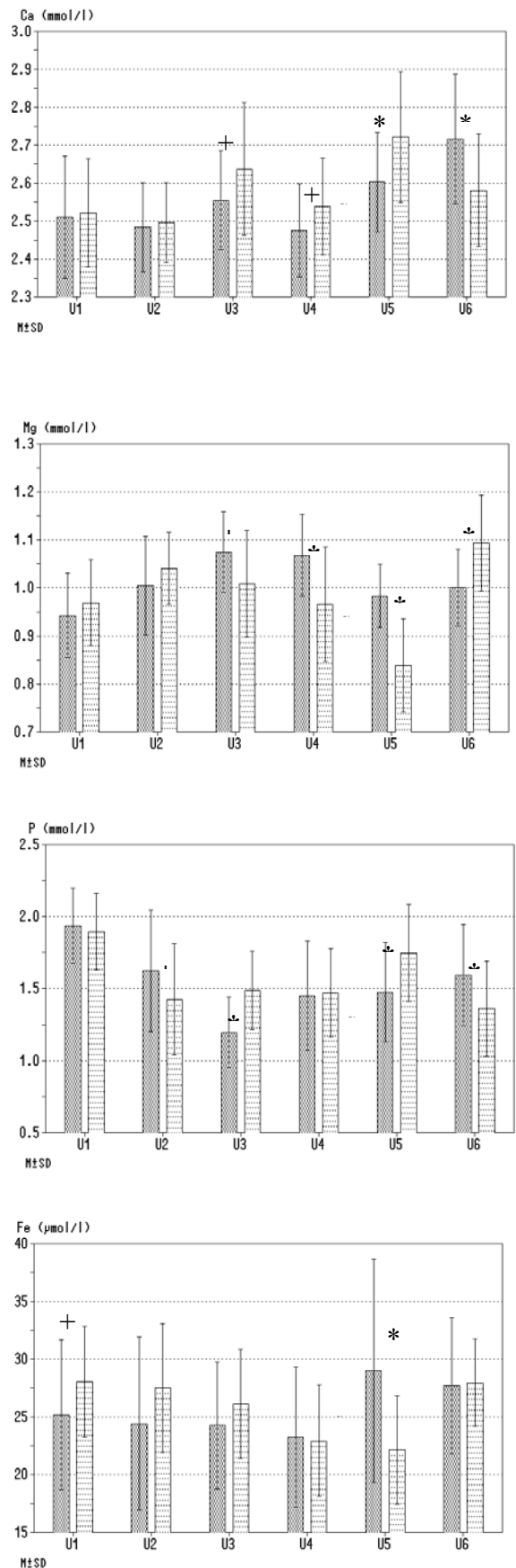
Abb. 2:

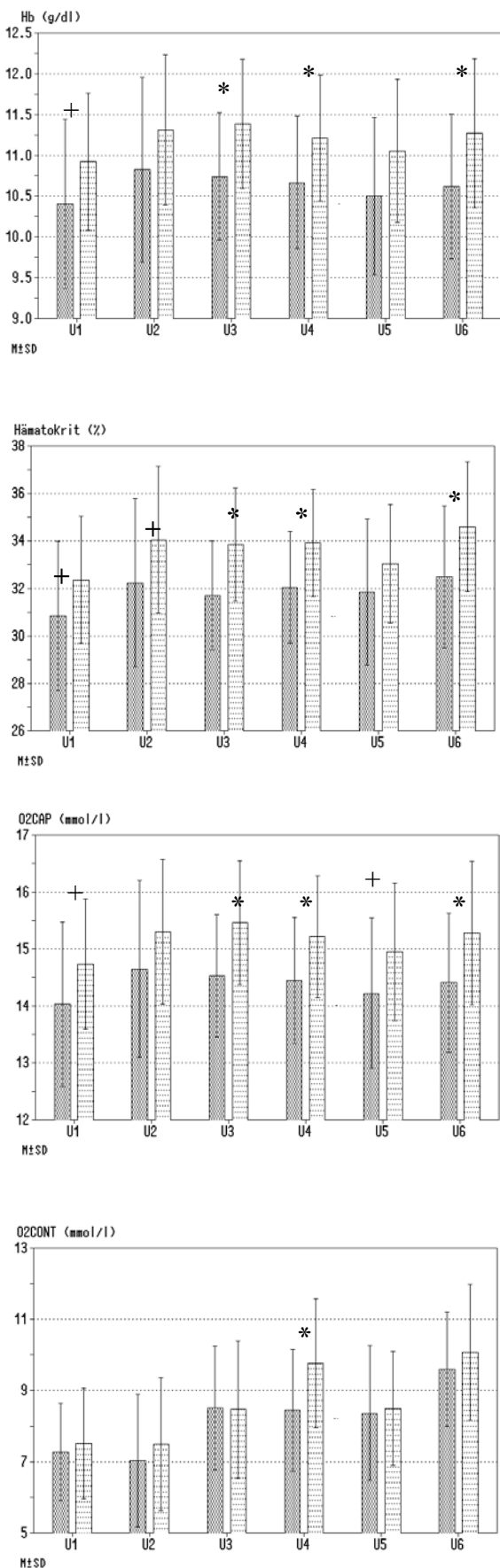
Totalprotein, Albumin, Kreatinin und Plasmaharnstoffkonzentration (von oben nach unten) von Milchkühen auf N-ungedüngtem (erste Säule) und N-gedüngtem Grünland (zweite Säule) am Ende der Stallperiode U1 und während der Weideperiode (U2 bis U6), Mittelwerte und Standardabweichungen, Mittelwertunterschiede: * $p < 0,01$; + $p < 0,05$

Die Totalprotein- und Albuminkonzentration reagieren auf Proteinernährung und körperliches Training sowie auf die aktuelle körperliche Belastung und die damit verbundene Muskeltätigkeit, wenn diese eine bestimmte Intensität erreichen. Aminosäurereiche Ernährung durch frischen Pflanzenaufwuchs stimuliert die Leberfunktion und wird vorrangig in Verbindung mit dem körperlichen Training an größeren Totalprotein- und Albuminkonzentrationen der Milchkühe im Weidebeginn beteiligt sein (Abb. 2). Beziehungen zu Laktationsdauer und -leistung sowie zu der Zeit bis zur Kalbung konnten nicht gesichert werden. Einflüsse durch die individuellen Reaktionen der Tiere bei der Blutentnahme auf die Variation der Variablen sind nicht gänzlich auszuschließen.

Größere Änderungen der Plasmakonzentrationen von Ca, Mg, P und Fe zwischen den Untersuchungspunkten (Abb. 3, Tab. 2) und Beobachtungen über den größeren Verbrauch der in Leckschalen angebotenen handelsüblichen Mineralstoffmischungen bei Kühen auf N-unge düngter Weide in vorangegangenen Untersuchungen (Hoppe, 1995) zeigen, dass diese durch die Verfügbarkeit und Qualität der Hauptnährstoffe während der Weidehaltung und die Leistung der Tiere beeinflusst werden. In Mineralstoffauswahlversuchen (Oschlies et al., 1997) konnte festgestellt werden, dass Milchkühe auf N-gedüngter Weide etwa die doppelte Menge an Mineralstoffgemisch (aromatisierte, pulverförmige Mineralstoffmischung mit unterschiedlichen Gehalten an Mg und P) gegenüber Milchkühen auf N-unge düngter Weide aufnehmen. Letztere bevorzugten eindeutig die Mg-reichere Mischung. Die individuelle Situation des Tieres (Rasse, Körpermasse, physiologischer Status, Leistung) und die Umwelt (Mineralstoffgehalt des Futters, botanische Zusammensetzung des Pflanzenbestandes, Klima) beeinflussen die Mineralstoffaufnahme der Tiere auf der Weide (McDowell, 1996). Infolge der Verabreichung der Bolus (siehe Material und Methoden) stieg die Konzentration von Mg im Blutplasma bei beiden Gruppen während der Weideperiode zunächst an, die Abnahme der Mg-Spiegel war offensichtlich durch die Qualität des Futters beeinflusst worden (Abb. 3). Kleinere Mg-Werte bei Kühen der G2 sprechen für einen größeren Verlust an Mg bei diesen Tieren. Obwohl die mit den Bolus verabreichte Fe-Menge bei den beiden Weidegruppen gleich war, sind größere Streuungen der Plasmaeisenwerte bei Tieren der G1 und größere Mittelwerte bei Tieren der G2 im Weidebeginn zu beobachten gewesen (Abb. 3). Dies und die enge negative Beziehung zwischen täglicher Milchmenge und Plasmaeisenkonzentration deutet auf die unterschiedliche Nutzungsmöglichkeit und auf Einflüsse durch die Leistung auf den Fe-Stoffwechsel hin. Größere Hb und Hk bei Tieren der G2 (Abb. 3) sind in Übereinstimmung mit den

Abb. 3:
Ca, Mg, P and Fe im Blutplasma von Milchkühen am Ende der Stallperiode (U1) und während der Weideperiode (U2 bis U6), Mittelwerte und Standardabweichungen





Befunden früherer Untersuchungen (Steinhardt et al., 1994, 1996), sie sind jedoch nicht sicher einzuschätzen, da sie bereits am Ende der Stallhaltungsperiode vorhanden waren. Nicht auszuschließen sind eine gesteigerte Erregbarkeit der Tiere auf intensiv bewirtschaftetem Grünland in Verbindung mit der Aufnahme nitratreichen und eiweißreichen Futters oder auch größere Verluste an Mineralstoffen über die Nieren bei diesen Tieren. Verstärkte Säure-, auch Aminosäureausscheidung über die Nieren ist mit gesteigerter Mineralstoffausscheidung verbunden. Negative Beziehungen zwischen Plasmakonzentration von K und NO_3 ($r = -0,32$) sowie Na und NO_2 ($r = -0,53$) und Mg und NO_2 ($r = -0,23$) konnten bei Milchrindern nachgewiesen werden (Hambitzer und Sommer, 1986).

Mittelwertunterschiede für Hb, Hk, MCHC, COHb und MetHb (Abb. 5) und auch für die Messgrößen des Säure-Basen-Status (Tab. 2, Abb. 4) zwischen den Untersuchungspunkten während der Weideperiode sind auf die durch körperliche Aktivität stimulierte Erythropoese und im Falle von Hb und Hk auch auf die Änderung der Körperflüssigkeitskompartimente im Beginn der Weideperiode und im Verlaufe derselben durch die Änderung der Leistung der Milchkühe und die Anpassung an die Trächtigkeit zurückzuführen. Geht man davon aus, dass die Hämoglobinderivate HHb, O_2Hb und COHb adulter Rinder nur minimale spektralanalytische Differenzen zu humanen Hämoglobinderivaten haben (Zijlstra und Buursma, 1997), was bei Multispektralanalyse zu berücksichtigen ist, so können bei den gleichen Tieren wiederholte Untersuchungen zuverlässige Ergebnisse bringen. Erhöhte COHb-Anteile sind nicht vorrangig auf den CO-Gehalt der Luft zurückzuführen, sondern ergeben sich aus Interferenzen mit fetalem Hämoglobin (HbF), welches unter verschiedenen Bedingungen und im Falle starker Stimulation der Erythropoese auch bei adulten Individuen gebildet werden kann. Zunahmen der MetHb-Fraktion können durch Förderung der MetHb-Bildung (Oxidation Fe^{2+} zu Fe^{3+}) und/oder durch Einschränkung der MetHb-Reduktion (Aktivität des membrangebundenen Enzyms NADH MetHb-Reduktase) bedingt sein, sind hier jedoch nicht von einem solchen Ausmaß, welches klinisch relevant ist, denn 1 bis 2 % MetHb können im allgemeinen im Blut nachgewiesen werden. Die Variablen des Säure-Basen-Status im venösen Blut der Kühe ermöglichen orientierende Aussagen über periphere Einflüsse auf die Blutbeschaffenheit wie z. B. das Anfluten von Säuren. Da die Blutprobe aus einem relativ kleinen Stromgebiet des vorderen Tierkörpers (Kopf-Hals-Region) hervorgeht, sind Nachwirkungen stärkerer respiratorischer Effekte nicht gänzlich unwahrscheinlich. Höhere pH und niedrigere pCO_2 , BE, HCO_3 während der Monate Juli und August (U3 und U4) deuten auf die Auswirkungen des Klimas

Abb. 4:

Hb, Hk, O2CAP und O2CONT des Blutes von Milchkühen am Ende der Stallperiode (U1) und während der Weideperiode (U2 bis U6), Mittelwerte und Standardabweichungen

und auf Aktivierungen der respiratorischen Wärmeabgabe hin.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass mittlere Differenzen der Leistungskriterien und Änderungen der Körpermasse zwischen den Weidegruppen nicht so deutlich hervortraten. Die interindividuelle Variation der Leistungskriterien und der meisten Blutmesswerte sowie auch der Anpassungsreaktionen der Milchkühe war beträchtlich, jedoch konnten an verschiedenen Untersuchungspunkten sichere Mittelwertunterschiede physiologischer Variablen zwischen den Weidegruppen und auch innerhalb derselben zwischen den Untersuchungspunkten festgestellt werden. Effekte der saisonalen Anpassung der Kühe wurden bei Gruppe 1 in stärkerem Maße als bei Gruppe 2 durch die Nahrungsverfügbarkeit (Qualität und Menge des Weidefutters) bestimmt und durch die Zufütterung von Silage überlagert.

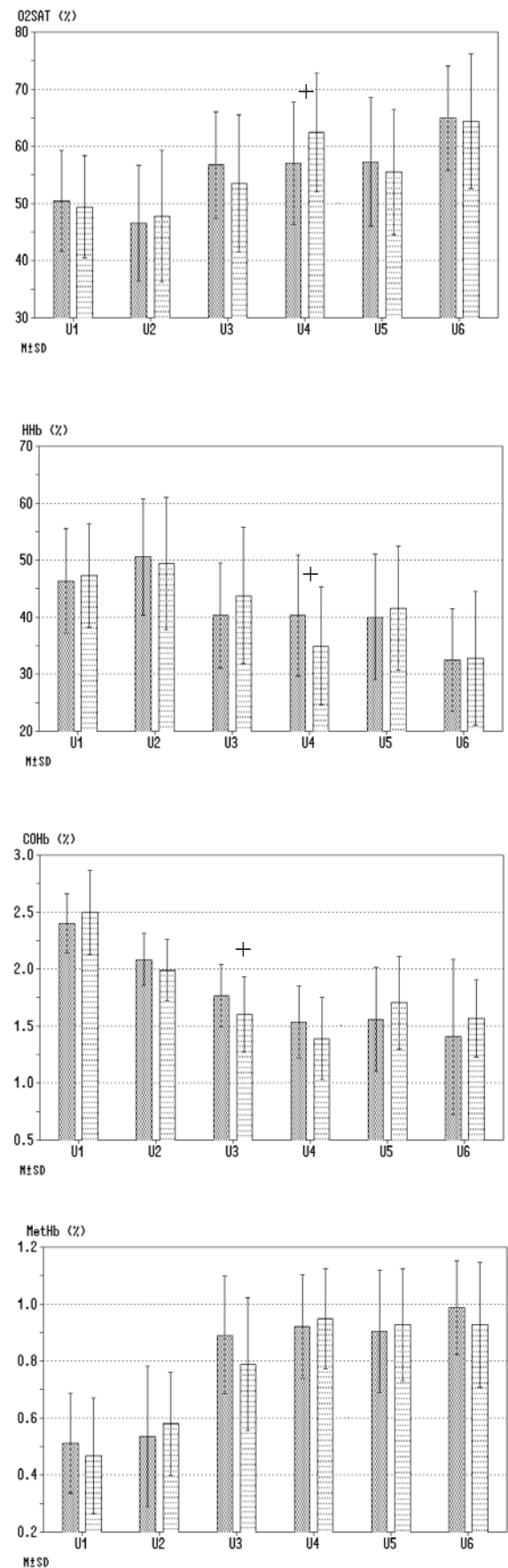
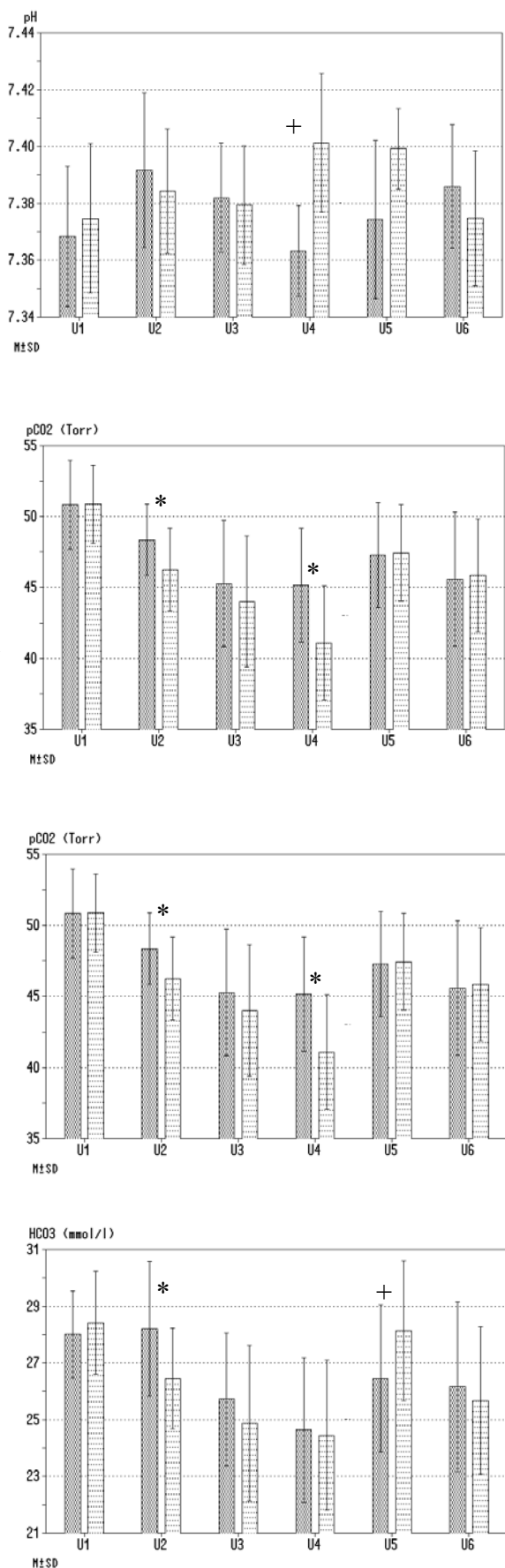


Abb. 5:
O2SAT, HHb, COHb und MetHb des venösen Blutes von Milchkühen am Ende der Stallperiode (U1) und während der Weideperiode (U2 bis U6), Mittelwerte und Standardabweichungen



Literatur

- Hambitzer R, Sommer H (1986) Nitrat- und Nitritwerte im Blutplasma von Milchkühen und ihre Beziehung zum Blutprofil. *Tierärztl Umschau* 41: 634-641
- Hoppe T (1995) Untersuchungen zur Weidewirtschaft mit Milchkühen bei Verzicht auf Stickstoffdüngung. Agr Diss, Kiel Univ
- Hoppe T, Schmidt L, Weißbach F (1997) Entwicklung einer Methode zur Schätzung der Verdaulichkeit des durch Weidetiere aufgenommenen Grünfutters als eine Voraussetzung für die Gestaltung ökonomisch effizienter Verfahren der extensiven Weidewirtschaft, Abschlußbericht des DFG-Projektes. Braunschweig. FAL, GFF und TZV, p 1 - 43
- Hoppe T, Schmidt L, Weißbach F (2000) Kotstickstoff und n-Alkane als Methode zur Ermittlung des Futterwertes und des Futter- und Energieverzehr auf der Weide, interdisziplinäres Forschungsprojekt der Institute Pflanzenbau und Tierernährung (FAL)
- Klan A (2000) Umwelt- und tiergerechte Gestaltung der Weidewirtschaft bei der Milchviehhaltung. Agr. Diss. (in Vorbereitung)
- Oschlies H, Hoppe T, Schmidt L, Weißbach F, Flachowsky, G (1997) Untersuchungen zur Aufnahme unterschiedlicher Mineralfuttermischungen von Milchkühen auf stickstoffgedüngter und -ungedüngter Umtriebsweide. In: Mengen- und Spurenelemente. 17. Arbeitstagung der Friedrich-Schiller-Universität Jena, pp 261-268
- McDowell L R (1996) Feeding minerals to cattle on pasture. *Anim. Feed Sci Technol* 60: 247-271
- Steinhardt M, Thielscher H-H, Ladewig J, Hoppe T, Schlichting M C, Smidt D (1994) Herzschlagfrequenz und konstitutionelle Merkmale von Hochleistungsmilchrindern auf intensiv und umweltschonend bewirtschafteter Weide. *Tierärztl Praxis* 22: 221-229
- Steinhardt M, Thielscher H-H, Ihnen B, Hoppe T, Smidt D (1996) Physiologische Reaktionen und Anpassungsvorgänge bei Rindern während des Weideganges auf intensiv und umweltschonend bewirtschafteten Weideflächen und nach der Aufstallung. *Landbauforsch Völknerode* 46: 181-197
- Steinhardt M, Thielscher H-H Hoppe T (2000) Weidehaltung von Junggründern der Deutschen Rotbunten und der Deutschen Holstein Friesian auf umweltschonend (ohne Stickstoffdüngung) bewirtschaftetem Grünland : Wachstum und Blutbestandteile der Tiere vor und während der Weideperiode. *Dtsch tierärztl Wschr* (im Druck)
- Steinhardt M, Thielscher H-H, Grünberg W (1999) Anpassung von Rindern beim Wechsel von Stall- und Weidehaltung. Physiologische Variablen bei Deutschen Rotbunten und Deutschen Schwarzbunten Kühen in Mutterkuhhaltung sowie bei deren Kälbern während der Weidehaltung. *Biopark* 5: 25 - 41
- Steinhardt M, Thielscher H-H (2000a) Herzfrequenzkennwerte, Aktivitätsperioden und Blutmeßwerte trächtiger, nicht laktierender Rinder bei Weidehaltung. *Tierärztl Umsch* 55: 133-140
- Steinhardt M, Thielscher H-H (2000b) Herzfrequenzkennwerte und Tagesperiodik bei Färsen verschiedener Rassen in Weidehaltung. Einflüsse durch Trächtigkeit und Jahreszeit. *Tierärztl Praxis G* 28: 322-330
- Zijlstra W G, Buursma A (1997) Spectrophotometry of hemoglobin: Absorption spectra of bovine oxyhemoglobin, deoxyhemoglobin, carboxyhemoglobin, and methemoglobin. *Comp Biochem Physiol B Biochem Molec Biol* 118: 743-749

Abb. 6: pH, pCO₂, BE und HCO₃ des venösen Blutes von Milchkühen am Ende der Stallperiode (U1) und während der Weideperiode (U2 bis U6), Mittelwerte und Standardabweichungen