

WERNER JENTSCH, HEIDE-DÖRTE MATTHES, MICHAEL DERNO,
JOCHEN WEGNER, JÜRGEN VOIGT, BERTHOLD LÖHRKE,
KARIN NÜRNBERG und MANFRED BEYER

Untersuchungen zum Stoffwechsel, zur Wärmeproduktion, zum Verhalten und zur Morphologie von Jungbullen der Rassen Galloway und Schwarzbuntes Milchrind

Herrn Professor Dr. habil. Ernst Ritter zum 65. Geburtstag gewidmet

Aus dem Evolutionsprinzip des sparsamen Energieeinsatzes für biologische Abläufe kann die These abgeleitet werden, daß Tiere, die an den natürlichen Lebensraum adaptiert sind, sich von auf hohe Leistungen (Fleisch, Milch) gezüchteten Rassen in der energetischen Effizienz unterscheiden. Es ist unklar, in welcher Höhe das der Fall ist und welche biologischen Ursachen dafür verantwortlich sind.

Als eine Ursache wird eine veränderte Adaptation des Verdauungsgeschehens diskutiert. Die Leistungsdifferenziertheit könnte durch eine Veränderung in der Größe des Verdauungstraktes begründet sein, die mit entsprechenden Veränderungen im Futteraufnahmevermögen oder in der Verweilzeit der Digesta im Verdauungstrakt einhergeht. Diskutiert wird auch eine veränderte mikrobielle Besiedlung in den Vormägen mit Auswirkungen auf die Effizienz der Stofftransformation über veränderte Gärungsmuster und Zellsynthese. Schließlich sind Unterschiede im Energieumsatz - Energieerhaltungsbedarf, Verwertung der umsetzbaren Energie für Körperenergieansatz - und im thermoregulatorischen Verhalten - Regulation des Energiwechsels über veränderte neuroendokrine Signale und zirkulierende Immunzellen - denkbar. Mit den vorliegenden Untersuchungen sollten daher Fragen der Adaptation landwirtschaftlicher Nutztiere hinsichtlich bioenergetischer, stoffwechselphysiologischer und morphologischer Grundlagen experimentell bearbeitet werden.

1. Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden in 10 Perioden an je 8 Jungbullen der Rassen Galloway und Schwarzbuntes Milchrind (SMR) - 2 Rassen, die über Generationen an sehr verschiedene Umweltbedingungen adaptiert sind - durchgeführt. Über Alter und Lebendgewicht (LG) der Tiere bei Versuchsbeginn gibt Tabelle 1 Auskunft.

Die Jungbullen hatten, bedingt durch Alter und Fütterung, bei Versuchsbeginn mit Sicherheit ein voll ausgebildetes Vormagensystem.

Für die Einteilung der Tiere in jeweils 2 Gruppen (insgesamt 4) waren die Lebendgewichte der Tiere und das Vorhandensein von 4 Respirationsanlagen ausschlaggebend. Die Futter-

gabe in den einzelnen Meßperioden wurde auf das mittlere metabolische Lebendgewicht der entsprechenden Gruppe (4 Tiere) eingestellt. Die Fütterung erfolgte 2 mal täglich, um 7.00 Uhr und 15.00 Uhr.

Tabelle 1

Alter und Lebendgewicht der Tiere bei Versuchsbeginn (Age and live weight of the animals at the beginning of the experiments)

Rasse	Anzahl Tiere	Alter Monate	Mittleres Lebendgewicht kg	
			Gruppe 1	Gruppe 2
Galloway	8	12	268 ± 14	228 ± 9
Schwarzbuntes Milchrind	8	11	273 ± 18	266 ± 10

An die Tiere wurden 6 Rationen verfüttert, die sich in ihrer chemischen Zusammensetzung stark unterschieden (Tab. 2).

Tabelle 2

Energiegehalt (MJ/kg TS) und chemische Zusammensetzung der Rationen (g/kg TS) (Energy content (MJ/kg DM) and chemical composition of the rations (g/kg DM))

Ration	Bruttoenergie	Organ. Substanz	Rohprotein	Rohzellulose	NFE ¹⁾	Rohfaser
1	18,06	945	103	181	642	181
2	18,09	938	103	250	569	244
3	18,30	899	174	290	416	282
4	18,01	917	102	341	464	348
5	18,45	942	64	391	478	392
6	18,95	950	34 ²⁾	443	459	497

1) N-freie Extraktstoffe = Org. Substanz - Rohprotein - Rohfett - Rohzellulose

2) Mit Harnstoff auf 54 g Rohprotein/kg TS ergänzt

Der Rohfasergehalt der Rationen lag in dem Bereich von 180 bis 500 g/kg TS, mit Abstufungen von etwa 40-60 g zwischen den Rationen 1-5 und 100 g zwischen den Rationen 5 und 6.

Die Energieversorgung erfolgte auf den in Tabelle 3 ausgewiesenen Stufen. Das Ernährungsniveau 1 entspricht einer Aufnahme an umsetzbarer Energie (ME) von 450 kJ/kg LG^{0,75}-d. Die mit der Versuchsplanung vorgesehene Gleichheit der Ernährungsniveaus zwischen den beiden Rassen in der jeweiligen Periode wurde weitgehend realisiert. Die Differenzen bis zu 0,3 Einheiten im Ernährungsniveau in den Perioden 2 und 10 sind die Folge von Unterschieden in der Futteraufnahme.

Die im Ergebnisteil vorgelegten Angaben zur Wärmeproduktion sind in den entsprechenden Perioden auf gleiche Einnahme an umsetzbarer Energie je kg LG^{0,75} bei Galloway und SMR korrigiert. Für die Ernährungsniveaustufe 2 war ausschlaggebend, eine möglichst hohe Energieeinnahme zu erreichen, aber auch vollständigen Futterverzehr zu bewirken. Bei Ration 1 fand auf dem hohen Ernährungsniveau eine selektiv bevorzugte Aufnahme des Grobfutters durch die Galloway-Bullen statt. Die Rationen 5 und 6 wurden nicht in größeren Mengen verzehrt. Der Strohverzehr (Ration 6) entsprach einer ad-libitum-Aufnahme.

Tabelle 3
Angaben zum Ernährungsniveau (Information about the nutrition level)

Periode	Ration	Ernährungs- niveaustufe	Ernährungsniveau auf der Basis der gemessenen umsetzbaren Energie	
			Galloway	Schwarzbuntes Milchrind
1	1	1	1,1	1,1
2	1	2	1,7	2,0
3	2	1	1,1	1,1
4	2	2	1,8	1,8
5	3	1	1,0	1,0
6	3	2	1,6	1,5
7	4	1	1,0	0,9
8	4	2	1,4	1,4
9	5	1	1,0	1,1
10	6	1	0,8	1,0

Die Gesamtstoffwechselfersuche wurden nach den von SCHIEMANN u.a. (1971) erarbeiteten Methoden durchgeführt. Nach einer 18tägigen Vorfütterungsperiode wurden 10 Tage die Exkremente quantitativ erfaßt und nach der Weender Analyse die Rohnährstoffe in den Futtermitteln (jeweils 4 Analysen je Versuchsperiode) und in den Kotproben bestimmt. In den ersten 4 Tagen der Sammelperiode befanden sich die Tiere in den Respirationskammern.

Für die Ermittlung von Kennwerten der Pansenfermentation erfolgte am Ende der Sammelperiode die Pansensaftentnahme per Schlundsonde 2 1/2 bis 3 Stunden nach der Morgenfütterung (JENTSCH und WITTENBURG, 1969), im Pansensaft die Bestimmung der flüchtigen Fettsäuren mittels Gaschromatographie, des pH-Wertes mittels Glaselektrode und von Ammoniak durch Mikrodifffusion (VOIGT und STEGER, 1967). Am 1. Tag der Kot-Sammelperiode erhielten die Tiere Pellets eines Gemisches von TiO₂ und Mehl (100 g Pellets mit 10 g TiO₂/Tier) zur Bestimmung der Passagerate des Futters durch den Gastrointestinaltrakt. Hierfür erfolgte die Kotsammlung 24, 36, 48, 60, 72, 96 und 120 Stunden nach der TiO₂-Dosierung. Die TiO₂-Konzentration im Kot wurde nach Kjeldahlaufschluß photometrisch nach BRANDT und ALLAM (1987) bestimmt. Die mittlere Verweildauer des Markers im gesamten Verdauungstrakt wurde nach BLAXTER u.a. (1956) geschätzt.

Die Wärmeproduktionsmessung erfolgte in Respirationsanlagen nach der Methode der indirekten Kalorimetrie. In jeder Periode wurden die Tiere 48 h bei 18°C und jeweils 24 h bei 12 und 6°C gehalten.

Die Beobachtungen zum Tierverhalten erfolgten in der Periode mit Stroh fütterung in der Respirationskammer innerhalb 24 Stunden in Abständen von 10 Minuten bei den Umgebungstemperaturen 18 und 6°C. Folgende Aktivitäten wurden für jedes Tier registriert: Liegen (Kopf oben), Liegen und Schlafen bzw. Dösen (Kopf unten), Fressen, Wiederkauen im Liegen, Wiederkauen im Stehen und sonstige Aktivitäten. Ähnliche Methoden wurden von FRANZ (1992) und ORTIGUES u.a. (1993) angewandt.

Am 400. und 600. Lebenstag wurden mit einem Biopsiegerät (WEGNER und SCHÖBERLEIN, 1986) Gewebeproben von Haut, subcutanem Fett- und Muskelgewebe (*M. semitendinosus*) entnommen. An der Biopsiestelle erfolgten Messungen zum Haarbesatz (Länge und Durchmesser). Zur Haardichtebestimmung und Messung der Hautdicke sowie der Fettzellen an Mikrotomschnitten diente das automatische Bildanalyssystem "Quantimet 570" der

Firma LEICA.

Nach dem Schlachten der Tiere wurden das Pansenvolumen durch Auslitterung unter Wasser bei einem Überdruck von 50 mm Wassersäule und die Gewichte der inneren Organe bestimmt, die zum Schlachtgewicht in Beziehung gesetzt wurden. Die chemischen Analysen (Protein, Fett, Asche) erfolgten in den einzelnen Tierkörperfraktionen. Die Werte der Körperzusammensetzung (Tab. 9) sind gewogene Mittelwerte der Analysenergebnisse der Tierkörperfraktionen in % des Leerkörper-Warmgewichtes (mit Blut, ohne Inhalt des Intestinaltraktes, der Gallen- und Harnblase).

Die Rohfettanalyse der Muskelproben und der Teilstücke der Tierkörper erfolgte durch Soxhlett-Extraktion mit Petrolether ohne Säureaufschluß. Der Cholesterolgehalt im *Musculus longissimus dorsi* wurde mit dem Cholesterol-Kit für die Lebensmittelanalytik (BOEHRINGER, Mannheim, Biochemiker-Katalog 1993; Farbttest) bestimmt.

Der Erhaltungsbedarf der Tiere an umsetzbarer Energie wurde sowohl über den Weg der einfachen linearen Regression nach dem Ansatz

$$\frac{\text{Energieansatz}}{\text{LG}^{0,75}} = b_0 + b_1 \frac{\text{umsetzbareEnergie}}{\text{LG}^{0,75}}$$

als Quotient b_0/b_1 als auch tierindividuell aus den Untersuchungen auf der Energieniveaustufe, die etwa dem Erhaltungsbedarf entsprach, durch Korrektur der umsetzbaren Energie auf eine Energiebilanz von Null ermittelt. Für die Korrektur wurde eine Verwertung der umsetzbaren Energie für den Ansatz von 55% unterstellt.

Die statistische Auswertung der Fettanalysen wurde mit dem Programmpaket SAS (Statistical analysis system), Prozedur GLM (General linear model) vorgenommen. Dabei erfolgte die Beurteilung der rassebedingten Unterschiede in der Tierkörperzusammensetzung mit einer einfachen Varianzanalyse unter Berücksichtigung des Lebendgewichtes als Cofaktor.

Das kovarianzanalytische Modell lautet:

$$\underline{y}_{ijk} = \mu + A_i + b_1(\text{LG}_{ijk} - \overline{\text{LG}}) + \underline{e}_{ijk}$$

\underline{y}_{ijk}	- zufälliger Beobachtungswert
μ	- Populationsmittel
A_i	- Effekt der Rasse ($i=1,2$)
b_1	- Kovariables Lebendgewicht
\underline{e}_{ijk}	- zufälliger Restfehler ($k=1, \dots, n_{ij}$)
$\overline{\text{LG}}$	- Lebendgewicht
$\overline{\text{LG}}$	- mittleres Lebendgewicht

Mittelwertdifferenzen wurden nach dem t-Test geprüft.

2. Ergebnisse und Diskussion

Mit dem geschilderten Versuchsprogramm unter Verwendung von Rationen mit sehr extremer chemischer Zusammensetzung wurde zunächst systematisch der Frage nachgegangen, ob im Verdauungsvermögen der Tiere beider Rassen Unterschiede bestehen. Mit den in den Tabellen 4 und 5 dargestellten Ergebnissen wird nachgewiesen, daß, insgesamt gesehen, keine relevanten Differenzen zwischen Galloway und SMR in der Nährstoffverdaulichkeit der Rationen vorhanden sind. Bei nur zwei Rationen (Ration 1, EN 2 und Ration 6) sind die Differenzen, die eine Unterlegenheit der Galloway ausweisen, signifikant. Es handelt sich um die rohfasereichste Ration 6 und die rohfasearme Ration 1 auf dem hohen Ernährungs-

niveau. Die Differenz bei Ration 1 ist zum Teil auf selektive Futteraufnahme der Galloway mit einem Futterrest vom Konzentratanteil der Ration und damit auf eine Veränderung der chemischen Zusammensetzung der aufgenommenen Ration - Erhöhung des Rohfasergehaltes um 1%-Punkt - zurückzuführen. Eine rechnerische Berücksichtigung dieser Veränderung ergibt eine Reduzierung der Differenz in der Verdaulichkeit um 1%-Einheit, z.B. bei der Energie von 3,8 auf 2,8%-Einheiten.

Tabelle 4

Verdaulichkeit der Energie und der Nährstoffe bei Galloway-Jungbullen und Differenzen zwischen Galloway- und Schwarzbunten Milchrind-Jungbullen (Energy and nutrients digestibility in growing Galloway bulls and differences between Galloway and Black-White Dairy Cattle bulls)

Ration	ENS ¹⁾	n	Energie %	Organ. Substanz %	Rohprotein %	Differenzen in %-Einheiten ²⁾		
						Energie	Organ. Substanz	Rohprotein
1	1	8	77,2±1,5	80,8±1,4	57,1±4,3	+0,7	+0,7	+3,2
1	2	8	66,5±2,1	70,3±2,2	44,4±3,5	+3,8*	+3,2*	+2,8*
2	1	7	74,3±1,2	78,3±1,1	54,1±3,6	+0,5	+0,5	-0,4
2	2	8	69,7±2,8	74,1±2,9	50,5±3,2	-0,8	-0,5	-3,4
3	1	4	67,2±0,5	71,3±0,5	64,7±2,0	-0,9	-0,8	-1,7
3	2	4	65,0±0,9	69,2±0,8	60,5±1,0	-1,3	-1,1	-1,6
4	1	3	59,4±1,0	62,9±0,8	48,9±1,5	±0	+0,7	-2,8
4	2	3	58,5±0,5	62,5±0,2	44,6±0,5	-1,1	-1,0	-6,3*
5	1	8	53,4±1,0	57,9±0,9	25,4±3,7	+0,2	+0,6	+4,0
6	1	8	50,9±1,7	54,6±1,8	39,1±4,3	+1,8*	+2,1*	+3,8

1) Ernährungsstufe

2) SMR minus Galloway

* signifikant mit $p < 0,05$

Tabelle 5

Mittelwerte über alle 10 Perioden und mittlere Differenzen in der Verdaulichkeit zwischen Galloway- und Schwarzbunten Milchrind-Jungbullen (Mean values of all the 10 periods and differences of digestibility between Galloway and Black-White Dairy Cattle bulls, means ± SD)

	Galloway	Schwarzbuntes Milchrind	Differenz	Signifikanz
Energie	64,2	64,5	+0,3±1,6	NS
Trockensubstanz	66,4	67,0	+0,6±1,4	NS
Organische Substanz	68,2	68,6	+0,4±1,4	NS
Rohprotein	48,9	48,7	-0,2±3,5	NS
Rohfett	51,6	51,0	-0,6±9,3	NS
Rohzellulose	72,5	73,4	+0,9±2,1	NS
N-freie Extraktstoffe	68,8	69,2	+0,4±0,9	NS
ADF	67,4	68,8	+1,4±2,4	NS
NDF	69,1	70,2	+1,1±1,4	$p < 0,05$

Die ermittelten pansenphysiologischen Kennwerte - in Tabelle 6 sind, wie in Tabelle 5, die Mittelwerte der 10 Vergleiche aufgeführt - lassen erkennen, daß zwischen den beiden Rassen keine relevanten Differenzen vorhanden sind. Aus den Einzelergebnissen, die in der Tabelle nicht aufgeführt sind, ist zusammenfassend abzuleiten, daß beide Rassen bei ansteigendem Rohfasergehalt der Ration mit einem Abfall im Gesamtgehalt an flüchtigen Fettsäuren

ren (FFS) im Pansensaft von im Mittel 95 auf 65 mmol/l, einem Anstieg im pH-Wert von 6,85 auf 7,10 und Azetat-Anteil von 65 auf 77 mol-% reagieren. Die Anteile an Propionat und Butyrat gehen von 20 bzw. 15 mol-% auf 16 bzw. 6 mol-% zurück. Der NH_3 -Gehalt des Pansensaftes stieg erwartungsgemäß mit dem Rohproteingehalt der Ration.

Tabelle 6

Mittelwerte über alle 10 Perioden und Differenzen der pansenphysiologischen Kennwerte sowie mittlere Verweilzeit des Futters im Verdauungstrakt (Mean values of all the 10 periods and differences of ruminal physiological parameters as well as passage rate of the feed in the gastrointestinal tract)

Parameter	Galloway	Schwarzbuntes Milchrind	Differenz	Signifikanz
pH	6,80	6,90	+0,10 ± 0,07	NS
Flüchtige Fettsäuren, mmol/l	79,7	79,1	-0,6 ± 2,7	NS
NH_3 , mmol/l	6,4	6,5	+0,1 ± 1,3	NS
Essigsäure, mol-%	71,0	70,4	-0,6 ± 1,3	NS
Propionsäure, mol-%	18,0	19,1	+1,1 ± 1,7	NS
Buttersäure, mol-%	11,0	10,5	-0,5 ± 0,9	NS
Mittlere Verweilzeit des Futters, h	27,7	28,7	+1,0 ± 1,6	NS

Die mittleren Verweilzeiten des Futters im gesamten Verdauungstrakt liegen in der Tendenz bei den SMR höher. In 3 Vergleichen ist die Differenz signifikant (in 2 Fällen höhere Werte bei den SMR und in einem Fall höherer Wert bei den Galloway). Das Pansenvolumen war bei den SMR-Tieren mit 43 gegenüber 35 l/100 kg LG bei den Galloway signifikant größer (Tab. 7).

Tabelle 7

Innere Organe relativ zum Schlachtgewicht von Galloway- und Schwarzbunten-Milchrind-Jungbullen sowie Pansenvolumen (Internal organs in relation to slaughter weight of Galloway and Black-White Dairy Cattle bulls as well as volumen of rumen)

	Galloway n=8	Schwarzbuntes Milchrind n=8	Differenz	Signifikanz
Blut, %	3,3	3,2	-0,1	NS
Leber, %	1,0	1,1	+0,1	NS
Niere links, %	0,1	0,1	0	
Lunge, %	1,1	1,5	+0,4	p < 0,05
Herz, %	0,5	0,5	0	
Pansen, leer, %	2,1	2,1	0	
Blättermagen, leer, %	1,1	1,4	+0,3	p < 0,05
Labmagen, leer, %	0,5	0,5	0	
Dickdarm, leer, %	0,8	0,8	0	
Dünndarm, leer, %	1,0	1,1	+0,1	NS
Pansenvolumen, l/100 kg LG	35	43	+8	p < 0,05

In der Methanproduktion (in den Tabellen nicht aufgeführt) wurden in den 10 Meßperioden zwischen den beiden Rassen keine gerichteten Unterschiede gemessen. Im Mittel beträgt die Differenz +0,05 ± 0,58 Methanenergie in % der Bruttoenergie.

In der Umsetzbarkeit der Energie (in den Tabellen nicht aufgeführt) entsprechen die gerin-

gen, nicht relevanten Differenzen in den 10 Meßperioden in der Größenordnung und Richtung denen der Verdaulichkeit der Energie (Tab. 5). Der Mittelwert der Differenzen beträgt $+0,3 \pm 1,6$ umsetzbare Energie in % der Bruttoenergie.

Im Erhaltungsbedarf unterscheiden sich die Galloway- und SMR-Jungbullen wesentlich. Für die SMR-Bullen ergibt sich aus den Meßperioden auf dem Ernährungsniveau von etwa 1x Erhaltung und Korrektur der umsetzbaren Energie (ME) auf einen Energieansatz von ± 0 ein Erhaltungsbedarf von 443 ± 81 kJ ME/kg LG^{0,75}·d. Mittels einfacher linearer Regressionsanalyse leitet sich ein Wert von 439 ± 64 kJ ME/kg LG^{0,75}·d ab. Für die Galloway sind die entsprechenden Werte 358 ± 83 bzw. 356 ± 65 kJ ME/kg LG^{0,75}·d. Das entspricht einer Differenz zwischen den beiden Rassen von 19%. Die für die SMR ermittelten Werte sind in guter Übereinstimmung mit unseren früheren Ergebnissen, die wir an Schwarzbunten Rindern erhalten haben (Ochsen: 452, SCHIEMANN u.a. (1971); Kühe: 454, HOFFMANN u.a. (1974); weibl. Jungrinder: 455, HOFFMANN u.a. (1988); Jungbullen: 490-418, HOFFMANN u.a. (1981), 467, HOFFMANN und JENTSCH (1994)), alle Angaben in kJ ME/kg LG^{0,75}·d.

Die mittels Regressionsanalyse abgeleitete mittlere partielle Verwertung der umsetzbaren Energie für den Ansatz beträgt $51,2 \pm 5,5\%$ für SMR und $47,7 \pm 5,4\%$ für Galloway. Die Differenz zwischen beiden Rassen ist nicht signifikant. Wird absolut gleiche Verwertung unterstellt, reduziert sich die Differenz im Erhaltungsbedarf von 19 auf etwa 15%.

In der Abbildung 1 ist die mittlere Wärmeproduktion der beiden Rassen bei 18, 12 und 6°C Umgebungstemperatur (relativ) graphisch dargestellt.

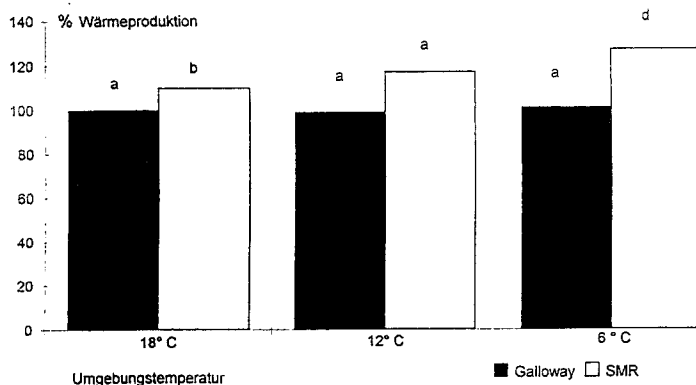


Abb. 1: Wärmeproduktion von Galloway- und Schwarzbunten Milchrind (SMR) - Jungbullen, relativ, Galloway bei 18°C=100 (Heat production of Galloway and Black-White Dairy Cattle (BWDC) Bulls, relatively, Galloway at 18°C=100)

Bei 18°C ist die um 10% höhere Wärmeproduktion der SMR-Bullen zu erkennen. Dieser Abbildung ist weiterhin zu entnehmen, daß bei einer Umgebungstemperatur von 12°C die Wärmeproduktion der Galloway gegenüber 18°C unverändert bleibt, während sie bei den SMR um 7% ansteigt. Ein weiteres Absenken der Temperatur auf 6°C wird von den Galloway wiederum durch nicht veränderte Wärmeproduktion beantwortet, während die Wär-

meproduktion der SMR um weitere 10% ansteigt. Bei 6°C besteht zwischen Galloway und SMR ein signifikanter Unterschied in der Wärmeproduktion von 26%. Der bei 18°C gemessene Unterschied in der Wärmeproduktion ist durch einen höheren Erhaltungsbedarf der SMR-Bullen bzw. durch höhere motorische Aktivität dieser Rasse bedingt. Bei 18°C haben in einer Periode die SMR-Bullen 49% der Zeit gestanden, die Galloway dagegen nur 24% (Abb. 2). Bei 6°C standen die Jungbullen beider Rassen längere Zeit als bei 18°C.

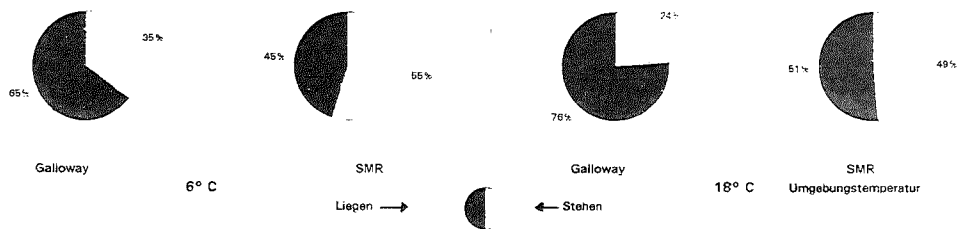


Abb. 2: Stehen und Liegen der Galloway- und Schwarzbunten Milchrind-(SMR) Bullen bei 18°C und 6°C (Standing and lying of Galloway and Black-White Dairy Cattle (BDWC) bulls at 18°C and 6°C)

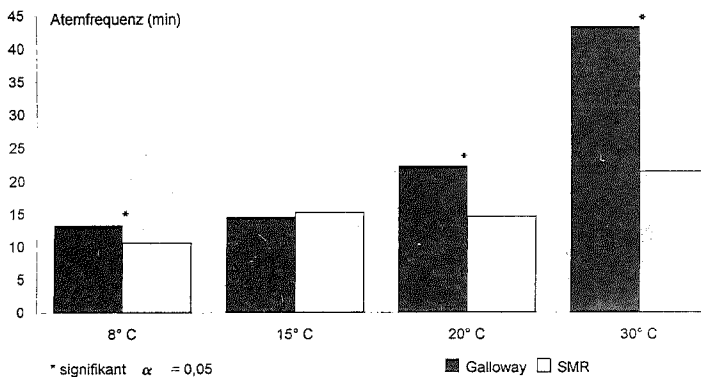


Abb. 3: Atemfrequenz (min⁻¹) der Galloway und Schwarzbunten Milchrind (SMR)-Bullen bei unterschiedlicher Umgebungstemperatur (Frequency of breathing of Galloway and Black-White Dairy Cattle (BWDC) at different environmental temperatures)

Beobachtungen zur Atemfrequenz haben ergeben, daß bei den Galloway bei 6 und 12°C nur geringfügig höhere Werte vorliegen, während bei höheren Temperaturen die Werte bei beiden Rassen anstiegen; bei den Galloway jedoch setzte der Anstieg früher ein und war stärker ausgeprägt als bei den SMR (Abb. 3).

Die morphologischen Untersuchungen sollten zur Quantifizierung der Größe der inneren Organe, besonders des Verdauungstraktes der beiden Rassen beitragen. Die nach der Schlachtung der Tiere ermittelten Organgewichte in Relation zum Schlachtgewicht (Tab. 7) zeigen nur bei Lunge und Blättermagen signifikante Unterschiede. Auch beim Pansenvolumen sind die Unterschiede signifikant. Die etwas höhere Atemfrequenz der Galloway kann mit der kleineren Lunge im Zusammenhang stehen. Auf Grund der Adaptation der Galloway im Vergleich zu den SMR an voluminöseres Futter mit niedrigerer Energiekonzentration wäre ein größerer Verdauungstrakt bei den Galloway zu erwarten. Denkbar ist aber auch, daß die Züchtung der SMR auf hohe Milchleistung, in Folge mit einem größeren Fasungsvermögen der Vormägen zur Bewältigung des Stoffumsatzes und einer höheren Futteraufnahme Kapazität, gekoppelt ist. Das größere Pansenvolumen der SMR, im Vergleich zu den Galloway, wurde bei gleicher Fütterung (Quantität und Qualität) der beiden Rassen gemessen.

Haut und Haare als äußere Körperschale und damit Grenz- und Kontaktfläche zur Umwelt haben eine große Bedeutung für die Wärmeregulation. Um dieser in Verbindung mit den Äußerungen zur Wärmeproduktion nachzugehen, wurden morphologische Merkmale von Haut und Haaren erfaßt (Tab. 8).

Tabelle 8

Morphometrische Merkmale von Haut und Haaren sowie Durchmesser der subcutanen Fettzellen bei Galloway und Schwarzbuntem Milchrind (Morphometrical characteristics of skin and hairs as well as the diameter of subcutaneous fat cells of Galloway and Black-White Dairy Cattle)

	Galloway n=8	Schwarzbuntes Milchrind n=8	Differenz	Signifikanz
Dicke der Haut, mm	7,01 ± 0,85	6,09 ± 0,60	-0,92	p < 0,05
Durchmesser der Haare, µm	40,58 ± 3,40	39,57 ± 3,75	-1,01	NS
Länge der Haare, cm	5,36 ± 1,75	1,69 ± 0,37	-3,67	p < 0,05
Haardichte, Anzahl/cm ²	1448 ± 563	1773 ± 281	+325	NS
Fellgewicht, kg	29,63 ± 2,66	25,66 ± 1,33	-3,97	p < 0,05
Durchmesser der subcutanen Fettzellen, µm				
400. Lebenstag	48,8 ± 7,8	66,5 ± 8,6	+17,7	p < 0,05
600. Lebenstag	61,7 ± 9,8	60,5 ± 9,7	-1,2	NS

Die Galloway haben ein signifikant größeres Fellgewicht, längeres Haar und dickere Haut. Zur Haarlänge ist zu bemerken, daß 5,4 cm langes Haar nicht für Galloway in Freilandhaltung zutreffend ist. Unter diesen Bedingungen wurden Haarlängen an gleicher Körperstelle von über 10 cm gemessen. Die Unterschiede im Haardurchmesser und in der Haardichte sind nicht signifikant.

Die gefundenen morphologischen Unterschiede im Aufbau der Körperschale sind offensichtlich mit verantwortlich für die deutlichen Differenzen zwischen Galloway und SMR hinsichtlich der Reaktion in der Wärmeproduktion bei absinkenden Umgebungstemperaturen. Auch die dickere subcutane Fettschicht sowie die Zunahme des Durchmessers der subcutanen Fettzellen bei den Galloway während des Versuchs vom 400. zum 600. Lebenstag läßt auf eine Erhöhung der isolierenden Wirkung schließen (Tab. 8).

Die Vergrößerung des Durchmessers der subcutanen Fettzellen bei den Galloway-Jungbul-

len steht mit den Ergebnissen der Gesamtstoffwechsellmessungen, die einen höheren Fettenergieansatz der Galloway ausweisen, in Übereinstimmung.

Tabelle 9

Körperzusammensetzung restriktiv gefütterter Jungbullen in % zum Leerkörper-Warmgewicht (Body composition of growing bulls fed restrictively, expressed relatively to empty body weight, means \pm SD)

	Galloway	Schwarzbuntes Milchrind	Differenz	Signifikanz
Trockensubstanz, %	29,91 \pm 1,09	29,14 \pm 1,49	-0,77	NS
Protein, %	17,66 \pm 0,66	17,42 \pm 0,54	-0,24	NS
Fett, %	8,90 \pm 1,29	7,91 \pm 1,53	-0,99	NS
Asche, %	3,38 \pm 0,26	3,80 \pm 0,56	+0,42	p < 0,05

Tabelle 10

Chemische Zusammensetzung von ausgewählten Muskeln und der Keule (Chemical composition of selected muscles and the round of beef)

	Galloway	Schwarzbuntes Milchrind	Differenz	Signifikanz
<i>M. semitendinosus</i>				
intram. Fett, %	0,82 \pm 0,09	0,51 \pm 0,09	-0,31	p < 0,05
Protein, %	20,97 \pm 0,18	20,73 \pm 0,18	-0,24	NS
<i>M. longissimus</i>				
intram. Fett, %	1,10 \pm 0,14	0,69 \pm 0,14	-0,41	NS
Protein, %	22,04 \pm 0,35	21,40 \pm 0,35	-0,64	NS
Keule				
Fett, %	6,94 \pm 0,51	4,94 \pm 0,51	-2,00	p < 0,05
Protein, %	20,05 \pm 0,32	20,60 \pm 0,32	+0,55	NS
Cholesterol, mg/100 g	58,73 \pm 2,41	49,50 \pm 2,41	-9,23	p < 0,05
<i>M. longissimus</i>				

Der höhere Fettansatz der Galloway-Tiere (Tab. 9) spiegelt sich auch im signifikant höheren Rohfettgehalt des *Musculus semitendinosus* und der Keule im Vergleich zu den SMR-Tieren wider (Tab. 10). Entsprechend ist der Cholesterolgehalt des *Musculus longissimus dorsi* der Galloway höher. Der gemessene Gehalt stimmt mit Literaturdaten überein (BOHAC und RHEE, 1988). Zwischen dem Cholesterolgehalt und dem Rohfettgehalt im *M. longissimus* wurden Korrelationen von $r=0,62$ (Galloway) und $r=-0,05$ (SMR) berechnet. Beide Korrelationen sind nicht signifikant von Null verschieden. Die Punktschätzung für die Rasse Galloway deutet aber auf einen Zusammenhang zwischen beiden Merkmalen hin. Da das untersuchte Tiermaterial noch zu gering ist, ist dieser Zusammenhang nur als Hinweis zu betrachten. AL-AHMAD (1991) berichtete über eine Beziehung von $r=0,87$ zwischen Fett- und Cholesterolgehalt im Schweinefleisch, während der Autor im Rindfleisch wesentlich lockere Zusammenhänge beobachtete.

In dem durchgeführten Versuch wurde mit den gewählten Versuchsvarianten der Ernährung der Tiere mit 6 Rationen ein sehr differentes Verhältnis von Rohfaser zu Stärke plus lösli-

chen Kohlenhydraten eingestellt. Damit wird ein Beitrag zur Minderung des Mangels an systematischen Untersuchungen zum vorliegenden Thema geleistet, auf den jüngst von KAISER und WENIGER (1993) nach umfassender Literaturlauswertung hingewiesen wurde. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, daß bei den stark leistungsdifferenzierten und langfristig unterschiedlich adaptierten Rassen Galloway und SMR in der scheinbaren Verdaulichkeit der Rohnährstoffe der Rationen - als Bilanz des gesamten Verdauungstraktes gemessen - in den geprüften pansenphysiologischen Parametern, in der Passagerate des Futters durch den Verdauungstrakt und im Energieumsatz bis hin zur umsetzbaren Energie keine relevanten Unterschiede bestehen.

Wesentliche Unterschiede wurden in den intermediären Energieumsetzungen festgestellt. Es zeigte sich, daß die beiden Rassen in den thermoregulatorischen Reaktionen Unterschiede aufweisen. Als mögliche Ursachen wurden die Körperhülle der Tiere, die Körperzusammensetzung und das Verhalten diskutiert.

Die im Rahmen dieses Versuches erhaltenen Ergebnisse, die die endogenen Regulationsmechanismen mit stärkerer Zielrichtung auf endokrine und immunologische Regulationsvorgänge bei adaptiven Vorgängen nach Ernährungs- und Temperaturwechsel betreffen, werden von LÖHRKE u.a. (1994) diskutiert.

Zusammenfassung

In vergleichenden Untersuchungen an Galloway- und Schwarzbunten Milchrind (SMR)-Jungbullen wurden bei Verfütterung sehr extrem zusammengesetzter Rationen (18-50% Rohfaser) keine signifikanten Unterschiede in der Pansenfermentation, Verdauung und im Energieumsatz bis hin zur umsetzbaren Energie festgestellt. Der Energieerhaltungsbedarf lag - bei gleicher Verwertung der umsetzbaren Energie für Ansatz - bei den Galloway 15% niedriger als bei den SMR. Die Wärmeproduktion (WP) der SMR war bei 18°C Umgebungstemperatur 10% höher. Ein Absenken der Temperatur auf 12 und 6°C führte bei Galloway zu keiner Veränderung der WP, während sich die WP der SMR um 7% (12°C) und um weitere 10% (6°C) erhöhte. Die Galloway hatten längere Liegezeiten als die SMR. Haarlänge, Hautdicke, Fellgewicht und Durchmesser der Fettzellen waren zwischen beiden Rassen signifikant verschieden.

Schlüsselwörter: Jungbulle, Galloway, Pansenfermentation, Verdauung, Energieumsatz, Energieerhaltungsbedarf, Wärmeproduktion, Verhalten, Morphologie

Summary

Title of the paper: Studies on nutrients metabolism, heat production, behaviour and morphology of growing bulls of the breeds Galloway and Black-White Dairy Cattle.

Studies on growing bulls of the breeds Galloway and Black-White Dairy Cattle (BWDC) fed with rations of high variation in the composition (18-50% crude fibre) resulted in no significant differences of rumen fermentation, digestion and energy metabolism, up to metabolizable energy between the two breeds. The efficiency of energy utilization for energy deposition was similar but energy maintenance requirement of the Galloway was 15% lower than that of BWDC. Heat production (HP) of the BWDC was 10% higher at

18°C environmental temperature. Lowering of temperature to 12 and 6°C had no change of HP in Galloway but in BWDC HP increased by 7% and further by 10% respectively. Galloway spent longer time lying than BWDC. Length of the hairs, thickness and weight of the skin and the diameter of fatty cells were significantly different between the two breeds.

Keywords: Growing bull, Galloway, rumen fermentation, digestion, energy metabolism, energy maintenance requirement, heat production, behaviour, morphology

Literatur

- AL-AHMAD, H.:
Entwicklung einer Methode zur Bestimmung von Cholesterol und dessen Ester im tierischen Gewebe. Diss., Hamburg, 1991
- BLAXTER, K. L.; GRAHAM, N. MCC.; WAINMAN, F. W.:
Some observations on the digestibility of food by sheep, and on related problems. Br. J. Nutr. Cambridge **10** (1956), 69-91
- BRANDT, M.; ALLAM, S. M.:
Analytik von TiO₂ im Darminhalt und Kot nach Kjeldahlaufschluß. Arch. Anim. Nutr., Berlin **37** (1987), 453-454
- BOHAC, C. E.; RHEE, K. S.:
Influence of animal diet and muscle location on cholesterol content of beef and pork muscle. Meat Sci. **23** (1988), 71-88
- FRANZ, H.:
Ethologische Parameter zur Beurteilung der Tiergerechtigkeit von Haltungssystemen. 10. Leipziger Tierzuchtsymposium - Genetische Grundlagen und ihre Umsetzung in der Tierzucht - Leipzig, 10. und 11. Dezember 1992, Vortrag 30
- HOFFMANN, L.; JENTSCH, W.:
Einfluß der Umsetzbarkeit der Energie (q) auf den Energieerhaltungsbedarf und die Verwertung der umsetzbaren Energie für Ansatz bei Wiederkäuern. 2. Mitt.: Energieerhaltungsbedarf und Energieverwertung. Arch. Anim. Nutr. (1994) im Druck
- HOFFMANN, L.; SCHIEMANN, R.; JENTSCH, W.:
Zum Energiebedarf wachsender Bullen. Arch. Anim. Nutr., Berlin **31** (1981), 481-496
- HOFFMANN, L.; SCHIEMANN, R.; JENTSCH, W.:
Untersuchungen zum Energiebedarf weiblicher Jungrinder. 4. Mitt.: Energiebedarf. Arch. Anim. Nutr., Berlin **38** (1988), 299-315
- HOFFMANN, L.; SCHIEMANN, R.; JENTSCH, W.; HENSELER, G.:
Verwertung der Futtermenge für die Milchproduktion. 10. Mitt.: Energienormen für Milchkühe. Arch. Anim. Nutr., Berlin **24** (1974), 245-261
- JENTSCH, W.; WITTENBURG, H.:
Zur Methodik der Entnahme und Analytik des Pansensaftes von Rind und Schaf. Arch. Anim. Nutr., Berlin **19** (1969), 249-258
- KAISER, D.; WENIGER, J. H.:
In vivo und in vitro Untersuchungen zur Nährstoffverdaulichkeit und Wärmeproduktion beim Wiederkäuer unter Wärmebelastung und bei unterschiedlichem Nährstoffangebot. 1. Mitt.: In vivo Untersuchungen - Problemstellung, Versuchsanstellung, Futter- und Energieaufnahme. Arch. Tierz., Dummerstorf **36** (1993) 6, 607-619
- LÖHRKE, B.; JENTSCH, W.; DERNO, M.; MATTHES, H.-D.:
Angeborene Besonderheiten beim Rind in der Antwort von Komponenten der unspezifischen Immunität und des Endokrinums auf Hypothalamusfaktoren sowie Einflüsse von Ernährungsänderungen auf unspezifische humorale Immunkomponenten. Arch. Tierz., Dummerstorf (1994) im Druck
- ORTIGUES, I.; PETIT, M.; AGABRIEL, J.; VERMOREL, M.:
Maintenance Requirements in Metabolizable Energy of Adult, Nonpregnant, Nonlactating Charolais Cows. J. Anim. Sci., Albany, N. Y. **71** (1993), 1947-1956

- SCHIAMANN, R.; NEHRING, K.; HOFFMANN, L.; JENTSCH, W., CHUDY, A.:
Energetische Futterbewertung und Energienormen. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin,
1971, 344 Seiten
- VOIGT, J.; STEGER, H.:
Zur quantitativen Bestimmung von Ammoniak, Harnstoff und Ketokörpern in biologischem Material
mit Hilfe eines modifizierten Mikrodifusionsgefäßes. Arch. Anim. Nutr., Berlin 17 (1967), 289-293
- WEGNER, J.; SCHÖBERLEIN, L.:
Auswirkung der Muskel-Schußbiopsie beim Kalb. Mh. Vet.-Med., Jena 41 (1986), 590-592

Eingegangen: 19.11.1993

Anschrift der Verfasser

Dr. habil. WERNER JENTSCH, Dr. habil. HEIDE-DÖRTE MATTHES,
Dr. MICHAEL DERNO, Dr. JOCHEN WEGNER, Dr. habil. JÜRGEN VOIGT,
Dr. habil. BERTHOLD LÖHRKE, Dr. KARIN NÜRNBERG,
Dr. habil. MANFRED BEYER
Forschungsinstitut für die Biologie landwirtschaftlicher Nutztiere Dummerstorf
Wilhelm-Stahl-Allee 2
D-18196 Dummerstorf