

Der Einfluss der Energiekonzentration von Futterrationen in der Jungviehaufzucht auf physiologische Kennwerte und Milchleistung: Eine Zwillingsstudie

U. MÜLLER¹, AMEL MLAOUHI¹, A. R. SHARIFI², R. STAUFENBIEL³, L. HASSELMANN¹,
R. TRIPMACHER¹, GUDRUN A. BROCKMANN¹

Herrn Prof. Dr. Seeland zum 65. Geburtstag gewidmet

1 Einleitung

In einer Reihe von Untersuchungen wurde nachgewiesen, dass die Lebenserwartung vieler Vertebraten und Invertebraten durch eine langfristige Reduzierung der Futteraufnahme erheblich verlängert werden kann (COMFORT, 1960; WEINDRUCH und WALFORD, 1982; JOHNSON et al., 2006). Die biologischen Hintergründe dieser Beziehungen zwischen Nahrungs(energie)aufnahme und Alterung sind noch nicht geklärt und die Effekte einer restriktiven Ernährung auf die Lebenserwartung unterscheiden sich zwischen den Spezies deutlich (PHELAN und ROSE, 2005). Einige Befunde weisen aber darauf hin, dass durch freie Radikale verursachte DNA- und Membranschäden hierbei eine wesentliche Rolle spielen können (CHUNG et al., 1992; PHELAN und ROSE, 2005). Darüber hinaus scheint auch das Hormon Insulin, dessen Konzentration in Abhängigkeit von der Energieaufnahme variiert, an der Variabilität der Lebenserwartung beteiligt zu sein (MONNIER und CERAMI, 1981; KEMNITZ et al., 1994; FACCHINI et al., 2000). Angesichts der weitgehend speziesunabhängigen Bedeutung des Hormons für die Speicherung von überschüssiger Energie in den Fettdepots, den Proteinanabolismus und die Blutzuckersenkung (FISCHER, 1994) hat die Variabilität des Insulinspiegels weitreichende Konsequenzen für den gesamten Stoffwechsel und damit für Tiergesundheit und Leistung.

Aus ökonomischen Gründen werden Rinder, die für die Milchproduktion vorgesehen sind, zumeist mit energetisch hoch konzentrierten Futterrationen versorgt. Im Vergleich zu moderaten Fütterungssystemen lässt dies erwarten, dass es auch hier zu Veränderungen von Stoffwechselabläufen kommt, die sich später in der Laktation auswirken können. Eine intensive Analyse und hohe Informationssicherheit vorausgesetzt, können spezifische am Jungtier erfasste physiologische Biomarker ergänzende Informationen zur Leistungsbereitschaft und gesundheitlichen Stabilität während der Laktation liefern.

Ziel des vorliegenden Beitrages ist es daher, zu analysieren, inwieweit sich energetisch unterschiedlich konzentrierte Futterrationen von Aufzuchtrindern auf die Ausprägung bestimmter Biomarker und Körpermerkmale auswirken und inwieweit diese die spätere Milchleistung beeinflussen können.

1 Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Nutztierwissenschaften, FG Züchtungsbiologie und molekulare Genetik, Invalidenstr. 42, 10115 Berlin. E-mail: uwe.mueller.1@rz.hu-berlin.de

2 Universität Göttingen, Institut für Tierzucht und Haustiergenetik, Albrecht-Thaer-Weg 3, 37075 Göttingen

3 Freie Universität Berlin, Klinik für Klauentiere, Königsweg 65, 14163 Berlin

2 Material und Methoden

2.1 Tiermaterial

Die Versuchsherde umfasste 15 eineiige weibliche Zwillingspaare der Rasse Holstein Friesian. Davon wurden sieben Paare biotechnisch erzeugt (Embryonensexing, -splitting und -transfer). Acht weitere Paare entstammten natürlichen Zwillingsgeburten und wurden nach Prüfung ihrer genetischen Identität zugekauft. Die Tiere jedes Paares wurden nach der Geburt voneinander getrennt und ab einem Alter von drei Monaten durchgängig mit einer energetisch hoch (H) oder moderat (M) konzentrierten Ration ernährt. Die Besamung erfolgte in beiden Gruppen ab einem Gewicht von 400 kg. Das mittlere Erstkalbealter (EKA) betrug in der H-Gruppe $25,6 \pm 1,1$ und in der M-Gruppe $28,6 \pm 1,9$ Monate. Von den insgesamt 15 Zwillingspaaren schlossen 11 ihre erste Laktation mit mindestens 305 Laktationstagen ab.

2.2 Fütterung

Die Futterrationen waren so zusammengesetzt, dass die Tiere, über den gesamten Versuchszeitraum betrachtet, tägliche Zunahmen von etwa 600 g in der M- und 850 g in der H-Gruppe erreichen konnten. Die Kalkulation der Futteraufnahme erfolgte auf der Grundlage von DLG-Richtwerten (DEUTSCHE LANDWIRTSCHAFTSGESELLSCHAFT, 1997). Die Fütterungsgrundlage bildete in der H-Gruppe eine ad libitum verabreichte Ration, welche durchgängig aus Maissilage und Heu bestand. Diese wurde altersabhängig durch Mineralstoffe und Kraftfutter ergänzt. In der M-Gruppe wurden durchgängig Grassilage (+ max. 10% Maissilage), Heu und Stroh zur beliebigen Aufnahme bereitgestellt. Hier wurde Kraftfutter nur in geringen Mengen bis zum neunten Monat eingesetzt, während Mineralstoffmischungen ständig supplementiert wurden. Beide Gruppen standen von Frühjahr bis Herbst auf Auslaufflächen ohne Bewuchs. Die Kennzahlen aus der Nährstoffanalyse enthält Tab. 1.

Nach dem Kalben wurden die Probanden beider Gruppen der Produktionsherde zugeführt und mit einer einheitlichen Mischration (Mais- und Grassilage, Heu, Kraftfutter, Supplemente) gefüttert. Der Nährstoffgehalt wurde durch Veränderungen im Anteil energiereicher Futtermittel dem Laktationsstadium angepasst (Tab. 2).

2.3 Merkmalserhebungen

Die Körpermerkmale Gewicht und Rückenfettdicke (RFD) wurden innerhalb des Auswertungszeitraumes ab der 12. Lebenswoche je Tier 12-mal in Abständen von acht Wochen erfasst. Zugekaufte Tiere absolvierten vor der ersten Merkmalserhebung eine 14-

Tab. 1. Mittlerer Nährstoffgehalt der Rationen nach Altersabschnitten (insgesamt 124 Proben)
Mean nutrient content of the diets fed during the different age brackets (altogether 124 samples)

Alter (d)	ME (MJ/kg TS)		nXP (g/kg TS)		XF (g/kg TS)	
	H	M	H	M	H	M
91-180	11.5	10.6	141	136	129	163
181-270	11.0	9.6	144	157	203	303
271-360	10.9	9.7	151	158	208	293
361-450	10.9	9.9	154	151	209	274
451-540	11.1	9.7	153	149	198	262
541-660	11.1	9,8	156	146	195	258

ME = umsetzbare Energie, nXP = nutzbares Rohprotein, XF = Rohfaser, TS = Trockensubstanz

Tab. 2. Mittlerer Nährstoffgehalt der Rationen in der Laktation (insgesamt 90 Proben)
Mean nutrient content of the diets fed during the lactation (altogether 90 samples)

Laktationsstadium	NEL (MJ/kgTS)		nXP (g/kgTS)		XF (g/kg TS)	
	H	M	H	M	H	M
Woche 6 bis Tag 11 a.p.	6.77	6.04	158	154	190	243
Tag 10 bis Tag 1 a.p.		6.59		152		196
Monat 1 bis Monat 4 p.p.		7.25		156		191
Monat 5 p.p. bis Monat 10 p.p.		7.00		150		191

ME = umsetzbare Energie, nXP = nutzbares Rohprotein, XF = Rohfaser, TS = Trockensubstanz

tägige Eingewöhnungsphase. Milchleistungsdaten wurden monatlich durch den LKV Berlin-Brandenburg erhoben.

Neben dem Hormon Insulin wurden die Enzyme Aspartat-Aminotransferase (ASAT) und Glutamat-Dehydrogenase (GLDH) im Blutserum erfasst. Die aufgeführten Biomarker wurden, wie die Körpermerkmale, ebenfalls in Abständen von acht Wochen erhoben. Die Bestimmung der Insulinkonzentration (INSU) erfolgte im Blutserum mit Hilfe eines ELISA-Kits (DRG, Bovine Insulin ELISA EIA-2340), die Serumaktivitäten der Enzyme ASAT und GLDH wurden im veterinärmedizinischen Labor der Freien Universität Berlin mit Hilfe optimierter Standardmethoden an einem Hitachi 704 Automatic Analyser ermittelt.

2.4 Statistische Auswertungen

Die Auswertung des Datenmaterials erfolgte mit dem Programmpaket SAS 9.2 (SAS®, 2003). Für Varianzanalysen wurde die Prozedur PROC MIXED angewandt, wobei nicht normalverteilte Daten vorher durch Logarithmierung (ASAT, GLDH) bzw. Wurzeltransformation (Insulin, RFD) in eine annähernde Normalverteilung überführt wurden. Da von allen Tieren mehrere Messwerte in die Auswertungen eingingen, wurde mit dem Statement REPEATED gearbeitet. Die Auswahl des Modells mit der besten Kovarianz-Matrix-Struktur erfolgte auf der Basis des Akaike Informationskriteriums (LITTELL et al., 1998). LS-Mittelwerte wurden mittels des PDIF Statements auf signifikante Differenzen geprüft. Für die Analyse der Rationseffekte auf Biomarker und Körpermerkmale während der Aufzucht (Modell 1) wurden die Daten von 15 Zwillingspaaren in sechs Altersabschnitten genutzt. Darüber hinaus erfolgten Analysen mit Zwillingspaaren, die nach besonders hohen (HL) oder niedrigen (NL) Erstlaktationsleistungen (Milch-kg, 305 Laktationstage) ausgesucht wurden (Modell 2). Beiden Leistungsgruppen gehörten jeweils vier Paare an, die um mindestens eine halbe Standardabweichung vom Mittelwert der gesamten Stichprobe abwichen. Bei der Analyse mit Leistungsgruppen wurden die jeweiligen Merkmalswerte in drei Altersabschnitten zusammengefasst. Die Reduzierung der Anzahl an Altersabschnitten von sechs auf drei erhöhte die Informationssicherheit für den altersabhängigen Vergleich. Für die Bewertung des Rationseffektes auf die Jahresmilchleistung wurden gepaarte T-Tests durchgeführt, da jedes Tier nur eine Leistung aufwies und außer der Fütterungsgruppe kein weiterer signifikanter Einflussfaktor zu berücksichtigen war.

Für die Auswertungen des Rationseffektes während der Aufzucht auf Körpermerkmale und Biomarker wurde folgendes Modell unterstellt:

$$Y_{ijk} = \mu + R_i + A_j + RA_{ij} + e_{ijk} \text{ (Modell 1)}$$

Hier variieren die Beobachtungswerte (Y_{ijk}) um eine Modellkonstante (μ) und werden von den fixen Effekten der Futtermitteln während der Aufzucht (R_i mit $i=1-2$), des Altersabschnittes (A_j mit $j=1-6$) und der Interaktion zwischen Rations- und Alters-

effekt (RA_{ij}) beeinflusst. Das Symbol e_{ijk} steht für den zufälligen Restfehler des Modells.

Für die Auswertung des Effektes der Leistungsgruppe auf Körpermerkmale und Biomarker während der Aufzucht wurde folgendes Modell unterstellt.

$$Y_{ijk} = \mu + L_i + A_j + LA_{ij} + e_{ijk} \text{ (Modell 2)}$$

Hierbei steht L_i für den fixen Effekt der Leistungsgruppe und LA_{ij} für die Interaktion zwischen den beiden Leistungsgruppen und den drei Altersabschnitten.

3 Ergebnisse

Die Futterration hatte während der Aufzucht einen signifikanten Einfluss auf die tägliche Zunahme (TGZ), die Rückenfettdicke und den Insulinspiegel (Tab. 3). Die Enzymaktivitäten blieben hingegen von der Fütterung unbeeinflusst. Bis zum 450. Lebenstag war die Differenzierung zwischen den Fütterungsgruppen im Merkmal TGZ höher als in den beiden Folgeabschnitten (Abb. 1a). Die Insulinspiegel unterschieden sich hingegen erst ab dem neunten Lebensmonat (Abb. 1c).

Tab. 3. P-Werte der fixen Effekte
P-values of fixed effects

Merkmal	p-Werte		
	Ration (R)	Altersabschnitt (A)	Interaktion R*A
TGZ	<0,0001	<0,0001	0,0009
RFD	<0,0001	<0,0001	<0,0001
INSU	<0,0001	<0,0001	0,2015
ASAT	0,3661	0,0010	0,0943
GLDH	0,7796	<0,0001	0,1969

Tab. 4. Vergleich der Milchleistung zwischen M- und H-Gruppe
Comparison of the milk yield between M-and H-group

	M	H	p-Wert	Verhältnis H/M (%)
Milch (kg)	9365	8869	0,2476	95
Milchfett (%)	4,03	4,08	0,8321	101
Milcheiweiß(%)	3,16	3,22	0,4327	102

Die Erstlaktationsleistung im Merkmal Milchmenge unterschied sich zwischen den Gruppen um 497 kg Milch zugunsten der moderat gefütterten Tiere, die Differenz ließ sich statistisch jedoch nicht absichern (Tab. 4).

Die Berechnung der Korrelationskoeffizienten zwischen den in der Aufzuchtphase erfassten Merkmalen und der späteren Milchmengenleistung erfolgte, wie in der Varianzanalyse, nach Abschnitten. Auf diese Weise sollten besonders sensible Entwicklungsphasen erkannt werden, die für die Milchleistung von Bedeutung sein könnten. Im Falle der TGZ, des Insulins und der GLDH waren in keinem Abschnitt signifikante Beziehungen nachweisbar, weshalb auf die Darstellung der Korrelationskoeffizienten in Abb. 2 verzichtet wurde. RFD und die ASAT waren mit der Milchmenge signifikant negativ korreliert, wobei hohe RFD-Werte erst nach dem Erreichen des ersten Lebensjahres Hinweise auf eine geringere Milchleistung lieferten. Zwischen ASAT und Milchleistung waren

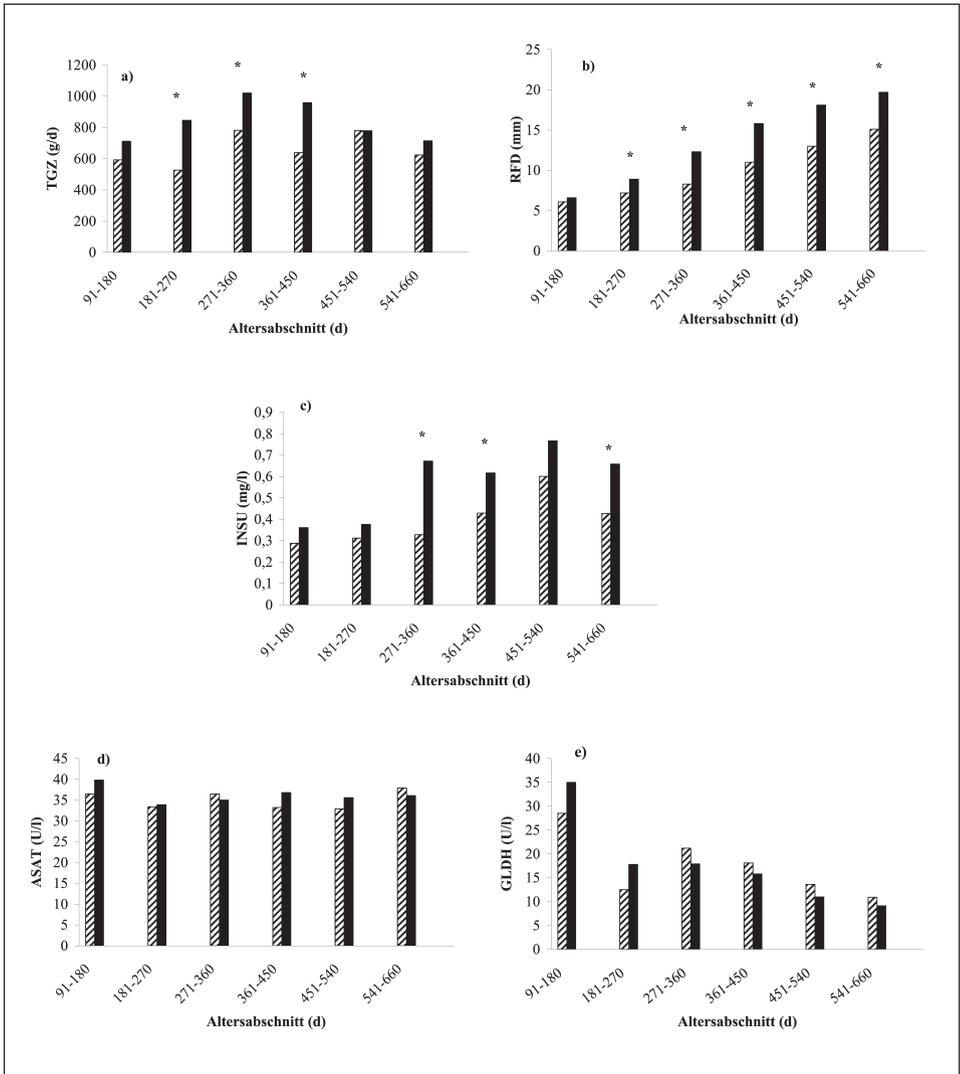


Abb. 1a–e. Entwicklung der Biomarker und Körpermerkmale in der H- (schwarz) und M-Gruppe (schraffiert), *: $p < 0,05$
*Development of biomarkers and body traits in the H- (black) and in the M-group (hatched), *: $p < 0,05$*

bereits nach dem 180. Tag negative Beziehungen festzustellen, die sich gegen Ende der Auswertungsperiode noch verstärkten.

In Tab. 5 sind die Ergebnisse des Vergleichs zwischen den Zwillingspaaren mit der höchsten (HL) und niedrigsten (NL) Milchmengenleistung aufgeführt. Nur für die ASAT wurden in allen drei Abschnitten signifikante Unterschiede festgestellt. Insulin differierte zwischen den Gruppen ab dem 451. Tag.

Die Korrelationen zwischen den Merkmalswerten von zusammengehörigen Zwillingen werden in Tab. 6 aufgeführt. Bei eineiigen Zwillingen sind sie Ausdruck der Ähnlichkeit in dem betreffenden Merkmal, nur ein Teil der Ähnlichkeit ist genetisch bedingt

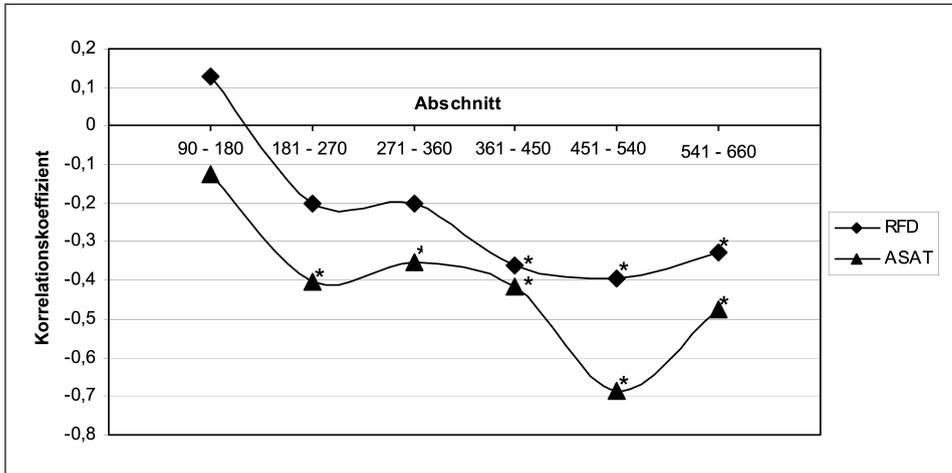


Abb. 2. Entwicklung der Korrelationskoeffizienten zwischen den am Jungtier erfassten Merkmalen RFD und ASAT und der späteren Milchleistung (*: $p < 0,05$)
Trends of the correlation coefficients between rearing period RFD and ASAT and subsequent milk yield (: $p < 0,05$)*

Tab. 5. Vergleich zwischen Zwillingspaaren mit hoher (HL) und niedriger (NL) Milchmengenleistung (Milch-kg)
Comparison between pairs of twins with high (HL) and low (NL) milk yield (kg)

	Abschnitt	HL	NL	p-Wert	Verhältnis HL/ML (%)
Milch (kg)	Laktation (305 d)	10323	7857	0,0005	132
MF %	Laktation (305 d)	3,79	4,39	0,0264	87
ME %	Laktation (305 d)	3,11	3,34	0,0694	93
EKA(d)		813	823	0,8235	99
	Aufzucht (d)				
TGZ (g/d)	91-270	0,733	0,603	0,1150	121
	271-450	0,883	0,829	0,4950	106
	451-660	0,787	0,705	0,2550	112
RFD (mm)	91-270	8,8	8,7	0,9012	101
	271-450	12,3	11,8	0,6905	104
	451-660	14,2	15,4	0,4055	92
INSU ($\mu\text{g/l}$)	91-270	0,374	0,310	0,4064	121
	271-450	0,639	0,480	0,1083	133
	451-660	0,744	0,544	0,0380	137
ASAT (U/l)	91-270	34,2	39,8	0,0095	86
	271-450	32,3	42,2	<0,0001	77
	451-660	32,0	44,1	<0,0001	73
GLDH (U/l)	91-270	21,1	19,9	0,6163	106
	271-450	20,1	19,3	0,8383	104
	451-660	10,9	11,9	0,6242	92

Tab. 6 Zwillings-Korrelationen (r_p)
Twin correlations (r_p)

Merkmal	TGZ	RFD	ASAT	GLDH	INSU
r_p	0,32*	0,89*	0,46*	0,57*	0,32*

*: $p \leq 0,0001$

und davon wiederum nur ein Teil additiv-genetischen Ursprungs (WILLIAMS et al., 2005). Werden verwandte Tiere unter gleichen Umweltbedingungen gehalten, erhöht dies deren Ähnlichkeit und damit auch die Korrelationskoeffizienten. Da die Zwillinge im vorliegenden Versuch verschieden gefüttert wurden, enthalten die Korrelationskoeffizienten mehr Informationen zur Erblichkeit als es unter einheitlichen Aufzuchtbedingungen der Fall gewesen wäre.

4 Diskussion

Mögliche Leistungssteigerungen, die durch kurze Wechsel der Fütterungsintensität zwischen bestimmten Entwicklungsabschnitten während der Aufzucht provoziert werden können, sind aus ökonomischen und arbeitsorganisatorischen Gründen für die landwirtschaftliche Praxis von begrenzter Bedeutung. Auch die Einschränkung der Futteraufnahme zur Erreichung niedriger Wachstumsraten wird unter den Bedingungen einer intensiven Landwirtschaft weniger praktiziert. Viel häufiger erfolgt hier die langfristige Differenzierung des Energiegehaltes von Futterrationen zur Einflussnahme auf Körperkondition und Wachstum. Daher schienen vergleichende Analysen zu den ernährungs- und leistungsphysiologischen Konsequenzen einer durchgängig intensiven vs. moderaten Aufzuchtintensität geeignet zu sein, praktische und wissenschaftliche Aspekte in der Jungviehaufzucht miteinander zu verknüpfen.

Die Futterrationen in der vorliegenden Arbeit wiesen während des gesamten Untersuchungszeitraumes eine stabile Zusammensetzung auf und wichen lediglich im Rohproteinanteil etwas voneinander ab (Tab. 1). Begleitende Untersuchungsgrößen mit Indikatorfunktion für die Eiweißversorgung wie Widerristhöhe (siehe MÜLLER et al. (2005) und Blutharnstoffgehalt (bisher nicht publiziert) belegen, dass diese Unterschiede ohne Bedeutung für den Versuch waren.

Der Einfluss der Ernährungsintensität während der Aufzucht auf die nachfolgende Milchleistung wurde bereits in früheren Arbeiten untersucht. In einigen Untersuchungen zeigte sich, dass eine hohe Ernährungsintensität, die sich in entsprechend hohen täglichen Zunahmen widerspiegelt, die Milchleistung nachteilig beeinflussen kann (HANSSON et al., 1953; FOLDAGER und SEJRSEN, 1983; PERI et al., 1993; ANDRAE und MÜLLER, 1997; VAN AMBURGH et al., 1998; MACDONALD et al., 2005). Diese nachteiligen Effekte waren aber nicht gleichmäßig über die gesamte Aufzuchtperiode verteilt, sondern konzentrierten sich auf einen Abschnitt, in welchem die Tiere zwischen 150 bis 300 kg wogen. In dieser „sensiblen Phase“ (SEJRSEN, 1978) sollen hohe Wachstumsraten die Entwicklung des Milchdrüsenparenchyms beeinträchtigen und zu einer erhöhten Fetteinlagerung ins Eutergewebe führen (SWANSON, 1960; CAPUCO et al., 1995; SILVA et al., 2002). Andere Autoren konnten solche Befunde in eigenen Versuchen jedoch nicht bestätigen (AMIR et al., 1967; LACASSE et al., 1993; MÄNTYSAARI et al., 1999; ABENI et al., 2000; MACDONALD et al., 2005). In Untersuchungen von VAN AMBURGH et al. (1998) und MACDONALD et al. (2005) zeigte sich, dass in Abhängigkeit vom Ernährungsniveau auch Größe und Kalbegewicht variieren und den direkten Einfluss auf die Milchleistung maskieren können. CAPUCO et al. (1995) fanden zwar Differenzen in der Zusammensetzung des Eutergewebes, jedoch keinen Bezug zur Leistung.

Auch in der vorliegenden Arbeit war kein Einfluss der Futterration auf die Milchleistung nachweisbar, wenngleich die Differenz im Merkmal Milchmenge zwischen den Gruppen mit etwa 500kg zugunsten der moderat gefütterten Tiere nicht unbedeutend war (Tab. 6). Möglich, dass unter den Bedingungen der Ad-libitum-Fütterung Unterschiede in der Energiekonzentration durch Unterschiede in der Futteraufnahme teilweise ausgeglichen werden, so dass die Gesamtenergieaufnahme zwischen den Gruppen weniger voneinander abweicht. Biologische Indikatoren der Energiebilanz wie TGZ und RFD lassen aber keinen Zweifel daran, dass bereits die alleinige Differenzierung der Energiekonzentration erhebliche Auswirkungen auf physiologische Parameter zur Folge haben kann (Abb. 1a,b). Wie sich zeigte, war der Einfluss der Ration auf die tägliche Zunahme während des gesamten Versuches hoch signifikant, die Mittelwerte wichen aber zwischen den Abschnitten unterschiedlich stark voneinander ab. Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass die größte Differenzierung zwischen den Gruppen bis zum 450. Lebenstag erfolgte (Abb. 1a). Danach glichen sie sich im Merkmal TGZ, aufgrund des nachlassenden Wachstums in der H- und forcierter Zunahmen in der M-Gruppe, weitgehend an. Wahrscheinlich beruhte dieser Prozess hauptsächlich auf Veränderungen in der Futteraufnahme, da der Energiegehalt in beiden Rationen weitgehend konstant blieb. Dies ist ein Hinweis darauf, dass unterschiedlich gefütterte Zwillinge im Verlaufe ihrer Entwicklung einem genetisch programmierten Adultgewicht entgegenstrebten.

Eine starke fütterungsbedingte Differenzierung, deren Höhepunkt zwischen dem 271. und 360. Tag erreicht wurde, zeigten auch die RFD und der Insulinspiegel (Abb. 1b,c). Während Insulin in der H-Gruppe mit Werten über $0,6 \mu\text{g/l}$ bereits ab dem 270. Tag ein durchgehend hohes Niveau erreichte, stieg es in der M-Gruppe erst im Verlaufe der Entwicklung allmählich an. Hätten rationsbedingte Unterschiede in diesem Merkmal einen Einfluss auf die Milchleistung gehabt, so wäre zu erwarten gewesen, dass diese sich vor allem während der ersten 9–12 Lebensmonate physiologisch manifestieren. Die Korrelationskoeffizienten zwischen den Insulinwerten und der Milchleistung waren aber in keinem Abschnitt signifikant und ließen daher auch keinen direkten Zusammenhang erkennen. Insulin besitzt im Stoffwechsel eine zentrale anabole Bedeutung. (STAUFENBIEL, 1993; FISCHER, 1994). Unter den Bedingungen einer Futterrestriktion sinkt der Insulinspiegel (YAMBAYAMBA et al., 1996). Energetisch hoch konzentrierte Rationen fördern ihn hingegen, was zu einer Akkumulation von Energie in den Fettdepots führt. Nach Angaben von TUCKER (2000) beeinflusst Insulin die Euterentwicklung beim wachsenden Rind kaum. In-vitro-Studien zeigten aber, dass es in den Drüsenepithelzellen die Leptinfreisetzung verstärkt (SMITH und SHEFFIELD, 2002).

Die Korrelationskoeffizienten zwischen der am Jungtier gemessenen RFD und der späteren Milchleistung weisen nach dem Erreichen des ersten Lebensjahres auf einen negativen Zusammenhang hin (Abb. 2). Dies kann damit erklärt werden, dass die größeren Energiereserven in den Fettdepots, die vor allem in der H-Gruppe auftraten, geringere Futteraufnahmen zum Zeitpunkt der Laktation zur Folge hatten (MÜLLER et al., 2005). Die RFD war auch das Merkmal mit der höchsten Korrelation zwischen den Zwillingspartnern (Tab. 6). Der Vergleich zwischen Paaren mit hoher und niedriger Milchleistung erbrachte jedoch keinerlei Hinweise darauf, dass genetisch bedingt hohe Milchleistungen mit hohen oder niedrigen RFD-Werten in Beziehung stehen (Tab. 5).

Beim Rind wirken sich Unterschiede in der Energiekonzentration von Futterrationen über Veränderungen im Verhältnis flüchtiger Fettsäuren im Pansen auf den Leberstoffwechsel aus (AIELLO et al., 1984; MIETTINEN und HUHTANEN, 1996). Wird die Leber stärker belastet, wie es z.B. während der Hochlaktation der Fall ist, treten die in den Hepatozyten lokalisierten Enzyme vermehrt ins Blut über (HOEDEMAKER et al., 2004). In der vorliegenden Arbeit wurden die Serumaktivitäten der Enzyme GLDH und ASAT in die Untersuchungen einbezogen, um deren Beeinflussbarkeit durch die Fütterung auch beim gesunden Rind zu prüfen. Die GLDH gilt als weitgehend leberspezifisch, markan-

te Veränderungen sind aber erst bei erheblichen Belastungen des Leberstoffwechsels nachweisbar. Demgegenüber reagiert die ASAT zwar schneller, erhöhte Serumaktivitäten können aber auch myogenen Ursprungs sein (FÜRL, 2004). Wie aus Abb. 1d,e zu ersehen ist, war für beide Enzyme kein Fütterungseinfluss nachweisbar, weshalb mögliche Beziehungen zur späteren Leistung nicht auf fütterungsbedingte Unterschiede im Leberstoffwechsel zurückgeführt werden können. Die während der Aufzucht erfassten ASAT-Werte korrelierten jedoch eng mit der Milchleistung (Abb. 2). Der Vergleich zwischen Zwillingspaaren mit hoher (HL) und niedriger (NL) Milchleistung (Tab. 5) ergab, dass dieser Zusammenhang genetisch begründet sein könnte. In den drei Untersuchungsabschnitten übertrafen die in der Hochleistungsgruppe ermittelten Werte die der Gruppe mit geringerer Leistung um bis zu 27%. Wie die Korrelationskoeffizienten zwischen den ASAT-Werten der Zwillingspartner vermuten lassen, handelt es sich hierbei um ein Merkmal, welches auch genetisch determiniert ist (Tab. 6). Hohe ASAT-Aktivitäten im Blut können Ausdruck einer erhöhten Membranpermeabilität von Leber- oder Muskelzellen sein (Fürl, 2004). Leberschädigungen sind auf Grund der Daten aus der Tiergesundheitskontrolle und gleich hoher GLDH-Werte zwischen den Gruppen weitgehend auszuschließen. Da keines der Tiere extreme Auslenkungen von ASAT-Werten zeigte, ist eher von diskreten physiologischen Unterschieden auszugehen. Auch im Falle von Insulin sind genetische bedingte Zusammenhänge nicht auszuschließen, da die Zwillingspaare mit einer überdurchschnittlichen Milchleistung (HL) gegenüber der NL-Gruppe nach dem Erreichen des 15. Lebensmonats bis zu 37% höhere Werte aufwiesen (Tab. 5). Demgegenüber waren fütterungsbedingt hohe Insulinspiegel eher nachteilig für die Milchleistung (Tab. 3). SEJRSEN et al. (2000) verwiesen auf ähnliche Zusammenhänge zwischen Wachstum und Milchleistung. Demnach sind genetisch begründete hohe Wachstumsraten vor dem Erreichen des Puerperiums positiv mit der Milchleistung korreliert, während fütterungsbedingt hohe Wachstumsraten in negativer Beziehung zur Milchleistung stehen. Ein solcher Zusammenhang ließ sich am vorliegenden Material nicht uneingeschränkt nachweisen, da die beiden Futterrationsstypen durchgängig eingesetzt wurden.

Zusammenfassung

An 15 genetisch identischen Zwillingspaaren, die energetisch unterschiedlich konzentrierte Futterrationen erhielten, wurden bis zum 660. Lebenstag mehrfach Biomarker im Blut (Insulin, Glutamat-Dehydrogenase, Aspartat-Aminotransferase) und Körpermerkmale (Rückenfettdicke, tägliche Zunahme) erhoben. Fütterungsunterschiede wirkten sich auf die Milchleistung in der ersten Laktation nicht aus. Demgegenüber wurden Rationseffekte für die Merkmale tägliche Zunahme, Rückenfettdicke und Insulin nachgewiesen ($p < 0,0001$). Der Insulinspiegel erreichte unter den Bedingungen einer intensiven Fütterung in einem wesentlich früheren Alter hohe Werte als bei moderater Fütterung. Der Vergleich zwischen Zwillingspaaren mit hoher (10323 kg) und niedriger (7857 kg) Milchleistung ergab, dass die leistungsüberlegenen Paare während ihrer Aufzucht bis zu 37% höhere Insulinwerte und bis zu 27% niedrigere Aktivitäten des Enzyms Aspartat-Aminotransferase aufwiesen. Wahrscheinlich sind genetische Faktoren an der Ausprägung solcher Unterschiede beteiligt.

Schlüsselwörter: Jungrinder, identische Zwillinge, Fütterung, Milchleistung, Körpermerkmale, Biomarker

Literatur

- ABENI, F., L. CALAMARI, L. STEFANINI und G. PIRLO (2000): Effects of daily gain in pre- and postpubertal replacement dairy heifers on body condition score, body size, metabolic profile, and future milk production. *J. Dairy Sci.* **83**, 1468-1478.
- AIELLO, R. J., T. M. KENNA und J. H. HERBEIN (1984): Hepatic gluconeogenic and ketogenic interrelationships in the lactating cow. *J. Dairy Sci.* **67**, 1707-1715.
- AMIR, S., J. KALI und R. VOLCANI (1967): Influence of Growth Rate on Reproduction and Lactation in Dairy Cattle. *Eastern School Agric. Sci.* **14**, 234-256.
- ANDREAE, U. und C. MÜLLER (1997): Jungrinderaufzuchtmethodene zur Milchleistungssteigerung bei Mutterkühen. *Landbauforschung Völkenrode* **4**, 147-158.
- CAPUCO, A. V., J. J. SMITH, D. R. WALDO und C. E. REXROAD, JR. (1995): Influence of prepubertal dietary regimen on mammary growth of Holstein heifers. *J. Dairy Sci.* **78**, 2709-2725.
- CHUNG, M. H., H. KASAI, S. NISHIMURA und B. P. YU (1992): Protection of DNA damage by dietary restriction. *Free Radic. Biol. Med.* **12**, 523-525.
- COMFORT, A. (1960): Nutrition and Longevity in Animals. *Proc. Nutr. Soc.* **19**, 125-129.
- DEUTSCHE LANDWIRTSCHAFTSGESELLSCHAFT. (1997): DLG Futterwerttabellen – Wiederkäuer. DLG-Verlag Frankfurt am Main.
- FACCHINI, F. S., N. W. HUA, G. M. REAVEN und R. A. STOOHS (2000): Hyperinsulinemia: the missing link among oxidative stress and age-related diseases? *Free Radic. Biol. Med.* **29**, 1302-1306.
- FISCHER, U. (1994): Pankreas. In: F. Döcker: *Veterinärmedizinische Endokrinologie*. Gustav Fischer Verlag Jena, Stuttgart, 609-667.
- FOLDAGER, J. und K. SEJRSEN. (1983): Milk Production in Dairy Cows in Relation to Nutrition During Rearing. 34th Ann. Meet. Study Comm. EAAP Madrid.
- FÜRLI, M. (2004): Stoffwechselkontrollen und Stoffwechselüberwachung bei Rindern. *Nutztierpraxis Aktuell* **9**.
- HANSSON, A., E. BRÄNNÄNG und O. CLAESSON (1953): Studies on Monozygous Cattle Twins, XIII. Body development in relation to heredity and intensity of rearing. *Acta Agricultura Scand* **3**, 61-95.
- HOEDEMAEKER, M., D. PRANGE, H. ZERBE, J. FRANK, A. DAXENBERGER und H. H. MEYER (2004): Peripartal propylene glycol supplementation and metabolism, animal health, fertility, and production in dairy cows. *J. Dairy Sci.* **87**, 2136-2145.
- JOHNSON, J. B., D. R. LAUB und S. JOHN (2006): The effect on health of alternate day calorie restriction: eating less and more than needed on alternate days prolongs life. *Med. Hypotheses* **67**, 209-211.
- KEMNITZ, J. W., D. F. ELSON, E. B. ROECKER, S. T. BAUM, R. N. BERGMAN und M. D. MEGLASSON (1994): Pioglitazone increases insulin sensitivity, reduces blood glucose, insulin, and lipid levels, and lowers blood pressure, in obese, insulin-resistant rhesus monkeys. *Diabetes* **43**, 204-211.
- LACASSE, P., E. BLOCK, L. A. GUILBAULT und D. PETITCLERC (1993): Effect of plane of nutrition of dairy heifers before and during gestation on milk production, reproduction, and health. *J. Dairy Sci.* **76**, 3420-3427.
- LITTELL, R. C., P. R. HENRY und C. B. AMMERMAN (1998): Statistical analysis of repeated measures data using SAS procedures. *J. Anim. Sci.* **76**, 1216-1231.
- MACDONALD, K. A., J. W. PENNO, A. M. BRYANT und J. R. ROCHE (2005): Effect of feeding level pre- and post-puberty and body weight at first calving on growth, milk production, and fertility in grazing dairy cows. *J. Dairy Sci.* **88**, 3363-3375.
- MÄNTYSAARI, P., K. L. INGVARTSEN und V. TOIVONEN (1999): Feeding Intensity of Pregnant Heifers, Effect of Feeding Intensity during Gestation on Performance and Plasma Parameters of Primiparous Ayrshire Cows. *Livest. Prod. Sci.* **62**, 29-41.

- MIETTINEN, H. und P. HUHTANEN (1996): Effects of the ratio of ruminal propionate to butyrate on milk yield and blood metabolites in dairy cows. *J. Dairy Sci.* **79**, 851-861.
- MONNIER, V.M. und A. CERAMI (1981): Nonenzymatic browning in vivo: possible process for aging of long-lived proteins. *Science* **211**, 491-493.
- MÜLLER, U., R.A. SHARIFI, R. STAUFENBIEL, L. HASSELMANN, R. TRIPMACHER, J. WIEBE und G. BROCKMANN (2005): Rearing diet effects on body condition and milk performance in first lactating dairy cows - A longitudinal study. *Arch. Tierz.* **48**, 427.
- PERI, I., A. GERTLER, I. BRUCKENTAL und H. BARASH (1993): The effect of manipulation in energy allowance during the rearing period of heifers on hormone concentrations and milk production in first lactation cows. *J. Dairy Sci.* **76**, 742-751.
- PHELAN, J.P. und M.R. ROSE (2005): Why dietary restriction substantially increases longevity in animal models but won't in humans. *Ageing Res. Rev.* **4**, 339-350.
- SAS®. (2003): User's Guide: Statistics, Version 9.2. In: SAS Institut Cary, NC.
- SEJRSEN, K. (1978): Mammary Development and Milk Yield in Relation to Growth Rate in Dairy and Dual-purpose Heifers. *Acta Agric. Scand.* **28**, 41-46.
- SEJRSEN, K., S. PURUP, M. VESTERGAARD und J. FOLDAGER (2000): High body weight gain and reduced bovine mammary growth: physiological basis and implications for milk yield potential. *Domest. Anim. Endocrinol.* **19**, 93-104.
- SILVA, L. F., M. J. VANDEHAAR, B. K. WHITLOCK, R. P. RADCLIFF und H. A. TUCKER (2002): Short communication: relationship between body growth and mammary development in dairy heifers. *J. Dairy Sci.* **85**, 2600-2602.
- SMITH, J. L. und L. G. SHEFFIELD (2002): Production and regulation of leptin in bovine mammary epithelial cells. *Domest. Anim. Endocrinol.* **22**, 145-154.
- STAUFENBIEL, R. (1993): Energie- und Fettstoffwechsel des Rindes unter besonderer Berücksichtigung der Messung der Rückenfettdicke und der Untersuchung von Fettgewebe. *Habil.-Schrift im FB Veterinärmedizin an der Freien Universität Berlin.*
- SWANSON, E. W. (1960): Effect of Rapid Growth with Fattening of Dairy Heifers on their Lactation ability. *J. Dairy Sci.* **43**, 377-387.
- TUCKER, H. A. (2000): Hormones, mammary growth, and lactation: a 41-year perspective. *J. Dairy Sci.* **83**, 874-884.
- VAN AMBURGH, M. E., D. M. GALTON, D. E. BAUMAN, R. W. EVERETT, D. G. FOX, L. E. CHASE und H. N. ERB (1998): Effects of three prepubertal body growth rates on performance of Holstein heifers during first lactation. *J. Dairy Sci.* **81**, 527-538.
- WEINDRUCH, R. und R. L. WALFORD (1982): Dietary restriction in mice beginning at 1 year of age: effect on life-span and spontaneous cancer incidence. *Science* **215**, 1415-1418.
- WILLIAMS, P. T., P. J. BLANCHE und R. M. KRAUSS (2005): Behavioral Versus Genetic Correlates of Lipoproteins and Adiposity in Identical Twins Discordant for Exercise. *Circulation* **112**, 350-356.
- YAMBAYAMBA, E. S., M. A. PRICE und G. R. FOXCROFT (1996): Hormonal status, metabolic changes, and resting metabolic rate in beef heifers undergoing compensatory growth. *J. Anim. Sci.* **74**, 57-69.

Danksagung

Die Autoren danken der H. Wilhelm Schaumann-Stiftung, der GbR Grüpa-Hof Klein-Mutz, der RBB Rinderproduktion Berlin-Brandenburg GmbH und Herrn Prof. G. Leuthold für die Unterstützung, die sie dem Projekt in unterschiedlicher Weise gewährten.

The influence of energy content during the rearing period on physiological markers and milk yield: A study at monozygotic twins

by U. MÜLLER, AMEL MLAOUHI, R. STAUFENBIEL, L. HASSELMANN, R. TRIPMACHER und GUDRUN BROCKMANN

Using 15 pairs of female monozygotic Holstein Friesian twins that received diets containing different energy contents we repeatedly detected blood biomarkers (insulin, glutamate dehydrogenase, aspartate aminotransferase) and body traits (back fat thickness, daily weight gain). The study reached until the age of 660 days. No effect of a different feeding on milk yield was found. However, the different diet caused effects on daily weight gains, back fat thickness and insulin levels ($p < 0, 0001$). Insulin reached much sooner higher concentrations in the group with intensive feeding than in the group with moderate feeding. Comparing pairs of twins with high (10323 kg) and low (7857 kg) milk yield during the rearing period we found to 37% higher insulin and to 27% lower aspartate aminotransferase levels in the high performance group than in the group with low milk yield. Probably these effects are genetically determined.

Keywords: Heifers, identical twins, feeding, milk performance, body traits, biomarker