

**LITERATURÜBERSICHT ZUM EINFLUSS DER
ENERGIEVERSORGUNG VOR DER ABKALBUNG AUF
FUTTERAUFNAHME, LEBENDMASSE, KÖRPERKONDITION,
MILCHLEISTUNG UND STOFFWECHSEL VON MILCHKÜHEN**

EFFECT OF PREPARTUM ENERGY SUPPLY ON THE INTAKE, BODY WEIGHT,
BODY CONDITION, MILK YIELD AND METABOLISM OF DAIRY COWS: A REVIEW

*M. Lins**, *L. Gruber***, *W. Obritzhauser****

GLIEDERUNG

1 EINLEITUNG	77
2 ENERGIEVERSORGUNG VOR DEM ABKALBEN UND FUTTERAUFNAHME ZU LAKTATIONSBEGINN	78
2.1 Unterversorgung ante partum und Futteraufnahme post partum	78
2.2 Überversorgung ante partum und Futteraufnahme post partum.....	79
3 ENERGIEVERSORGUNG VOR DEM ABKALBEN UND PERIPARTALE LEBENDMASSEVERÄNDERUNG	84
3.1 Unterversorgung vor dem Abkalben und peripartale Lebendmasse	85
3.2 Überversorgung vor dem Abkalben und peripartale Lebendmasse	86
4 ENERGIEVERSORGUNG VOR DEM ABKALBEN UND VERÄNDERUNG DER KÖRPERKONDITION IM GEBURTSNAHEN ZEITRAUM.....	91
4.1 Unterversorgung vor dem Abkalben und peripartale Körperkondition	92
4.2 Überversorgung vor dem Abkalben und peripartale Körperkondition	93
5 ENERGIEVERSORGUNG VOR DEM ABKALBEN UND MILCHLEISTUNG.....	96
5.1 Präpartale Unterversorgung und Milchleistung	96
5.2 Präpartale Überversorgung und Milchleistung	98
6 ENERGIEVERSORGUNG VOR DEM ABKALBEN UND STOFFWECHSELPARAMETER IM PERIPARTALEN ZEITRAUM.....	105
6.1 Präpartale Energieversorgung und Blutmetabolite	106
6.2 Präpartale Energieversorgung und peripartale Energiebilanz.....	109
6.3 Präpartale Energieversorgung und Hormone	111
7 SCHLUSSFOLGERUNGEN	113

* Dipl.-Ing. Matthias Lins, Institut für Nutztierwissenschaften, Universität für Bodenkultur, Gregor Mendel-Straße 33, A-1180 Wien, Österreich, Tel.: 0043 (0)1 47654 3250, email: lins.matthias@aon.at

** Univ.-Doz. Dr. Leonhard Gruber, Institut für Viehwirtschaft und Ernährungsphysiologie landwirtschaftlicher Nutztiere, Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, A-8952 Irdning, Österreich, Tel.: 0043 (0)3682 22451 258, email: leonhard.gruber@bal.bmlfuw.gv

*** Dr. med.vet. Walter Obritzhauser, Fachtierarzt für Rinder, Steirischer Tiergesundheitsdienst am Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Fachabteilung 8 c, Zimmerplatzgasse 15, A-8010 Graz, Österreich, Tel.: 0043 (0)3862 33644 0, email: w.obritzhauser@dairyvet.at

ZUSAMMENFASSUNG

Das permanent steigende genetische Leistungspotenzial der Milchkühe sowie sinkende Kraftfutterpreise haben in den letzten Jahren europaweit zu bedeutenden Milchleistungssteigerungen geführt. Die Transitperiode – der Zeitraum von einigen Wochen vor und nach der Abkalbung – nimmt in der Fütterung der Milchkühe eine zentrale Rolle ein. Die Futteraufnahme ist um den geburtsnahen Zeitraum deutlich vermindert und steigt nach der Abkalbung nur langsam an. Dadurch entsteht häufig ein über mehrere Wochen andauerndes Energiedefizit. Das Ausmaß des peripartal entstehenden Energiedefizites hängt maßgeblich vom präpartalen Versorgungsniveau ab. Präpartal unterversorgte Kühe müssen zur Ernährung des Fötus und zur Euterentwicklung bereits vor der Abkalbung Körperreserven mobilisieren. Ihre Einsatzleistungen sind niedriger als die von präpartal bedarfsgerecht versorgten Kühen, allerdings zeichnen sie sich durch eine höhere Persistenz aus. Die restriktive Nährstoffversorgung während der Hochträchtigkeit fördert im allgemeinen die postpartale Futteraufnahme und vermindert dadurch die Mobilisation zu Laktationsbeginn. Überversorgung vor der Abkalbung führt zu umfassender Reservenbildung während der Trächtigkeit und wirkt positiv auf die Milchleistung in den ersten Laktationswochen. Der Nährstoffbedarf zu Laktationsbeginn erhöht sich auf Grund steigender Milchleistung rasant. Bei gleichzeitig verminderter Futteraufnahme nimmt die postpartal eintretende Mobilisation von Depotfett und Muskelprotein hohe Ausmaße an. Die aus dem Fettabbau stammenden freien Fettsäuren gelangen über das Blut in die Leber, wo sie bei Überschreiten physiologischer Grenzen zur zusätzlichen Energiebereitstellung nur unzureichend genutzt werden können. In weiterer Folge kommt es zur Verfettung des Lebergewebes und somit zur Reduktion der Gluconeogenese. Damit wird der wichtigste Glucosebereitstellungsprozess der Wiederkäuer nachhaltig gehemmt. Diese Störung des Energiestoffwechsels gilt unbestritten als wesentliche Ursache für Leistungsdepressionen und zahlreiche postpartal entstehende Gesundheitsprobleme.

Schlüsselwörter: Präpartale Energieversorgung, Produktion, Stoffwechsel, Milchkühe

SUMMARY

The continuously increasing genetic potential of dairy cows, as well as the decreasing costs for concentrates in Europe have induced significant increases in milk production in the past years. The transition period, which is defined as a few weeks before and after calving, plays an important role in the feeding of high producing dairy cows. The feed intake is significantly reduced in the time around parturition and increases only slowly after parturition. The extent of this peripartum energy deficit depends heavily on the prepartum energy supply. Cows being underfed during late gestation have to mobilise body reserves in order to supply the fetus and to develop their mammary tissue. The initial milk yield of such cows is lower as compared to cows fed according to their requirements in late gestation, however their persistency is higher. Restricted energy supply in late gestation generally leads to a higher feed intake postpartum and therefore reduces the pathological mobilisation of adipose tissue in early lactation. Extensive energy surplus before calving results in a significant formation of body reserves and supports the milk yield in early lactation. Because of the increasing milk yield at the start of lactation the nutrient demand is substantially enhanced. Since feed intake is usually low at this stage of lactation, fat reserves as well as some muscle protein are mobilised to a high degree. Free fatty acids derived from fat mobilisation are transported by the blood into the liver. There they can be utilised for energy purposes only on an inadequate

scale if mobilised beyond physiological limits. As a consequence this results in the adiposis of the liver tissue and therefore in a reduced gluconeogenesis. Thereby the most important source of glucose in the metabolism of ruminants is seriously inhibited. This disorder of energy metabolism is known as the most important reason for milk yield depressions and numerous health problems.

Key Words: prepartum energy supply, production, metabolism, dairy cows

1 EINLEITUNG

Das permanent steigende genetische Leistungspotenzial der Milchkühe sowie – agrarpolitisch bedingt – sinkende Kraftfutterpreise haben in den letzten Jahren europaweit Leistungssteigerungen in bedeutendem Umfang herbeigeführt (GREIMEL 1999, FÜRST 2000, SCHWARZ 2000, ZMP 2003). In der Fütterung der Hochleistungskuh nimmt dabei die Periode unmittelbar vor und nach dem Abkalben eine zentrale Rolle ein (GRUMMER 1995, DRACKLEY 2002). Das gegen Ende der Trächtigkeit exponentiell verlaufende Fötuswachstum (BELL et al. 1995) und das Eintreten in die darauffolgende Laktation ist von bedeutsamen hormonellen Veränderungen der Milchkuh begleitet, verbunden mit einer charakteristischen Entwicklung der Futteraufnahme und Lebendmasse (NRC 2001). Die Milchleistung ist zu Laktationsbeginn durch einen rapiden Anstieg gekennzeichnet. Demgegenüber steigt die Futteraufnahme post partum allerdings in weit geringerem Umfang an. Um ein allzu großes Energiedefizit zu verhindern, müssen die Futterrationen in dieser Phase daher hochkonzentriert sein (RABELO et al. 2001), allerdings stehen dem die verdauungsphysiologischen Ansprüche an die Wiederkäuergerechtigkeit entgegen.

Die Bedeutung der Reservenbildung während der Hochträchtigkeit zum Zwecke der Energiebereitstellung über die Mobilisation zu Laktationsbeginn wird zum Teil sehr gegensätzlich diskutiert. Die physiologisch begrenzte Energiegewinnung durch die Lipolyse bzw. Glycogenolyse sowie die Verwertung glucogener Aminosäuren stellen spezifische Leistungen des Leberstoffwechsels dar, die einer ausgeglichenen Energiebilanz im geburtsnahen Zeitraum dienlich sind. Maßgeblich über den Bedarf hinausgehende präpartale Energieversorgung überfordert die Möglichkeit dieser zusätzlichen Energiebereitstellung und kann zu gravierenden Störungen des gesamten Stoffwechsels führen (VAN SAUN und SNIFFEN 1996, JORRITSMA et al. 2001). Dies beeinflusst den Gesundheitsstatus und als Folge davon auch wichtige Produktionsparameter (GRUMMER 1995, MOORBY und DEWHURST 1999, STEINGASS et al. 2002). Dazu liegen wohl viele Untersuchungen vor, dennoch sind grundlegende biologische Abläufe zum Teil noch unerforscht (DRACKLEY 1999, REYNOLDS et al. 2003). Möglicherweise sind viele ungeklärte Fragen der Grund, warum in der Praxis der Energieversorgung im peripartalen Zeitraum wenig Aufmerksamkeit geschenkt wird. Ein Umstand, den VAN SAUN und SNIFFEN (1996) als „management bei neglect“ (Management durch Vernachlässigung) bezeichnen.

Im folgenden Beitrag wird daher eine Literaturübersicht über den Einfluss der Energieversorgung vor der Abkalbung auf Futteraufnahme, Lebendmasse, Körperkondition, Milchleistung und Stoffwechsel von Milchkühen gegeben.

2 ENERGIEVERSORGUNG VOR DEM ABKALBEN UND FUTTERAUFNAHME ZU LAKTATIONSBEGINN

Die Futteraufnahme im peripartalen Zeitraum ist durch einen Rückgang vor der Geburt und anschließenden Anstieg zu Laktationsbeginn charakterisiert. Welches Ausmaß die Reduktion des Verzehrs ante partum sowie dessen Zunahme post partum annehmen, hängt maßgeblich von futterspezifischen und tierbedingten (besonders endokrinen) Einflussfaktoren ab (GIESECKE 1987, INGVARTSEN und ANDERSEN 2000). Zahlreiche Untersuchungen weisen darauf hin, dass die Reduktion der Futteraufnahme vor dem Abkalben bis zu 30 % betragen kann (HERNANDEZ-URDANETA et al. 1976, JOHNSON und OTTERBY 1981, KUNZ et al. 1985, BERTICS et al. 1992, GRUMMER et al. 1995, DANN et al. 1999). Die maximale Futteraufnahme wird im Durchschnitt nach 10 bis 16 Laktationswochen erreicht (GARNSWORTHY und TOPPS 1982, DE VRIES et al. 1999).

2.1 Unterversorgung ante partum und Futteraufnahme post partum

Der Energiebedarf vor der Abkalbung setzt sich aus Erhaltung, Wachstum des Fötus und Entwicklung des Euters zusammen. Eine verminderte Energiekonzentration in der Futterration bzw. restriktive Futtevorlage vor dem Abkalben wirken der Bedarfsdeckung der hochträchtigen Kuh entgegen. Die Entwicklung des Fötus bleibt davon unbeeinflusst, jedoch wird dadurch die Retention der Kuh gehemmt (ROBERTS et al. 1978). Um Abbau von Körpermasse gegen Ende der Hochträchtigkeit zu vermeiden und um den hohen Nährstoffbedarf mit einsetzender Laktation zu decken, ist eine hohe Nährstoffaufnahme im peripartalen Zeitraum zu fordern.

DAVENPORT und RAKES (1969) versorgten eine Kontrollgruppe während der Trockenstehzeit bedarfsgerecht und eine Versuchsgruppe auf niedrigem Energieniveau, um eine positive Lebendmasseentwicklung vor dem Abkalben zu unterbinden (Tabelle 1). Die Futteraufnahme der ante partum unterversorgten Kühe in den ersten 12 Laktationswochen war in der Tendenz (nicht signifikant) niedriger, der Anstieg der Futteraufnahme zu Laktationsbeginn allerdings rund doppelt so hoch. LODGE et al. (1975) stellten in ihren Untersuchungen fest, dass ante partum unterversorgte Kühe in den ersten 16 Laktationswochen mehr Kraftfutter aufnahmen als die bedarfsgerecht versorgte Kontrollgruppe (Tabelle 1). Die Grund- und auch Gesamtfutteraufnahme der beiden Gruppen blieb vom Versorgungsniveau ante partum unbeeinflusst. Durch den höheren Kraftfutteranteil in der Ration post partum der präpartal unterversorgten Kühe wurde die Verdaulichkeit und Energieaufnahme zu Laktationsbeginn erhöht. Trotz stark limitierter Futteraufnahmekapazität sehen LODGE et al. (1975) in einer vermehrten Kraftfutteraufnahme eine Möglichkeit zur Maximierung der postpartalen Nährstoffaufnahme und damit die Vorraussetzung für eine ausgeglichene Energiebilanz. TREACHER et al. (1986) variierten die Energiekonzentration in der unter- bzw. übertersorgten Gruppe, beginnend 8 Monate vor dem voraussichtlichen Abkalbetermin, um als Konsequenz die Körperkondition zur Abkalbung „dünn“ und „fett“ zu erreichen. Die Futteraufnahme in den ersten 10 Laktationswochen der ante partum unterversorgten Kühe war höher als die der verfetteten, allerdings statistisch nicht signifikant.

Tabelle 1: Effekt der Unterversorgung ante partum auf die Futtermittelaufnahme post partum

Table 1: Effect of prepartum undernutrition on feed intake post partum

n	Energieversorgung ante partum			Futtermittelaufnahme (IT) post partum					Autor(en)
	Gruppenbezeichnung	Dauer (Wo)	KF (kg/d)	Grundfutter	IT _{GF+KF} (kg/d)	IT _{KF} (kg/d)	LM (kg)	Dauer (Wo)	
13 14 16	Energie niedrig mittel hoch	8	0,0 2,3 12,0	Heu u. Weide	13,0 ¹⁾ 12,7 ¹⁾ 12,2 ¹⁾	10,5 ¹⁾ 10,0 ¹⁾ 9,8 ¹⁾	608 598 587	12	DAVENPORT & RAKES (1969)
9 9	unterversorgt bedarfsgerecht	6	k. A.	Heu	12,9 ¹⁾ 12,1 ¹⁾	9,9 ^{α, 1)} 8,9 ^{β, 1)}	k. A.	16	LODGE et al. (1975)
9 9	unterversorgt übersorgt	32	k. A.	Heu	17,2 15,8	k. A.	563 587	10	TREACHER et al. (1986)
15 15	unterversorgt bedarfsgerecht	12	0,0 2,7	MS u. GS	18,2 18,6	k. A.	562 586	14	HOLTER et al. (1990)
51	Körper- kondition zur Abkalbung mager fett	k. A.	k. A.	k. A.	16,8 17,5	k. A.	k. A.	8	CHILLIARD (1992) ²⁾

¹⁾ IT_{GF+KF} bzw. IT_{KF}: Aufnahme an verdaulicher Trockenmasse

²⁾ keine Angabe zum Signifikanzniveau und zur Gruppengröße

GARNSWORTHY und JONES (1987) weisen für Kühe, die in der Trockenstehphase restriktiv versorgt wurden, eine signifikant höhere Futtermittelaufnahme in der darauffolgenden Laktation aus als Kühe, die zum Zeitpunkt der Abkalbung verfettet waren. HOLTER et al. (1990) erzielten unterschiedliche Körperkonditionen zum Zeitpunkt der Abkalbung durch variierende Kraftfutterniveaus ante partum (Tabelle 1). Die absolute Futtermittelaufnahme post partum der beiden Gruppen war nahezu identisch, ausgedrückt in Prozent der Lebendmasse lag sie jedoch für die ante partum unterversorgten Kühe tendenziell höher. Als Ursache dafür sehen die Autoren die geringere Körpermasse der präpartal unterversorgten Tiere zu Laktationsbeginn. CHILLIARD (1992) kommt auf Grund seiner Untersuchungen, in denen Kühe entweder mager oder fett zur Abkalbung kamen, zu gegensätzlichen Schlussfolgerungen. Durch eine intensive Fütterung mit Kraftfutter während der Trockenstehzeit können sich die Pansenmikroben besser an die während der Laktation verabreichte Ration anpassen. Dies führte zu einer höheren Futtermittelaufnahme der fetten Kühe zu Beginn der Laktation (Tabelle 1).

2.2 Überversorgung ante partum und Futtermittelaufnahme post partum

SCHMIDT und SCHULTZ (1959) formulierten drei Energieniveaus mittels unterschiedlicher Kraftfuttermengen während der Trockenstehzeit, um den Effekt auf die Futtermittelaufnahme post partum zu untersuchen (Tabelle 2). Die Autoren konnten keinen Effekt der präpartalen Energieversorgung auf die Futtermittelaufnahme in den ersten 4 Laktationswochen feststellen. Da die maximale Futtermittelaufnahme erst im Laufe des dritten Laktationsmonats erreicht wird (GARNSWORTHY und TOPPS 1982), erscheint der gewählte Versuchszeitraum von 4 Wochen möglicherweise zu kurz, um Auswirkungen der Energieversorgung ante partum erfassen zu können. Die Versuche von EMERY et al. (1969) ergaben eine höhere Gesamtfuttermittelaufnahme der präpartal übersorgten Kühe zu Laktationsbeginn. Allerdings

war der Kraftfutteranteil in der Ration der laktierenden Kühe in beiden Gruppen nicht gleich. HERNANDEZ-URDANETA et al. (1976) fanden keinen Einfluss einer unterschiedlichen Energieversorgung ante partum auf die Futteraufnahme zu Laktationsbeginn. FRONK et al. (1980) teilten einer Versuchsgruppe das Kraftfutter während der letzten Trächtigkeitswochen auf Laktationsniveau zu, um mögliche Auswirkungen auf die postpartale Futteraufnahme zu erfassen (Tabelle 2). Die präpartale Energieversorgung zeigte keinen Effekt auf die Futteraufnahme zu Laktationsbeginn. Die Autoren erklären, dass das Ausmaß und die Zeitdauer der Überversorgung ante partum nicht ausreichten, um eindeutige Ergebnisse zu erhalten. Zu ähnlichen Schlussfolgerungen kommen JOHNSON und OTTERBY (1981), deren Untersuchung ebenfalls keinen Zusammenhang zwischen Energieversorgung vor der Abkalbung und Futteraufnahme post partum erkennen ließ (Tabelle 2). Die Versuchsgruppen von GARNSWORTHY und TOPPS (1982) kalbten gemäß der variierenden präpartalen Energieversorgung in unterschiedlichen Körperkonditionen. In der Laktation erhielten alle Kühe gleiche Mischrationen. Die Autoren ziehen aus ihren Untersuchungen den Schluss, dass die Überversorgung ante partum sowohl die maximale Verzehrmenge als auch den Anstieg der Futteraufnahme zu Laktationsbeginn vermindern (Tabelle 2). Dadurch wird die Zeitspanne des Energiedefizites in der für die Kuh kritischen peripartalen Phase verlängert. KUNZ et al. (1985) stellten keine Auswirkungen der präpartalen Energieversorgung auf die Futteraufnahme zu Laktationsbeginn fest. Allerdings wurde der Anstieg der Futteraufnahme post partum durch die energiereiche Ration in der Trockenstehzeit verringert und dadurch das peripartale Energiedefizit vergrößert. DUCKER et al. (1985) untersuchten die Auswirkungen hoher Energieversorgung während der Hochträchtigkeit auf die Energieaufnahme in den Laktationswochen 6 bis 18 bei Kalbinnen. Im Gegensatz zu vielen Versuchsergebnissen belegen die Autoren, dass die energiereiche Fütterung vor dem Abkalben einen positiven Effekt auf die Futter- und Energieaufnahme während der Laktation hat (Tabelle 2). Als Grund für diese Ergebnisse sehen die Autoren das geringe Erstabkalbealter der Kalbinnen von 24 – 28 Monaten und deren geringe Verfettung zum Zeitpunkt der Abkalbung. Auch BOISCLAIR et al. (1986) kamen in zwei verschieden langen Versuchen (trial 1 und 2) zum Ergebnis, dass ante partum verfettete Kühe in der Laktation keine geringere Futteraufnahme aufweisen als bedarfsgerecht versorgte, dies trotz großer Variation der Energieversorgung ante partum (Tabelle 2). Die Autoren merken jedoch an, dass die nährstoffkonzentrierte Mischration post partum mögliche Effekte des präpartalen Fütterungsregimes überdeckt haben könnte. Auch NOCEK et al. (1986) konnten keinen Effekt der präpartalen Energieversorgung auf die Futteraufnahme post partum feststellen. Allerdings erstreckte sich sowohl der pre- als auch der postpartale Versuchszeitraum nur über je drei Wochen (Tabelle 2). Auch FLIPOT et al. (1988) sowie GARNSWORTHY und HUGGET (1992) fanden keinen Zusammenhang zwischen der Energieversorgung ante partum und der Futteraufnahme post partum. GARNSWORTHY und JONES (1993) schreiben einer Energieüberversorgung in der Trockenstehzeit eindeutig negative Effekte auf die Futteraufnahme post partum zu (Tabelle 2). Die Verfettung verringerte die Futteraufnahme in den ersten 16 Laktationswochen um 11 % (bezogen auf die metabolische Körpermasse). Die ante partum restriktiv versorgten Kühe nahmen in der Laktation mehr Kraftfutter auf und hatten bei gleicher Grundfutteraufnahme folglich eine höhere Gesamtfutteraufnahme. SCHWARZ et al. (1995) leiten aus ihren Versuchsergebnissen ab, dass sich eine massiv erhöhte Energiekonzentration ante partum bei Kühen und Kalbinnen nachhaltig negativ auf die Futteraufnahme der laktierenden Kuh auswirkt. Die Autoren beziffern den negativen Effekt einer präpartalen Überversorgung auf die Futteraufnahme in den ersten 8 Laktationswochen bei Kalbinnen mit bis zu 2,8 kg und bei

Kühen mit 1,1 kg (Tabelle 2). Zudem konnten sie in Übereinstimmung mit anderen Autoren belegen, dass der Zeitpunkt der maximalen Futterraufnahme nach präpartaler Überversorgung sowohl bei Kalbinnen als auch bei Kühen einige Wochen später erreicht wird. GRUMMER et al. (1995) fütterten Kalbinnen ab dem 170. Trächtigkeitstag bis zur Abkalbung entweder bedarfsgerecht oder eine mit Kraftfutter aufgewertete Ration. Die energiereiche Fütterung verminderte die Futterraufnahme in den ersten 20 Laktationswochen um 1 kg (Tabelle 2). SEGERT et al. (1996) kommen auf Grund ihrer Untersuchungen zur Schlussfolgerung, dass die vermehrte Lipolyse zu Laktationsbeginn, ausgelöst durch eine Energieüberversorgung ante partum, auf die Futterraufnahme in der Laktation negativ wirkt (Tabelle 2). Im Gegensatz dazu stellten OLSSON et al. (1998) bei Kalbinnen keinen Einfluss der präpartalen Energieversorgung auf die Futterraufnahme zu Laktationsbeginn fest (Tabelle 2). Die hohen Kraftfuttermengen ante partum in der überversorgten Tiergruppe bedingten allerdings eine ausgeprägte Grundfutterverdrängung in den ersten beiden Laktationswochen. Im Versuch von RUKKWAMSUK et al. (1999a), indem die Versuchsgruppe während der letzten Trächtigkeitswochen bereits auf Laktationsniveau versorgt wurde, war ein starker Effekt der Energieversorgung ante partum auf die Futterraufnahme zu Laktationsbeginn nachzuweisen. Die während der Trockenstehzeit bedarfsgerecht versorgte Kontrollgruppe nahm nach der Abkalbung um 3,3 kg T mehr auf als die überversorgte Versuchsgruppe (Tabelle 2). Die Autoren sehen in der geringeren Futterraufnahme der verfetteten Kühe eine große Gefahr von Stoffwechselstörungen. VANDEHAAR et al. (1999) und auch DEWHURST et al. (2000) fanden in ihren Untersuchungen keinen Einfluss der Energieversorgung vor der Abkalbung auf die Futterraufnahme in der darauffolgenden Laktation. Zu gleichen Ergebnissen kamen BALLARD et al. (2001) in einer Feldstudie, in welcher der Einfluss einer energiereichen Vorbereitungs fütterung auf die Futterraufnahme in den ersten 3 Laktationswochen geprüft wurde. Trotz deutlicher Variation der präpartalen Energieversorgung konnten KEADY et al. (2001) keine Auswirkungen auf die Futterraufnahme zu Laktationsbeginn feststellen (Tabelle 2). Die kurze Versuchsperiode verbunden mit hoher Grundfutterqualität in der Kontrollgruppe könnten möglicherweise den Effekt der unterschiedlichen Kraftfuttermensuren ante partum abgeschwächt haben. Wie bereits Autoren zuvor berichten auch HOLCOMB et al. (2001), dass sich die Futterraufnahme in den ersten 6 Laktationswochen weitgehend unbeeinflusst von der Energieversorgung vor dem Abkalben verhält. Dennoch erläutern sie, dass der Anstieg der Futterraufnahme zu Laktationsbeginn bei ante partum verfetteten Kühen geringer ausfällt und sie dadurch ihre maximale Futterraufnahme und ausgeglichene Energiebilanz mit zeitlicher Verzögerung erreichen. DEWHURST et al. (2002) fütterten Erstlingskühen während der zweiten Trächtigkeitshälfte Grassilage und Stroh mit unterschiedlich hoher Kraftfuttterergänzung. Zu Laktationsbeginn äußerte sich die restriktive Vorbereitungs fütterung in einer signifikant höheren Grassilageaufnahme (Tabelle 2), womit sich die Autoren in Übereinstimmung mit GARNSWORTHY und TOPPS (1982) sehen. DOEPEL et al. (2002) sehen hingegen in einer kraftfuttterintensiven Vorbereitungs fütterung eindeutige Vorteile (Tabelle 2). Neben einer erhöhten Futterraufnahme post partum weisen sie auf eine verbesserte Energieversorgung im peripartalen Zeitraum hin, wodurch negative Konsequenzen des Energiedefizits weitgehend vermieden werden können.

Tabelle 2: Effekt der Überversorgung ante partum auf die Futteraufnahme post partum

Table 2: Effect of prepartum overfeeding on feed intake post partum

n	Energieversorgung ante partum				Futteraufnahme (IT) post partum				Autor(en)
	Gruppenbezeichnung	Dauer (Wo)	KF (kg/d bzw. % der IT)	Grundfutter	IT _{GF+KF} (kg/d)	IT _{KF} (kg/d)	LM (kg)	Dauer (Wo)	
Kühe bzw. Kühe und Kalbinnen									
21 21 21	Energie niedrig mittel hoch	8	0,0 kg 2,7 kg 6,8 kg	MS u. Heu	22,4 ¹⁾ 22,5 ¹⁾ 21,5 ¹⁾	7,9 ¹⁾ 7,4 ¹⁾ 7,9 ¹⁾	656 646 676	4	SCHMIDT & SCHULTZ (1959)
25 25	bedarfsgerecht überversorgt	3	0,0 ad lib.	Heu	13,2 15,8	6,4 10,2	652 668	7	EMERY et al. (1969) Kühe ²⁾
12 12	bedarfsgerecht überversorgt	8	1,8 kg 6,4-8,2 kg	MS, GS u. Heu	19,2 19,6	k. A.	518 775	9	FRONK et al. (1980) trial 2
31 31 31	Heu KF niedrig KF hoch	4	0,0 % 12,0 % 47,0 %	Heu, GS u. MS	11,8 12,6 11,9	k. A.	k. A.	4	JOHNSON & OTTERBY (1981)
16 16 16	Energie niedrig mittel hoch	8	k. A.	Heu, Stroh	22,4 ³⁾ 21,2 ³⁾ 20,7 ³⁾	k. A.	k. A.	16	GARNS-WORTHY & TOPPS (1982)
11 11 11	Bedarfsdeckung (%) 102 131 162	8	0,0 % 0,0 % 48,1 %	Heu u. MS	18,0 18,0 18,0	k. A.	690 707 734	12	BOISCLAIR et al. (1986) trial 1
52 52	GF GF und KF	3	0,0 kg 2,0 kg	GS u. MS	14,4 14,6	k. A.	649 656	3	NOCEK et al. (1986)
26 26	Körperkondition zur Abkalbung dünn fett	12	k. A.	Heu u. Weide	18,3 17,4	k. A.	535 569	16	GARNS-WORTHY & JONES (1993)
9 10	bedarfsgerecht überversorgt	8	k. A.	MS	17,8 17,7	7,3 7,4	746 785	8	SCHWARZ et al. (1995) Exp. 1 und 2
17 15	bedarfsgerecht überversorgt	8	k. A.	MS	17,6 16,5	6,9 6,3	726 700	8	
16 15	bedarfsgerecht Energie hoch	8	0,0 kg 7,7 kg	GS, MS u. Stroh	23,1 ^α 19,8 ^β	k. A.	663 680	5	RUKKWAM-SUK et al. (1999a)
30 30	bedarfsgerecht überversorgt	4	0,0 kg 5,0 kg	GS	15,2 15,1	5,8 5,9	k. A.	12	KEADY et al. (2001)
21 21	Energie niedrig Energie hoch	19	2,0 kg 7,0 kg	GS u. Stroh	18,0 17,6	11,4 ^{α, 4)} 10,7 ^{β, 4)}	633 651	18	DEWHURST et al. (2002)
13 13	Energie niedrig Energie hoch	3	0,0 % 40,9 %	GS u. Heu	18,0 20,2	k. A.	k. A.	4 - 6	DOEPEL et al. (2002)
28 28	bedarfsgerecht überversorgt	5	0,0 kg 3,0 kg	GS u. Stroh	15,2 15,0	7,0 7,0	588 618	8	RYAN et al. (2003)
30 30	Energie niedrig Energie hoch	4	22,8 % 48,0 %	GS, MS u. Stroh	20,3 20,8	k. A.	682 680	10	RABELO et al. (2003)

		Energieversorgung ante partum			Futtermittelaufnahme (IT) post partum				Autor(en)
n	Gruppenbezeichnung	Dauer (Wo)	KF (kg/d bzw. % der IT)	Grundfutter	IT _{GF+KF} (kg/d)	IT _{KF} (kg/d)	LM (kg)	Dauer (Wo)	
8 8 8	Energie niedrig mittel hoch	8	k. A.	GS u. Heu	1-4 17,5 15,9 17,1	k. A.	608 584 601	12	AGENÄS et al. (2003) ⁵⁾
				5-8 24,3 21,5 21,2					
				9-12 25,4 24,1 21,8					
6 6 6	Stroh und GS GS GS und KF	4	0 kg 0 kg 3 kg	GS u. Stroh	13,5 ^α 13,8 ^{αβ} 14,2 ^β	4,9 5,1 5,1	607 626 603	8	McNAMARA et al. (2003)
Kalbinnen									
50 50	Energie niedrig Energie hoch	10	k. A.	MS u. Stroh	120 ^{a,6)} 147 ^{b,6)}	k. A.	469 474	6-18	DUCKER et al. (1985)
8 6	bedarfsgerecht übersorgt	8	k. A.	MS ad lib. bzw. restriktiv	15,2 ^α 12,3 ^β	4,1 2,8	632 639	8	SCHWARZ et al. (1995)
38 38	bedarfsgerecht übersorgt	24	0,0 % 40,0 %	GS	19,6 ⁷⁾ 18,6 ⁷⁾	k. A.	664 694	20	GRUMMER et al. (1995)
7 8	Mobilisation ⁸⁾ Ansatz ⁸⁾	k. A.	k. A.	Weide, GS u. MS	14,4 ^α 15,5 ^β	k. A.	k. A.	12	SEGERT et al. (1996)
34 31	Energie niedrig Energie hoch	3	2,7 kg 6,2 kg	Heu u. GS	16,4 16,5	8,7 8,6	542 535	12	OLSSON et al. (1998)

¹⁾ Angaben in kg Frischmasse

²⁾ Durchschnitt der Futtermittelaufnahme vor und nach der Abkalbung, keine Angabe zum Signifikanzniveau

³⁾ maximale Futtermittelaufnahme

⁴⁾ IT-Grassilage

⁵⁾ Effekt der Energieversorgung ante partum: p = 0,12

⁶⁾ Energieaufnahme (MJ ME) pro Tag

⁷⁾ p < 0,06

⁸⁾ Mobilisation: Verringerung der Rückenfettdicke zu Laktationsbeginn um 3,8 mm

Ansatz: Erhöhung der Rückenfettdicke zu Laktationsbeginn um 3,4 mm

MOORBY et al. (2002) setzten 5 Wochen vor dem Abkalben Rationen mit schwer löslichen (Stroh) und leicht löslichen Kohlenhydratfraktionen (Grassilage, Kraftfutter) ein, um den Effekt der Energieversorgung ante partum auf die Futtermittelaufnahme am Beginn der Laktation zu untersuchen. Aufgrund der Hypothese, dass eine strukturreiche Versorgung vor dem Abkalben die Futtermittelaufnahme der laktierenden Kuh stimulieren soll („rumen-stretching“), erwarteten sie positive Effekte der Strohbeimengung. Dies war jedoch nicht der Fall und die Autoren führen dies auf das aussergewöhnlich niedrige Niveau der Futtermittelaufnahme in den ersten 8 Laktationswochen zurück. Die im Versuch verwendete, sehr feuchte Grassilage wies hohe Werte an Ammoniak und Essigsäure auf, sodass die mangelhafte Grundfutterqualität hohen Verzehrsmengen post partum entgegenwirkte. Aus den Untersuchungen von RYAN et

al. (2003) und RABELO et al. (2003) lässt sich kein Einfluss der Energieversorgung vor der Abkalbung auf die Futteraufnahme zu Laktationsbeginn erkennen (Tabelle 2). AGENÄS et al. (2003) legten während der Trockenperiode unterschiedliche Mengen einer Mischration vor, um so Energieaufnahmen von 71, 106 und 177 MJ ME in den Gruppen niedrig, mittel und hoch zu erreichen (Tabelle 2). Die restriktiv versorgte Gruppe nahm in der Laktation mehr Futter auf, besonders von der 5. bis zur 12. Laktationswoche. McNAMARA et al. (2003) führen die höhere Futteraufnahme der präpartal intensiver versorgten Kühe zu Laktationsbeginn auf die verbesserte Anpassung des Pansens an die Laktationsration zurück. Die Autoren vermuten, dass die Kraftfutterfütterung vor der Abkalbung die Zusammensetzung der Mikrobenpopulation im Pansen verändert und die Absorptionsoberfläche für die Fermentationsprodukte vergrößert haben könnte (Tabelle 2).

Resümee: Eine Unterversorgung während der Trächtigkeit resultiert in höheren Futteraufnahmen zu Laktationsbeginn. Dies gilt besonders, wenn die Futteraufnahme auf die Lebendmasse bezogen wird, da präpartal unterversorgte Kühe eine geringere Lebendmasse aufweisen. Die Energieübersorgung vor der Abkalbung vermindert die Futteraufnahme zu Laktationsbeginn um bis zu 3 kg. Während die Futteraufnahme von ante partum bedarfsgerecht gefütterten Kühen unmittelbar nach der Abkalbung zu steigen beginnt, stagniert jene von präpartal übersorgten Kühen. Durch den geringeren Anstieg der Futteraufnahme erreichen diese Kühe ihre maximale Futteraufnahme später. Im peripartalen Zeitraum kommt der physiologischen Regulation der Futteraufnahme eine größere Bedeutung zu als der physikalischen. Dabei werden mit der präpartalen Energieversorgung in Zusammenhang stehende Hormone und postpartal entstehende Stoffwechselmetabolite wirksam. Dennoch weisen einige Autoren darauf hin, dass mäßige Kraftfuttergaben vor der Abkalbung positiv auf die Futteraufnahme zu Laktationsbeginn wirken können. Der Grund liegt in der dadurch möglichen Anpassung der Mikrobenpopulation an die Rationsbedingungen während der Laktation und der vergrößerten Absorptionsoberfläche im Pansen. Unterbleibt diese „Vorbereitungsfütterung“, kommt es zu einer Verringerung der Verdaulichkeit.

3 ENERGIEVERSORGUNG VOR DEM ABKALBEN UND PERIPARTALE LEBENDMASSEVERÄNDERUNG

Der Veränderung der Lebendmasse in der Trockenstehperiode und dem Gewicht zum Zeitpunkt des Abkalbens werden in der Literatur ein großer Einfluss auf die Milchleistung, aber auch auf die Fruchtbarkeits- und Gesundheitsparameter beigemessen (INGVARTSEN und ANDERSEN 2000). Zu Laktationsbeginn können – in Abhängigkeit von der präpartalen Energieversorgung und der Milchleistung – bis zu 90 kg Körperfett und mehr als 20 kg Protein abgebaut werden. Im weiteren Verlauf der Laktation werden diese Nährstoffe wieder aufgefüllt (CHILLIARD und ROBELIN 1983, CHILLIARD 1989, BELL 1995, McNAMARA 1997, KOMARAGIRI et al. 1998, CHILLIARD 1999). BOTTS et al. (1979) führen an, dass rund 25 % des gesamten Körperproteins einer laktierenden Kuh in Form der sogenannten „labile protein reserve“ (mobilisierbare Proteinreserve) vorliegt. Um eine übermäßige Reservenbildung ante partum zu vermeiden, wird eine Energieversorgung während der Hochträchtigkeit in dem Ausmaß angestrebt, um das Wachstum von Kalbinnen und natürlich die Entwicklung des Fötus und Eutergewebes zu ermöglichen sowie den maternalen Erhaltungsbedarf zu decken (VAN SAUN und SNIFFEN 1996).

3.1 Unterversorgung vor dem Abkalben und peripartale Lebendmasse

Zweifelsohne stellt die Energieunterversorgung vor der Abkalbung – die letzten Tage vor der Abkalbung ausgenommen – in unseren Breiten nur unter spezifischen Managementbedingungen ein Problem dar. In Australien und Neuseeland wird die Synchronisation des Vegetations- und Laktationsbeginns angestrebt, um den Zeitpunkt höchster Nährstofflieferung aus dem Grundfutter und maximalen Nährstoffbedarfs der Milchkühe aufeinander abzustimmen. Es wird dabei außer Acht gelassen, dass die Kuh in der Hochträchtigkeit Rationen mit hoher Nährstoffkonzentration benötigt, bedingt durch die eingeschränkte Futteraufnahmekapazität bei steigendem Energie- und Proteinbedarf (QUIGLEY und DREWRY 1998, GfE 2001, NRC 2001). In der Regel tritt die Unterernährung unter australischen Bedingungen im Zeitraum von 2 bis 3 Monaten vor dem Abkalben auf. Erste Versuche zu diesem Problem führte FLUX (1950) durch, indem er Jersey Kalbinnen (270 kg LM) 10 Wochen vor dem Abkalben unter- bzw. bedarfsgerecht versorgte (Tabelle 3). Während der Laktation wurden alle Jungkühe auf gleichem Niveau gefüttert. Während die normversorgte Kontrollgruppe in der Trächtigkeit erwartungsgemäß Körperreserven bildete, bewirkte das restriktive Nährstoffangebot einen gering ausgeprägten Abbau von Körpermasse vor der Abkalbung. Berücksichtigt man jedoch, dass sich das Gewicht von Fötus und Uterus im letzten Trächtigkeitsdrittel verdoppelt (BELL et al. 1995) und auch das Eutergewebe durch Vergrößerung auf die kommende Laktation vorbereitet wird, kann der Verlust an maternalen Körperreserven mit rund 30 kg beziffert werden. Zu Laktationsbeginn setzte sich die Mobilisation in beiden Gruppen fort, dennoch war sie in der ante partum bedarfsgerecht versorgten Kontrollgruppe ausgeprägter. Die höhere Milchleistung der Kontrollgruppe (Tabelle 7) erklärt, dass am 270. Laktationstag kein Unterschied in der Lebendmasse zwischen den Gruppen mehr festgestellt werden konnte. DAVENPORT und RAKES (1969) variierten die präpartale Energieversorgung und erreichten damit signifikant unterschiedliche Lebendmassen zum Zeitpunkt der Abkalbung (Tabelle 3). Mit einsetzender Laktation setzte sich der Trend der Lebendmasseveränderung in entgegengesetzter Richtung fort. Präpartal unterversorgte Kühe bauten verglichen mit bedarfsgerechter Fütterung und Überversorgung am wenigsten Körpermasse ab. Als Konsequenz der verminderten Mobilisation erreichten sie nach 16 Laktationswochen ihre Lebendmasse zum Zeitpunkt der Abkalbung. Im Gegensatz dazu mobilisierten die präpartal überversorgten Kühe ihre Körperreserven über einen bedeutend längeren Zeitraum. Welches Ausmaß an Körpermasse zu Laktationsbeginn mobilisiert wird, hängt nach den Autoren maßgeblich von der Futteraufnahme post partum und von der Menge an mobilisierbarem Gewebe (Fett und Protein) ab. Die Korrelation zwischen Futteraufnahme und der Lebendmasseveränderung post partum quantifizieren DAVENPORT und RAKES (1969) mit 0,50. Die in der Hochträchtigkeit im Fettgewebe gespeicherten Nährstoffe werden zu Laktationsbeginn über die β -Oxidation der Energiebereitstellung zugeführt. Ante partum unterversorgte Kühe bilden während der Trächtigkeit kaum Reserven, sodass ihr Mobilisationspotenzial mit einsetzender Laktation überaus gering und der Abbau an Körpermasse deshalb nur mäßig ist. Auch LODGE et al. (1975) sowie TREACHER et al. (1986) stellten in ihren Untersuchungen fest, dass ante partum restriktiv versorgte Kühe mit einsetzender Laktation weniger Körperreserven mobilisieren als überversorgte (Tabelle 3). Auch ROBERTS et al. (1978) stellten fest, dass eine präpartale Unterversorgung zur frühzeitigen Mobilisation von Körpermasse führt, um den Fötus ausreichend mit Nährstoffen zu versorgen. Die unterschiedliche Energieversorgung ante partum wirkte sich in keiner Weise auf die Geburtsgewichte der Kälber aus. Zahlreiche Untersuchungen untermauern die Feststellung, dass die Energieversorgung vor dem Abkalben

Tabelle 3: Effekt der Unterversorgung ante partum auf die peripartale Lebendmasseveränderung

Table 3: Effect of prepartum undernutrition on periparturient liveweight change

		Energieversorgung a. p.			Lebendmasseveränderung (kg) peripartal					Autor(en)
n	Gruppenbezeichnung	KF (kg/d)	Grundfutter	Dauer a. p. (Wo)	ante partum	Gewicht bei d. Abkalbung	post partum	Dauer p. p. (Wo)		
6 6	unterversorgt bedarfsgerecht	k. A.	Heu, GS u. Weide	10	-5,5 ¹⁾ +35,9 ¹⁾	k. A.	-2,8 ¹⁾ -6,4 ¹⁾	8	FLUX (1950)	
13 14 16	Energie niedrig mittel hoch	0,0 2,3 12,0	Heu u. Weide	8	k. A.	555 ^α 591 ^{αβ} 621 ^β	+52,6 ^α +6,8 ^β -34,2 ^γ	12	DAVENPORT & RAKES (1969)	
9 9	unterversorgt bedarfsgerecht	k. A.	Heu	6	-45 ^a -12 ^b	k. A.	+1 ^A -62 ^B	16	LODGE et al. (1975)	
9 9	unterversorgt übersorgt	k. A.	Heu	32	k. A.	590 ^α 635 ^β	-27 ^a -48 ^b	8	TREACHER et al. (1986)	
15 15	unterversorgt bedarfsgerecht	0,0 2,7	MS u. GS	12	k. A.	599 ^α 651 ^β	-37,0 -65,0	14	HOLTER et al. (1990)	
51	Körperkondition zur Abkalbung mager fett	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	0,0 -45,5	8	CHILLIARD (1992) ²⁾	

¹⁾ keine Angabe zum Signifikanzniveau

²⁾ keine Angabe zum Signifikanzniveau und zur Gruppengröße

keinen Einfluss auf das Geburtsgewicht des Kalbes hat (SCHMIDT und SCHULTZ 1959, LODGE et al. 1975, NOCEK et al. 1986, KEADY et al. 2001, DEWHURST et al. 2002, FISCHER et al. 2002). Die Versuche von HOLTER et al. (1990) bestätigen die oben angeführten Ergebnisse, dass in der Hochträchtigkeit unterversorgte Kühe ihre Körperreserven in der darauffolgenden Laktation in geringerem Ausmaß mobilisieren. Trotz ihres nur geringen Lebendmasseverlustes zu Laktationsbeginn konnten die ante partum unterversorgten Kühe ihr Gewicht zum Zeitpunkt der Abkalbung bis Laktationsende nicht erreichen. Die Autoren führen als Grund an, dass die Nährstoffversorgung für die Milchsekretion eine höhere Priorität in der intermediären Nährstoffaufteilung aufweist als die Bildung von Körperreserven. Schon HAMMOND (1944) und auch DEWHURST et al. (2000) stellten fest, dass die Nährstoffaufteilung für die einzelnen Stoffwechselprozesse gemäß einer intermediären Prioritätensetzung erfolgt. Den engen, positiven Zusammenhang zwischen Energieversorgung in der Hochträchtigkeit und Mobilisierung von Körpermasse in der darauffolgenden Laktation bestätigen auch die Ergebnisse von CHILLIARD (1992) (Tabelle 3).

3.2 Überversorgung vor dem Abkalben und peripartale Lebendmasse

Gegen Ende der Laktation nimmt der Nährstoffbedarf bis zum Trockenstellen infolge sinkender Milchleistung kontinuierlich ab (GfE 2001, NRC 2001). Die physikalischen und physiologischen Regulationsmechanismen der Futtermittelaufnahme können kurzzeitig die

bedarfsüberschreitende Aufnahme an Nährstoffen nicht ausreichend verhindern, sodass diese vorwiegend in Form von Fettgewebe gespeichert werden (DAVENPORT und RAKES 1969, FRONK et al. 1980, BOISCLAIR et al. 1986). In der Vergangenheit vertraten zahlreiche Wissenschaftler die Meinung, dass die ausgeprägte Reservenbildung vor dem Abkalben die Bildung von Eutergewebe (Drüsenparenchym) fördere und die gebildeten Fettdepots als zusätzliche Energiequelle für die Milchbildung herangezogen werden könnten. Dieses Vorgehen wurde als „steaming up“ bezeichnet, wobei den Kühen vor dem Abkalben bereits 75 % der angestrebten Kraftfuttermenge der kommenden Laktation verabreicht wurde (GREENHALGH und GARDNER 1958). Dieser Theorie folgend, untersuchten GREENHALGH und GARDNER (1958) die Auswirkungen erhöhter Energieversorgung vor der Abkalbung auf die Lebendmasseveränderung bei Kühen und Kalbinnen im peripartalen Zeitraum. In der Laktation erfolgte die Kraftfutterzuteilung leistungsgerecht. Erwartungsgemäß resultierte das vermehrte Nährstoffangebot vor der Abkalbung in umfangreicher Reservenbildung und dementsprechendem Gewichtszuwachs (Tabelle 4). Zu Laktationsbeginn mobilisierten die in der Trockenstehzeit übertersorgten Tiere deutlich mehr an Körpermasse als die bedarfsgerecht gefütterten, und zwar Kühe mehr als Kalbinnen. SCHMIDT und SCHULTZ (1959) fütterten Kühe zwei Monate lang vor der Abkalbung auf 3 verschiedenen Energieniveaus. Auch sie bestätigten den engen, positiven Zusammenhang zwischen präpartaler Energieversorgung und Lebendmassezunahme, der in entsprechend unterschiedlichen Gewichten zum Zeitpunkt der Abkalbung zum Ausdruck kommt. In den ersten 12 Wochen der Laktation nahmen alle Kühe an Körpermasse ab, die ante partum übertersorgten Kühe in signifikant höherem Ausmaß (Tabelle 4). SWANSON (1960) untersuchte den Einfluss der Energieversorgung während der zweiten Trächtigkeitshälfte auf die peripartale Lebendmasseveränderung bei Kalbinnen in einem sechsjährigen Versuch. Auch diese Untersuchung ergab, dass die Energieversorgung und damit die Reservenbildung vor der Abkalbung in positivem Zusammenhang zum Abbau dieser Körperreserven post partum steht. Der gleiche Trend hinsichtlich peripartaler Gewichtsentwicklung zeigt sich in der Untersuchung von SWANSON und HINTON (1962) (Tabelle 4). EMERY et al. (1969) kommen hingegen zu anderen Ergebnissen und Schlussfolgerungen als die bisher angeführten Autoren. Die erhöhte Energieversorgung ante partum äußerte sich wie erwartet in vermehrter Bildung von Körperreserven. Allerdings mobilisierten die in der Trockenstehzeit übertersorgten Kühe während der Laktation nicht stärker als die bedarfsgerecht versorgten (Tabelle 4). Die Autoren kommen zur Schlussfolgerung, dass die Kraftfutterfütterung ante partum aus ihrer Sicht weder Vor- noch Nachteile bringt. ROGERS et al. (1979) halten zusammenfassend fest, dass zur Geburt überkonditionierte Kühe ihr Ausgangsgewicht nach der Mobilisationsphase langsamer erreichen als optimal konditionierte. In den ersten 100 Laktationstagen lagen die täglichen Zunahmen bei ante partum verfetteten Kühen bei 0,28 kg, bei den ante partum bedarfsgerecht versorgten jedoch bei 0,43 kg. Die Autoren ergänzen, dass der Umfang der erneut eintretenden Retention von Interesse ist, da er Aufschluss über das Ausmaß und die Dauer der negativen Energiebilanz während der Laktation gibt. FRONK et al. (1980) bestätigen in ihrem Versuch, dass die Lebendmasseveränderung vor der Abkalbung positiv zur Energieversorgung in dieser Phase korreliert ist (Tabelle 4). GARNSWORTHY und TOPPS (1982) kommen aus ihrer Untersuchung zur Schlussfolgerung, dass präpartal verfettete Kühe ausgeprägter und länger Körpermasse mobilisieren als zur Abkalbung mäßig konditionierte. KUNZ et al. (1985) dokumentieren in Übereinstimmung mit bereits genannten Untersuchungen den positiven Zusammenhang zwischen Energieversorgung ante partum und Lebendmasseabnahme nach der Abkalbung. Ihren Ergebnissen zufolge ist die Milchleistung

Tabelle 4: Effekt der Überversorgung ante partum auf die peripartale Lebendmasseveränderung

Table 4: Effect of prepartum overfeeding on periparturient liveweight change

		Energieversorgung ante partum		Lebendmasseveränderung (kg) peripartal					Autor(en)		
n	Gruppenbezeichnung	KF (kg/d, % d. IT)	Grundfutter	Dauer a. p. (Wo)	ante partum	Gewicht bei Abkalbung	post partum	Dauer p. p. (Wo)			
Kühe bzw. Kühe und Kalbinnen											
9 9	bedarfsgerecht überversorgt	0,0 kg ≤ 5,5 kg	MS u. Heu	6	+19,5 ^α +30,8 ^β	k. A.	-11,0 -20,0	12	GREENHALGH & GARDNER (1958) Kühe		
21 21 21	Energie niedrig mittel hoch	0,0 kg 2,7 kg 6,8 kg	MS u. Heu	8	+18,6 ^α +27,3 ^α +44,5 ^β	680,0 678,2 741,8	-23,6 ^α -32,7 ^α -65,5 ^β	12	SCHMIDT & SCHULTZ (1959)		
40 40	bedarfsgerecht überversorgt	0,0 kg 3,5 kg	Weide, MS u. GS	6	+10,5 ^α +23,2 ^β	k. A.	-9,1 ^α -15,5 ^β	6	SWANSON & HINTON (1962) Experiment 1		
25 25	bedarfsgerecht überversorgt	0,0 kg ad lib.	Heu	3	+1,0 +11,0	675 695	-23 -27	6	EMERY et al. (1969)		
10 10	bedarfsgerecht überversorgt	0,0 kg 6,8 kg	Heu, MS	8	+38,5 ^α +77,1 ^β	517,5 775,1	k. A.	9	FRONK et al. (1980) trial 1		
11 11 11	Bedarfsdeckung (%)	102 131 162	0,0 % 0,0 % 48,1 %	Heu u. MS	8	+48,2 ^α +64,6 ^β +91,5 ^γ	690,3 ^α 707,0 ^β 733,9 ^γ	k. A.	12	BOISCLAIR et al. (1986) trial 1	
12 12		Körperkondition zur Abkalbung	dünn fett	k. A.	Heu u. Weide	12 - 18	k. A.	570 ^α 605 ^β	-19,2 -40,8	11	GARNS-WORTHY & HUGGET (1992)
26 26		Körperkondition zur Abkalbung	dünn fett	k. A.	Heu u. Weide	12	k. A.	523 ^A 602 ^B	+11,6 ^α -32,7 ^β	16	GARNS-WORTHY & JONES (1993)
9 10	bedarfsgerecht überversorgt	k. A.	MS	8	+17 +70	759 ^α 822 ^β	-13 -37	8	KIRCH-GESSNER et al. (1995),		
17 15	bedarfsgerecht überversorgt	k. A.	MS	8	+30 +61	745 759	-19 -59	8	SCHWARZ et al. (1995) Exp.1 und 2		
16 15	bedarfsgerecht überversorgt	0,0 kg 7,7 kg	GS, MS u. Stroh	8	+18 ^A +80 ^B	k. A.	+8,3 ^A -36,7 ^B	5	RUKKWAM-SUK et al. (1999a)		
40 40	Energie niedrig Energie hoch	38 % ³⁾ 55 %	GS u. MS	3	0,96 ^{a,4)} 1,74 ^{b,4)}	k. A.	-13 -22	10	VANDEHAAR et al. (1999)		
14 12 14	Energie niedrig mittel hoch	0,0 kg 0,0 kg 0,5 kg	GS u. Stroh	5	-3,6 ^a +10,4 ^b +21,2 ^c	641 ⁵⁾ 669 ⁵⁾ 682 ⁵⁾	+21 +11 -2	12	DEWHURST et al. (2000)		
21 21	Energie niedrig Energie hoch	2 kg 7 kg	GS u. Stroh	8	+17 +17	k. A.	+45,5 +25,5	18	DEWHURST et al. (2002)		

Energieversorgung ante partum				Lebendmasseveränderung (kg) peripartal					Autor(en)
n	Gruppen- bezeichnung	KF (kg/d bzw. % d. IT)	Grund- futter	Dauer a. p. (Wo)	ante partum	Gewicht bei Ab- kalbung	post partum	Dauer p. p. (Wo)	
14 14	GS und Stroh GS	k. A.	GS u. Stroh	5	+0,8 ^α +12,8 ^β	k. A.	+20 -9	9	MOORBY et al. (2002)
28 28	bedarfsgerecht übersorgt	0,0 kg 3,0 kg	GS u. Stroh	9	+0,05 ⁴⁾ +0,44 ⁴⁾	608 642	-0,36 ⁴⁾ -0,43 ⁴⁾	8	RYAN et al. (2003)
30 30	Energie niedrig Energie hoch	22,8 % 48,0 %	GS, MS Stroh	4	+38,5 +46,1	718 718	-36,5 -38,0	10	RABELO et al. (2003)
6 6 6	Stroh und GS GS GS und KF	0 kg 0 kg 3 kg	GS u. Stroh	4	+6,2 +2,8 +15,1	597 ^α 620 ^{αβ} 635 ^β	+10,1 +5,6 -32,5	8	McNAMARA et al. (2003)
Kalbinnen									
9 9	bedarfsgerecht übersorgt	0,0 kg 4,1 kg	MS u. Heu	6	+19,4 ^a +36,5 ^b	k. A.	+0,9 -7,8	12	GREENHALGH & GARDNER (1958) Kalbinnen
7 7	bedarfsgerecht übersorgt	0,0 kg ad lib.	Heu, GS Weide	75 ¹⁾	+123 ²⁾ +203 ²⁾	330,5 438,2	+144 -8,2	36	SWANSON (1960)
49 49	bedarfsgerecht übersorgt	0,0 kg ad lib.	Heu	3	+1 +8	528 555	+8 -2	6	EMERY et al. (1969)
8 6	bedarfsgerecht übersorgt	k. A.	MS	8	+71 +56	646 ^α 676 ^β	-14 -37	8	KIRCH- GESSNER et al. (1995), SCHWARZ et al. (1995) Experiment 3
34 31	Energie niedrig Energie hoch	2,7 kg 6,2 kg	Heu u. GS	3	k. A.	526 531	+16 ^α +4 ^β	12	OLSSON et al. (1998)

¹⁾ zweite Aufzuchthälfte

²⁾ Zuwachs vom 11. bis 24. Monat

³⁾ 30 % Baumwollsamenschalen in der Ration

⁴⁾ Lebendmasseveränderung pro Tag

⁵⁾ p < 0,10

und damit der Nährstoffbedarf von Kühen, die in der Trockenstehzeit unterversorgt waren, geringer. Folglich müssen sie in geringerem Ausmaß Körperreserven mobilisieren, um ihre Energiebilanz auszugleichen. In den Versuchen von BOISCLAIR et al. (1986) wurden Kühe in der Trockenstehzeit im Vergleich zu einer normversorgten Kontrollgruppe zu 30 bzw. 60 % energetisch übersorgt. Dies führte zu signifikant höheren Gewichtszunahmen in der Trockenstehphase und höheren Lebendmassen zum Zeitpunkt der Abkalbung (Tabelle 4). Die Lebendmasseveränderung nach der Abkalbung beurteilen die Autoren als schwer interpretierbar, da gleichzeitig mit der Einschmelzung des Depotfettes im Gewebe Wasser eingelagert wird. Außerdem ändert sich die Füllung des Verdauungstraktes zu Laktationsbeginn in Folge der zunehmenden Futteraufnahmekapazität stark (BOISCLAIR et al. 1986, KEADY et al. 2001). Auch GARNSWORTHY und HUGGET (1992) sowie

GARNSWORTHY und JONES (1993) variierten die Energieversorgung in der Trockenstehzeit und erzielten dadurch Kühe mit magerer und fetter Körperkondition sowie mit signifikant unterschiedlicher Lebendmasse. Nach der Abkalbung nahmen die fetten Kühe in stärkerem Umfang ab als die mageren (Tabelle 4). KIRCHGESSNER et al. (1995) fütterten in 3 Experimenten Kühe und Kalbinnen 8 Wochen vor dem Abkalben vorwiegend mit Maissilage, die ihnen entweder restriktiv oder ad libitum angeboten wurde. Die überversorgten Kühe reagierten im Vergleich zu den überversorgten Kalbinnen mit einem stärkeren Gewichtszuwachs (Tabelle 4). KIRCHGESSNER et al. (1995) und SCHWARZ et al. (1995) führen diesen Umstand auf das unbeabsichtigt zu hohe Energieangebot der ante partum bedarfsgerecht versorgten Kalbinnen zurück. In den ersten 8 Wochen der darauffolgenden Laktation bauten die in der Trockenstehzeit überversorgten Tiere tendenziell (jedoch nicht signifikant) mehr Körpermasse ab. In einem Versuch mit Kalbinnen stellten OLSSON et al. (1998) keinen Einfluss der präpartalen Energieversorgung auf die Körpermasse zum Zeitpunkt der Abkalbung fest. Allerdings zeigten die vor der Abkalbung restriktiv versorgten Tiere in den ersten 3 Laktationsmonaten einen signifikant höheren Zuwachs an Körpermasse als überversorgte (Tabelle 4). Die Autoren vertreten die Meinung, dass die Versorgung von Kalbinnen vor ihrer ersten Abkalbung intensiv genug sein sollte, um ihre Entwicklung nicht negativ zu beeinflussen. Gleichzeitig muss aber die Verfettung der Tiere verhindert werden. RUKKWAMSUK et al. (1999a) belegen, dass präpartale Überversorgung zu ausgeprägter Retention vor der Abkalbung und massiver Mobilisation von Körperreserven nach der Abkalbung führt (Tabelle 4). VANDEHAAR et al. (1999) sowie DEWHURST et al. (2000) bestätigen den positiven Zusammenhang zwischen Energieversorgung und Lebendmassezunahme vor der Abkalbung. Im Trend, statistisch allerdings nicht signifikant, nahmen die überversorgten Tiere zu Laktationsbeginn in größerem Umfang an Körpermasse ab als bedarfsgerecht versorgte (Tabelle 4). KEADY et al. (2001) weisen ebenso auf den positiven Zusammenhang zwischen präpartaler Energieversorgung und Bildung von Körperreserven hin, messen jedoch der Lebendmasseveränderung in den ersten Laktationswochen – als Gradmesser der stattfindenden Mobilisierung – keine Bedeutung zu. Dafür sei die Beurteilung der Körperkondition (BCS) die geeignetere Methode. Auch HOLCOMB et al. (2001) bestätigen den positiven Zusammenhang zwischen präpartaler Energieversorgung und Lebendmassezunahme. Darüber hinaus quantifizieren sie den Zeitraum der Mobilisation mit lediglich 20 Tagen. Demgegenüber sind aus den Untersuchungen von DEWHURST et al. (2002) sowie RABELO et al. (2003) keine gesicherten Effekte der präpartalen Energieversorgung auf die peripartale Lebendmasseveränderung zu erkennen (Tabelle 4). MOORBY et al. (2002) sowie RYAN et al. (2003) bestätigen in Übereinstimmung mit einer Vielzahl von Untersuchungen den Gewichtszuwachs während der Hochträchtigkeit bei intensiver Versorgung, stärkere Gewichtsabnahmen post partum der in der Trockenstehzeit intensiv gefütterten Tiere zeigen sich tendenziell, jedoch nicht signifikant (Tabelle 4). McNAMARA et al. (2003) schließen aus ihrer Untersuchung, dass auf Grund der exponentiell verlaufenden Fötusentwicklung gegen Ende der Trächtigkeit eine Lebendmassezunahme vor der Abkalbung im Ausmaß von etwa 0,6 kg pro Tag anzustreben sei und dass eine stärkere Retention ante partum die Mobilisation von Körperreserven zu Laktationsbeginn fördere (Tabelle 4).

Resümee: Um die Entwicklung des Fötus und den Aufbau des Eutergewebes während der letzten Wochen der Trächtigkeit sicherzustellen, mobilisieren unterversorgte Kühe Nährstoffe aus ihrem Körper. Dadurch stehen solchen Kühen zu Beginn der neuen Laktation mobilisierbare Körperreserven nicht oder nur in geringem Ausmaß zur Verfügung. Daher ist

bei Kühen mit restriktiver Versorgung in der Hochträchtigkeit immer eine geringere Mobilisation zu Beginn der Laktation festzustellen. Eine Überversorgung vor der Abkalbung führt zu starker Bildung von Körperreserven – das Geburtsgewicht des Kalbes bleibt unbeeinflusst. Zu Laktationsbeginn werden auf Grund der reduzierten Futtermittelaufnahme bei gleichzeitig hoher Milcheinsatzleistung große Mengen an Körperreserven abgebaut. Die Mobilisation von fetten Kühen ist umfangreicher und dauert länger an als bei Kühen, die präpartal bedarfsgerecht versorgt worden waren. Somit hängt das Ausmaß des Abbaues an Körpermasse zu Laktationsbeginn von der Menge an mobilisierbarem Gewebe (Fett und Protein) und der Nährstoffaufnahme post partum ab. Es besteht also ein gesicherter, positiver Zusammenhang zwischen Energieversorgung in der Hochträchtigkeit und dem Grad der Mobilisierung in der Laktation.

4 ENERGIEVERSORGUNG VOR DEM ABKALBEN UND VERÄNDERUNG DER KÖRPERKONDITION IM GEBURTSNAHEN ZEITRAUM

Die Bildung von Körperreserven zu Laktationsende und in der Trockenstehzeit ist aus zwei Blickwinkeln zu betrachten. Einerseits dient die Mobilisation dieser Reserven zu Laktationsbeginn als zusätzliche Energiequelle und somit zur Entschärfung des Energie-defizites als Folge unzureichender Futtermittelaufnahme in dieser kritischen Phase. Andererseits sind negative Auswirkungen starker Lebendmassezunahmen ante partum auf Gesundheit und Stoffwechselsituation der Milchkuh seit langem bekannt (EMERY et al. 1969, FRONK et al. 1980, GARNSWORTHY und TOPPS 1982). Wie im vorigen Abschnitt ausgeführt, eignet sich die Veränderung der Lebendmasse im peripartalen Zeitraum allerdings nur bedingt, um genaue Aussagen über das Ausmaß der Retention vor und der Mobilisation von Körpermasse nach der Abkalbung machen zu können (BOISCLAIR et al. 1986, KEADY et al. 2001). Neben dem Einfluss unterschiedlicher Füllung des Verdauungstraktes und der Einlagerung von Wasser in Folge der Fetteinschmelzung wird die tatsächliche Veränderung der Lebendmasse des Muttertieres außerdem durch die Entwicklung von Fötus und Euter überlagert. Um die tatsächliche und eigentliche Veränderung der Körpermasse festzustellen, sind diese Faktoren daher zu berücksichtigen (DAVENPORT und RAKES 1969, FRONK et al. 1980, BOISCLAIR et al. 1986, MARTIN und SAUVANT 2002). Ein subjektives, kostengünstiges und rasch durchführbares Instrument zur Ermittlung der Depotfettauflage stellt der Body Condition Score (BCS) dar (GARNSWORTHY und TOPPS 1982, CHILLIARD 1989, WALTNER et al. 1993, GILLUND et al. 2001). Die visuelle und taktile Bewertung der subkutanen Fettauflage erfolgt nach EDMONSON et al. (1989) an caudalen und dorsalen Körperregionen, anhand einer Skala von 1 (abgemagert) bis 5 (hochgradig verfettet). REMOND et al. (1988, zitiert nach CHILLIARD 1992) beschreibt, dass die positive Veränderung des BCS um 1 Note der Zunahme von 35 kg Lebendmasse – bei einem Fettanteil von 28 kg – entspricht. KOMARAGIRI et al. (1998) quantifizieren diesen Effekt mit 55 kg Körperfett. Die Arbeiten von FOX et al. (1999) zeigen, dass die Energielieferung bei der Abnahme von einer Stufe in der BCS-Skala sowohl von der Lebendmasse als auch von der Körperkondition (d. h. Verfettungsgrad) abhängt. Verringert z. B. eine Kuh mit 450 kg bzw. 700 kg LM ihren BCS von 3,0 auf 2,5 Punkte, werden damit 770 bzw. 1201 MJ NEL freigesetzt. Andererseits werden bei einer Kuh mit 650 kg LM durch die Verringerung des BCS von 2,0 auf 1,5 bzw. von 4,5 auf 4,0 eine Energiemenge von 912 bzw. 1418 MJ NEL

mobilisiert. CHILLIARD et al. (1998) halten fest, dass bei Unterernährung bis zu 80 % der Fett- und 15 – 20 % der Proteinreserven mobilisiert werden können. GARNSWORTHY und TOPPS (1982) geben die Korrelation zwischen BCS und der Fettauflage im Bereich der 10. – 13. Rippe mit 0,76 an. REID et al. (1986) allerdings stufen den BCS zur Ermittlung der Verfettung als ungenau ein. Auch GARNSWORTHY und TOPPS (1982) schlagen vor, die Rückenfettdicke direkt mittels aufwändigerer Ultraschallmethode zu messen.

4.1 Unterversorgung vor dem Abkalben und peripartale Körperkondition

In Tabelle 5 sind einige Arbeiten angeführt, in denen der Einfluss einer energetischen Unterversorgung in der Vorbereitungs fütterung auf den BCS und dessen Veränderung in der darauffolgenden Laktation untersucht worden sind. In allen Publikationen spiegelt sich der positive Zusammenhang zwischen Energieversorgung und BCS zum Zeitpunkt der Abkalbung wider (TREACHER et al. 1986, JONES und GARNSWORTHY 1989, HOLTER et al. 1990, CHILLIARD 1992, VANDEHAAR et al. 1999). In vielen Fällen sind die Unterschiede im BCS statistisch signifikant.

Ähnlich der Entwicklung der Lebendmasse zeigt sich, dass auch der BCS bei jenen Kühen nach der Abkalbung in geringerem Maße abnimmt, die in der Trockenstehphase unterversorgt worden waren (Tabelle 5). In der Untersuchung von TREACHER et al. (1986) betrug der BCS-Verlust in der Früh-laktation von unterversorgten Kühen 0,52 Punkte, von überversorgten dagegen 1,20 Punkte. Ähnliche Ergebnisse stellten auch JONES und GARNSWORTHY (1989), HOLTER et al. (1990) sowie CHILLIARD (1992) fest. Nur in den Versuchen von VANDEHAAR et al. (1999) zeigten sich kaum Unterschiede in der BCS-Abnahme nach der Abkalbung (-0,42 versus -0,55).

Tabelle 5: Effekt der Unterversorgung ante partum auf die peripartale Körperkonditions-änderung

Table 5: Effect of prepartum undernutrition on periparturient change of body condition

		Energieversorgung ante partum			Körperkonditionsveränderung peripartal				Autor(en)
n	Gruppenbezeichnung	KF (kg/d, % d. IT)	Grundfutter	Dauer a. p. (Wo)	ante partum	BCS bei Abkalbung	post partum	Dauer p. p. (Wo)	
9 9	unterversorgt überversorgt	k. A.	Heu	32	k. A.	2,82 ^a 3,93 ^b	-0,52 ^a -1,20 ^b	8	TREACHER et al. (1986)
12 12	Körperkondition zur Abkalbung dünn fett	k. A.	Weide u. Heu	12	k. A.	1,98 ^a 3,23 ^b	-0,10 ^α -0,63 ^β	20	JONES & GARNSWORTHY (1989)
15 15	unterversorgt bedarfsgerecht	0,0 kg 2,7 kg	MS u. GS	12	k. A.	5,8 ^{α, 1)} 7,2 ^{β, 1)}	-0,7 ¹⁾ -2,0 ¹⁾	14	HOLTER et al. (1990)
51	Körperkondition zur Abkalbung mager fett	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	1,50 3,55	+0,35 -0,40	8	CHILLIARD (1992) ²⁾
40 40	Energie niedrig Energie hoch	38 % ³⁾ 55 %	GS u. MS	3	-0,16 ^α +0,15 ^β	3,05 3,52	-0,42 -0,55	10	VANDEHAAR et al. (1999)

¹⁾ Skala 1 bis 9 (Oklahoma nine-point system)

²⁾ keine Angabe zum Signifikanzniveau und zur Gruppengröße

³⁾ 30 % Baumwollsamenschalen in der Ration

4.2 Überversorgung vor dem Abkalben und peripartale Körperkondition

Eine Überversorgung während der Trockenstehzeit führte im Versuch von SCHMIDT und SCHULTZ (1959) zu einer signifikant erhöhten Körperkondition bei der Abkalbung (Tabelle 6). Zu Beginn der Laktation war in allen Versuchsgruppen eine Mobilisation zu verzeichnen, und zwar bei den während der Trockenstehzeit hoch versorgten Kühen eine signifikant stärkere, mit dem Ergebnis, dass sich nach 12 Laktationswochen – unabhängig vom präpartalen Ernährungsniveau – für alle Tiere ein BCS von 3,0 einstellte. Für ante partum intensiv versorgte Kühe bedeutete dies eine peripartale Körperkonditionsänderung von 1 BCS-Punkt. DRACKLEY (2002) beschreibt in diesem Zusammenhang, dass sich Kühe, die zum Zeitpunkt der Abkalbung deutlich unter bzw. über ihrer physiologischen Körperkondition liegen, nach 4 – 8 Laktationswochen dieser physiologischen Körperkondition annähern. Auch GARNSWORTHY und TOPPS (1982) beobachteten in Übereinstimmung mit früheren Arbeiten, dass sich die Änderung der Körperkondition im peripartalen Zeitraum entgegengesetzt zur Intensität der Vorbereitungsfütterung verhält. Weiters belegen sie, dass nach 16 Laktationswochen alle Kühe – unabhängig von ihrer Kondition bei der Abkalbung – eine Körperkondition von etwa 2,5 BCS-Punkten erreichten. Die Autoren halten auf Grund dieser Ergebnisse fest, dass die physiologische Regulation der Futteraufnahme einem massiven Ansatz von Körperreserven in der Hochträchtigkeit nicht entgegenwirkt. Zu Laktationsbeginn reduziert ein tiefgreifender Abbau der Körperreserven die Menge an Depotfett auf ein physiologisch erforderliches Maß. Auch REID et al. (1986) variierten das Nährstoffangebot in der Trächtigkeit und erreichten dadurch eine entsprechend unterschiedliche Körperkondition bei der Abkalbung. In den ersten 10 Laktationswochen mobilisierten präpartal intensiv versorgte Kühe deutlich mehr Körpermasse als restriktiv versorgte. Zusätzlich zur Fettmobilisation wiesen diese Kühe auch einen ausgeprägten Abbau des Körperproteins auf. Im Gegensatz zu BOISCLAIR et al. (1986) schätzen NOCEK et al. (1986) auf der Grundlage ihrer Versuchsergebnisse den Einfluss der Energieversorgung vor der Abkalbung auf die peripartale Änderung der Körperkondition als nicht wesentlich ein. Allerdings analysierten sie lediglich die ersten 3 Laktationswochen. GARNSWORTHY und JONES (1987) halten fest, dass die erhöhte Energieaufnahme vor der Abkalbung zu vermehrter Bildung von Körperreserven führt, diese aber mit eintretender Laktation intensiv abgebaut werden. Die Autoren führen diesen Umstand darauf zurück, dass die Mobilisation die Regulation der Futteraufnahme post partum wesentlich beeinflusst. Untermauert werden diese Aussagen durch die Ergebnisse von GARNSWORTHY und HUGGET (1992) sowie GARNSWORTHY und JONES (1993), die ebenfalls belegen, dass zur Abkalbung verfettete Kühe zu Laktationsbeginn mehr Körpermasse abbauen als bedarfsgerecht versorgte (Tabelle 6). PEDRON et al. (1993) erhoben in einer breit angelegten Feldstudie den Körperkonditionsverlust während der gesamten Laktation in Abhängigkeit vom BCS bei der Abkalbung. Es zeigte sich, dass nach der Abkalbung alle Kühe Körperreserven zur Energiebedarfsdeckung heranziehen. Allerdings war die Mobilisation bei verfetteten Kühen stärker ausgeprägt (Tabelle 6). Die Autoren beziffern die Energielieferung aus der Mobilisation bei Kühen mit einem BCS zur Abkalbung von 4,0 mit 1210 MJ NEL und bei Kühen mit einem BCS von 3,0

mit 691 MJ NEL. Zu ähnlichen Resultaten kommen auch RUEGG und MILTON (1995) auf der Grundlage einer Feldstudie mit 428 Kühen (Tabelle 6).

Tabelle 6: Effekt der Überversorgung ante partum auf die peripartale Körperkonditionsänderung

Table 6: Effect of prepartum overfeeding on periparturient change of body condition

			Energieversorgung ante partum			Körperkonditionsveränderung peripartal				Autor(en)
n	Gruppenbezeichnung		KF (kg/d, % d. IT)	Grundfutter	Dauer (Wo) a. p.	ante partum	BCS bei Abkalbung	post partum	Dauer (Wo) p. p.	
21 21 21	Energie	niedrig mittel hoch	0,0 kg 2,7 kg 6,8 kg	MS u. Heu	8	-0,05 ^α -0,02 ^α +0,14 ^β	3,17 ^α 3,21 ^α 3,71 ^β	-0,28 ^α -0,35 ^α -0,70 ^β	12	SCHMIDT & SCHULTZ (1959)
12 12	Körperkondition zur Abkalbung	dünn fett	k. A.	Heu u. Weide	12 - 18	k. A.	2,30 ^a 3,20 ^b	-0,04 ^α -0,64 ^β	11	GARNSWORTHY & HUGGET (1992)
26 26	Körperkondition zur Abkalbung	dünn fett	k. A.	Heu u. Weide	12	k. A.	2,00 ^a 3,55 ^b	+0,34 ^a -1,04 ^b	16	GARNSWORTHY & JONES (1993)
43 124 42	Felderhebung: Variation BCS bei Abkalbung		k. A.	Totale Mischration	2	k. A.	3,00 3,50 4,00	-0,60 -0,80 -1,05	44	PEDRON et al. (1993) ¹⁾
30 108 213 77	Felderhebung: Variation BCS bei Abkalbung		k. A.	Weide u. GS	k. A.	k. A.	<3,00 3,00-3,25 3,50-3,75 ≥4,00	-0,49 ^α -0,81 ^β -1,00 ^γ -1,23 ^δ	7 - 12	RUEGG & MILTON (1995)
94 94	3 Wo trocken 6 Wo trocken		42,0 bis 54,5 %	Heu, MS u. GS	3 6	+0,08 ²⁾ +0,14 ²⁾	k. A.	-1,30 -1,21	6	MASHEK & BEEDE (2001)
14 14	GS u. Stroh GS		k. A.	GS u. Stroh	5	+0,02 ³⁾ +0,10 ³⁾	k. A.	-0,02 ³⁾ -0,02 ³⁾	9	MOORBY et al. (2002)
28 28	bedarfsgerecht überversorgt		0,0 kg 3,0 kg	GS u. Stroh	9	+0,0 ^α +0,37 ^β	2,73 ^α 3,00 ^β	-0,14 -0,19	8	RYAN et al. (2003)
30 30	Energie niedrig Energie hoch		22,8 % 48,0 %	GS, MS u. Stroh	4	-0,17 ^α -0,04 ^β	3,50 ⁴⁾ 3,60 ⁴⁾	-0,68 -0,61	10	RABELO et al. (2003)
8 8 8	Energie	niedrig mittel hoch	k. A.	GS u. Heu	10	-0,84 ^α 0,00 ^{αβ} +0,54 ^β	2,66 ^α 3,65 ^β 4,24 ^γ	+0,14 ^α -0,39 ^α -0,65 ^β +0,07 ^α +0,26 ^α -0,24 ^β	1-6 7-12	AGENÄS et al. (2003)
6 6 6	Stroh und GS GS GS und KF		0 kg 0 kg 3 kg	GS u. Stroh	4	-0,09 ^α +0,01 ^{αβ} +0,12 ^β	2,62 ^α 2,76 ^{αβ} 2,87 ^β	+0,02 ^α +0,06 ^α -0,26 ^β	8	McNAMARA et al. (2003)

¹⁾ keine Angabe zum Signifikanzniveau

²⁾ p = 0,14

³⁾ BCS tail (Schwanz)

⁴⁾ p = 0,07

MÄNTYSAARI (1996) stellte fest, dass auch bei Kalbinnen eine intensive Fütterung in der Hochträchtigkeit zu einer verstärkten Mobilisation von Körperreserven zu Laktationsbeginn führt. Die Korrelation zwischen Körperkondition bei der Abkalbung und der postpartalen Mobilisation betrug 0,48. DEWHURST et al. (2000) variierten die Intensität der Vorbereitungs fütterung durch verschiedene Mengen an Grassilage, Stroh sowie Kraftfutter und erreichten dadurch unterschiedliche Körperkonditionen bei der Abkalbung. Die intensivere Versorgung ante partum führte zu stärkerem und länger anhaltendem Abbau von Körpermasse. Die Veränderung der Körperkondition vor und nach der Abkalbung verhielt sich gegenläufig und nach etwa 150 Laktationstagen wiesen alle Kühe – unabhängig von der Energieversorgung ante partum – einen BCS von 2,5 auf. MASHEK und BEEDE (2001) untersuchten den Einfluss einer unterschiedlichen Dauer der Trockenstehzeit (3 bzw. 6 Wochen) auf einem hohen Energieniveau. Wie zu erwarten, erhöhte die längere Trockenstehzeit den BCS bis zur Abkalbung. Auf die Veränderung des BCS während der Früh laktation wirkte sich die Trockenstehdauer nicht aus. (Tabelle 6). Dagegen zeigen die Versuche von GULAY et al. (2003), dass die Dauer der Trockenstehzeit keinen wesentlichen Einfluss auf die Änderung der Körperkondition vor der Abkalbung ausübt. Während der Laktation mobilisierten die Kühe mit längerer Trockenstehzeit intensiver und über einen längeren Zeitraum. Diese Kühe wiesen eine geringere Futteraufnahme auf. Auch MOORBY et al. (2002) und auch RYAN et al. (2003) stellten fest, dass eine intensive Energieversorgung in der Hochträchtigkeit die Körperkondition in dieser Phase erhöht. Im Gegensatz zu vielen hier angeführten Ergebnissen wiesen die in der Hochträchtigkeit intensiv ernährten Kühe in der darauffolgenden Laktation allerdings keinen größeren Verlust an BCS auf (Tabelle 6). RYAN et al. (2003) kommen auf Grund ihrer Versuchsergebnisse zu der Schlussfolgerung, dass diejenige Körperkondition zum Zeitpunkt der Abkalbung optimal ist, die zu höchsten Milchleistungen führt und gleichzeitig ein möglichst geringes Maß an Körpermobilisation nach sich zieht. In den Versuchen von RABELO et al. (2003) zeigten die in der Hochträchtigkeit intensiv gefütterten Kühe – abweichend von den meisten Literaturdaten – zu Beginn der daran anschließenden Laktation keinen stärkeren Verlust an BCS. Es ist allerdings zu berücksichtigen, dass diese Tiere schon in der Hochträchtigkeit trotz eines Kraftfutteranteils von 48 % eine abnehmende Körperkondition aufwiesen (Tabelle 6). AGENÄS et al. (2003) fütterten Kühe 10 Wochen hindurch auf 3 unterschiedlichen Fütterungsniveaus, sodass in dieser Phase Änderungen der BCS im Ausmaß von -0.84, 0.00 bzw. +0.54 erreicht wurden. Wie in den meisten Fällen, entwickelte sich die Körperkondition nach der Abkalbung im umgekehrten Sinn, d. h. die Kühe mit starker Zunahme in der Trockenstehzeit mobilisierten in der darauffolgenden Laktation am deutlichsten, und zwar ganz besonders in der Phase unmittelbar nach der Abkalbung (Tabelle 6). Gleichlautende Ergebnisse erzielten McNAMARA et al. (2003), die eine unterschiedliche Vorbereitungs fütterung mit verschiedenen Anteilen Stroh bzw. Kraftfutter gestalteten.

Resümee: In der Frage der peripartalen Energieversorgung ist die Bildung von Depotfett vor und dessen Mobilisierung nach der Abkalbung von zentraler Bedeutung. Die Veränderung der Lebendmasse zur Beschreibung der Mobilisierung und Wiederauffüllung von Körperreserven ist aus schon angeführten Gründen nicht sehr aussagefähig (Bildung von Wasser bei der β -Oxidation, Veränderung der Füllung des Verdauungstraktes, Entwicklung von Fötus und Euter). Demgegenüber ist der Body Condition Score (BCS) ein bewährtes Instrument zur visuellen und taktilen Ermittlung der Depotfettauflage.

Eine Energieunterversorgung vor der Abkalbung führt zu umfangreicher Fettmobilisation in dieser Phase, mit der Konsequenz einer verringerten Körperkondition zum Zeitpunkt der Abkalbung. Zu Laktationsbeginn ist in diesem Fall von einer nur mäßigen Mobilisierung auszugehen, da mobilisierbares Fett nur in geringem Umfang vorhanden ist. Die Überversorgung vor der Abkalbung führt zu einer starken Verfettung. Zur Abkalbung stark verfettete Kühe (BCS > 4) verlieren post partum einen Großteil ihrer zuvor umfangreich gebildeten Reserven. Kühe, die zum Zeitpunkt der Abkalbung weit unter oder über ihrer physiologischen Körperkondition (Depotfettmenge) liegen, streben dieser im Verlauf der Laktation entgegen. Zahlreiche Untersuchungen weisen darauf hin, dass sich unabhängig vom präpartalen Versorgungsniveau nach mehreren Laktationswochen ein BCS von 2,5 bis 3,0 einstellt.

5 ENERGIEVERSORGUNG VOR DEM ABKALBEN UND MILCHLEISTUNG

Die effiziente Nährstoffverwertung während der Laktation sowie das optimale bzw. verträgliche Ausmaß der Mobilisierung von Körperreserven sind wesentliche Diskussionspunkte bei der Frage nach der optimalen Energieversorgung vor der Abkalbung. Dazu finden sich umfangreiche Daten in der Literatur.

5.1 Präpartale Unterversorgung und Milchleistung

Eine minimale Grundfutterwerbung verbunden mit reduziertem Kraftfuttereinsatz charakterisieren sogenannte „low-input“-Systeme zur Milcherzeugung, wie sie in Neuseeland, Australien und Südamerika praktiziert werden (SWALVE 1999, THOMET et al. 2002). Das Synchronisieren des Milchleistungsverlaufs mit der Vegetationsentwicklung (d. h. Abkalbung im Frühjahr) kann zu Unterernährung der hochträchtigen Kühe im Spätwinter führen.

FLUX (1950) erzielte bei Jersey-Kühen eine Unterversorgung in der Versuchsgruppe durch beschränkten Weidezugang und die Vorlage von 2,5 kg Heu (Tabelle 7). Die Kontrollgruppe wurde bedarfsgerecht versorgt. Die Fütterung während der nachfolgenden Laktation erfolgte in beiden Gruppen leistungsgerecht. Die präpartale Unterernährung resultierte in einer um 480 kg verminderten Laktationsleistung. Die Milchinhaltsstoffe Fett, Eiweiß und Laktose wurden nicht beeinflusst. FLUX (1950) führt zur Interpretation an, dass die in der Trockenstehzeit unterversorgten Kühe während der nachfolgenden Laktation einen Teil der aufgenommenen Nährstoffe nicht für die Milchsynthese sondern zum Aufbau von Körpermasse heranzogen. In den Untersuchungen von DAVENPORT und RAKES (1969) wurden die Kühe während der Trockenstehzeit unter ihrem Bedarf versorgt, indem Heu restriktiv vorgelegt und kein Kraftfutter verabreicht wurde. Während der daran anschließenden Laktation wurden alle Tiere leistungsgerecht gefüttert. Verglichen mit einer mittleren Versorgung in der Trockenphase (2,3 kg KF) zeigten sich keine signifikanten Unterschiede in der Milchleistung und den Milchinhaltsstoffen (in der Tendenz allerdings eine leichte Überlegenheit der unterversorgten Tiere, Tabelle 7). Eine dritte, während der Trockenstehzeit (8 Wochen) mit 12 kg KF deutlich überversorgte Versuchsgruppe reagierte im Trend mit einer Erhöhung der Milchleistung und des Milchfettgehaltes (nicht signifikant). YADAVA et al. (1974) untersuchten den Einfluss der präpartalen Energieversorgung auch in Abhängigkeit von der Rasse, nämlich Jersey und Holstein Friesian (Tabelle 7). Die Milchleistung der unter- und überversorgten Kühe war in

Tabelle 7: Effekt der Unterversorgung ante partum und Milchleistung

Table 7: Effect of prepartum undernutrition on milk yield

		Energieversorgung ante partum			Milchleistung					Autor(en)	
n	Gruppenbezeichnung	Dauer (Wo)	KF (kg/d)	Grundfutter	Milch (kg/d)	ECM (kg/d)	Fett (%)	Eiweiß (%)	Dauer (Wo)		
6 6	unterversorgt bedarfsgerecht	10	k. A.	Heu, GS u. Weide	5,2 6,9	5,8 7,8	4,95 5,05	3,63 3,67	40	FLUX (1950)	
13 14 16	Energie niedrig mittel hoch	8	0,0 2,3 12,0	Heu u. Weide	29,0 27,0 30,3	24,0 22,8 25,9	2,67 2,87 3,01	3,25 3,17 3,04	12	DAVENPORT & RAKES (1969)	
6 6 6	Energie niedrig mittel hoch	Jersey 16	k. A.	k. A.	14,1 ^a 17,2 ^b 14,0 ^a	13,9 17,6 13,7	3,84 4,41 3,86	3,55 3,08 3,43	13	YADAVA et al. (1974)	
15 15 15	Energie niedrig mittel hoch	Holstein 16	k. A.	k. A.	27,4 26,8 27,2	28,5 26,6 26,4	4,37 4,03 3,89	3,43 3,32 3,23	13	YADAVA et al. (1974)	
9 9	unterversorgt bedarfsgerecht	6	k. A.	Heu	27,7 27,2	24,9 25,4	3,21 ^α 3,57 ^β	3,39 ^α 3,23 ^β	16	LODGE et al. (1975)	
9 9	unterversorgt übersorgt	32	k. A.	Heu	30,9 ^α 26,5 ^β	31,7 28,2	4,60 4,91	2,78 2,83	6	TREACHER et al. (1986)	
15 15	unterversorgt bedarfsgerecht	12	0,0 2,7	MS u. GS	36,1 35,6	31,1 34,3	3,23 ^α 4,10 ^β	2,75 2,76	14	HOLTER et al. (1990)	
51	Körperkon- dition zur Abkalbung	mager fett	k. A.	k. A.	k. A.	27,5 29,7	26,8 29,8	3,94 4,22	3,17 3,13	8	CHILLIARD (1992) ¹⁾
24 24	Energie niedrig hoch	Mutter- kühe	8	k. A.	Weide	5,43 ^A 7,36 ^B	k. A.	k. A.	k. A.	35	MOLLE et al. (1997) Experiment 2

¹⁾ keine Angabe zum Signifikanzniveau und zur Gruppengröße

beiden Rassen geringer als die der Kühe mit mittlerer Intensität der Vorbereitungs fütterung, bei Jersey auf signifikantem Niveau (14,1, 17,2, 14,0 kg Milch) und bei Holstein im Trend (27,4, 26,8, 27,2 kg Milch). Die unterversorgten Kühe wiesen in der Tendenz einen höheren Gehalt an den Milch Inhaltsstoffen Fett und Protein auf, was bei der Interpretation der Milchleistung zusätzlich zu beachten ist (ECM bzw. Fett- und Proteinmenge). LODGE et al. (1975) untersuchten in ihrem Experiment die Hypothese der effizienteren Milchsynthese durch minimierte Energieaufnahme vor dem Abkalben. Trotz signifikanter Unterschiede in den Milch Inhaltsstoffen (geringerer Fett- und höherer Proteingehalt der präpartal unterversorgten Kühe) waren die Unterschiede in der Milch- und auch ECM-Leistung nur geringfügig (Tabelle 7). Den Grund für den niedrigeren Fett- und höheren Eiweißgehalt in der präpartal unterversorgten Gruppe sehen die Autoren in der erhöhten Kraftfutteraufnahme post partum (Tabelle 1). TREACHER et al. (1986) untersuchten den Effekt lang anhaltender Energieunterversorgung vor der Abkalbung (Tabelle 7). In den ersten 6 Wochen nach der Abkalbung hatten diese Kühe eine signifikant höhere Milchleistung. Auf Grund niedrigerer Milch Inhaltsstoffe zeigte sich bei der Milchleistung auf Basis ECM nur eine tendenzielle

Überlegenheit. Auch die geringe Leistungsüberlegenheit über die gesamte Laktation war statistisch nicht signifikant. Da die Dauer des Energiedefizits in beiden Gruppen gleich groß war, interpretieren TREACHER et al. (1986), dass zur Abkalbung verfettete Kühe auf die verringerte Nährstoffaufnahme post partum mit einer verringerten Milchleistung reagieren, um so das Ausmaß des Energiedefizits zu begrenzen. HOLTER et al. (1990) hingegen konnten keinen Einfluss der Energieversorgung ante partum auf die Milchleistung feststellen (Tabelle 7). Den höheren Milchfettgehalt der präpartal überversorgten Kühe sehen die Autoren als Folge des intensiveren Körperfettabbaus, was sie auch mit entsprechenden Stoffwechselanalysen dokumentieren. In den Untersuchungen von CHILLIARD (1992) zeigten zum Zeitpunkt der Abkalbung magere Kühe eine geringere Milchleistung als fette Kühe. MOLLE et al. (1997) untersuchten den Einfluss unterschiedlicher Vorbereitungs-fütterung bei Mutterkühen. Unterversorgte Tiere wiesen eine signifikant geringere Milchleistung auf (Tabelle 7).

5.2 Präpartale Überversorgung und Milchleistung

Wie bereits in Abschnitt 3 („Lebendmasse“) erwähnt, wurde schon vor Jahrzehnten eine intensive Trockensteher- und Vorbereitungs-fütterung favorisiert. Die Auswirkungen des Überangebots an Energie ante partum auf die Milchleistung war daher auch Gegenstand vieler Untersuchungen in den vergangenen Jahren. GREENHALGH und GARDNER (1958) untersuchten die Hypothese, dass hohe Kraftfuttermengen ante partum die Bildung von milchbildendem Gewebe (Drüsenparenchym) während der letzten Trächtigkeitswochen fördere. Weiters sollte geklärt werden, inwieweit präpartal gebildete Fettreserven aufgrund eines sogenannten „metabolischen Vorbeugeeffekts“ die Milchbildung stimulieren. In diesem Zusammenhang wurde angenommen, dass eine hohe Energieaufnahme vor der Abkalbung die Futterraufnahme post partum fördere und damit Stoffwechselprobleme zu Laktationsbeginn verhindere. Allerdings konnten die Autoren keinen Einfluss der Vorbereitungs-fütterung (0 bzw. 5,5 kg KF) auf die Milchleistung feststellen (Tabelle 8). Aus ähnlichen Überlegungen untersuchten SCHMIDT und SCHULTZ (1959) drei unterschiedliche Kraftfutterniveaus vor der Abkalbung (0, 2.7, 6.8 kg KF). Auch sie konnten keine Steigerung der Milchleistung feststellen und sehen folglich keine Notwendigkeit einer intensiven Vorbereitungs-fütterung. SWANSON (1960) wählte eine bedarfsgerechte und eine über den Bedarf hinausgehende Aufzuchtintensität von trächtigen Kalbinnen, um den Effekt auf die Milchleistung in der ersten und zweiten Laktation zu analysieren (Tabelle 8). Die überhöhte Aufzuchtintensität resultierte in einer verminderten Milchleistung in der ersten Laktation. Der Autor führt dies auf die mangelnde Entwicklung des Drüsenparenchyms im Euter zurück, wie auch entsprechende Gewebsanalysen der Schlachtkörper zeigten. Außerdem war die Laktations-dauer der intensiv aufgezogenen Kalbinnen verkürzt, was die Laktationsleistung zusätzlich verringerte. Auch CHILLIARD (1992) stellt fest, dass die Überversorgung während der Aufzucht die Fetteinlagerung im Drüsenparenchym fördert und damit die Milchleistung senkt. CASTLE und WATSON (1961) fanden ebenfalls keinen Zusammenhang zwischen präpartaler Energieversorgung und Milchleistung. In Experiment 1 von SWANSON und HINTON (1962) wurde eine signifikante Leistungsüberlegenheit der intensiveren Trockenstehfütterung ermittelt, welche die Autoren auf die höhere Einsatzleistung zurückführen (Tabelle 8). Auf Grund der wesentlich niedrigeren Persistenz dieser Tiere bestand jedoch in der Milchleistung über 30 Laktationswochen kein signifikanter Unterschied. EMERY et al. (1969) erreichten durch Kraftfutterfütterung drei Wochen vor dem Abkalben signifikant höhere Milchleistungen während der ersten 6 Laktationswochen,

bei Kalbinnen ausgeprägter als bei Kühen (Tabelle 8). Die Nährstoffverwertung dieses Kraftfuttereinsatzes in der Trockenstehzeit bezeichnen die Autoren als ineffizient: Pro zusätzlich erzeugtem kg Milch waren bei Kalbinnen 4 kg Kraftfutter und bei Kühen 10 kg Kraftfutter vor dem Abkalben erforderlich. GARDNER (1969) untersuchte den Effekt einer überhöhten Energieversorgung 6 bis 8 Wochen vor dem Abkalben. Die ante partum energiereich gefütterten Kühe erbrachten die gleiche Milchleistung wie die bedarfsgerecht versorgte Kontrollgruppe. Auch HERNANDEZ-URDANETA et al. (1976) erzielten durch intensive Vorbereitungsfütterung keine Milchleistungssteigerung. ROGERS et al. (1979) gestalteten die 5-wöchige Vorbereitungsfütterung durch unterschiedlichen Weidezugang in der Weise, dass Kühe bei der Abkalbung eine magere bzw. fette Körperkondition aufwiesen. In der nachfolgenden Laktation (Untersuchungszeitraum 14 Wochen) erzielten die fetten Kühe – bei ausschließlicher Weidehaltung ohne Kraftfutterergänzung – eine signifikant höhere Milchleistung bei deutlich höherem Milchfettgehalt (Tabelle 8). Die Autoren erklären dies mit der verstärkten Mobilisation von Körperreserven der fetten Tiere. Darauf weist auch der erhöhte Milchfettgehalt dieser Kühe hin. Hingegen konnten FRONK et al. (1980) keinen positiven Effekt der präpartalen Energieübersversorgung feststellen und führen diesen Umstand auf den möglicherweise unzureichenden Grad der Übersversorgung in der Versuchsgruppe zurück. JOHNSON und OTTERBY (1981) untersuchten die Bedeutung der physikalischen Struktur und des Energiegehaltes der Ration in der Trockenstehzeit auf die Milchleistung der darauf folgenden Laktation. In der strukturreichen Gruppe wurde Luzerneheu ohne Kraftfutter verabreicht. In der Gruppe mit hoher Energiekonzentration wurde eine Maissilage/Heu-Ration mit 47 % Kraftfutter aufgewertet. Eine mittlere Gruppe beinhaltete 12 % KF (Tabelle 8). Nur die Einsatzleistung sowie der Leistungsanstieg in den ersten 15 Laktationstagen standen in positivem Zusammenhang zur Energieversorgung ante partum. Die mangelnde Persistenz der ante partum energiereich gefütterten Kühe ließ diesen Effekt rasch an Bedeutung verlieren, sodass im Zeitraum von 4 Laktationswochen keine Leistungsunterschiede zu beobachten waren. Fazit der Autoren ist, dass die intensive Kraftfuttermittellage während der Vorbereitungsfütterung physiologisch weder Vor- noch Nachteile bringt. GARNSWORTHY und TOPPS (1982) stellten in ihren Untersuchungen fest, dass die präpartale Energieversorgung keinen Effekt auf die Milchleistung während der ersten 16 Laktationswochen hat. Aufgrund der ungünstigeren Futtermittellage lehnen die Autoren die Übersversorgung während der Trockenstehzeit ab. KUNZ et al. (1985) erreichten mit einer leicht intensivierten Vorbereitungsfütterung (0 bzw. 1 kg KF, 10 Wochen lang) eine geringfügige Erhöhung der Milchleistung (20,1 bzw. 20,8 kg, 21 Wochen Versuchsdauer). Die Kühe mit intensiverer Vorbereitungsfütterung wiesen allerdings eine schlechtere Persistenz auf (Tabelle 8). DUCKER et al. (1985) fanden in einem umfangreichen Versuch (n = 100) bei Kalbinnen keinen Einfluss der Energieversorgung ante partum auf die Milchleistung der darauf folgenden Laktation (Tabelle 8). Als mögliche Ursache geben die Autoren an, dass eine tatsächliche Übersversorgung vor der Abkalbung bei den noch im Wachstum befindlichen Kalbinnen nicht erreicht wurde. BOISCLAIR et al. (1986) messen der Energieversorgung vor der Abkalbung hinsichtlich Milchleistung wenig Bedeutung zu. Sie argumentieren, dass bei Vorlage energiereicher Mischrationen zu Laktationsbeginn die Leistungsentwicklung weitgehend unabhängig von der präpartalen Energieversorgung verläuft. Einen Vorteil der hohen Energieversorgung ante partum sehen sie nur dann, wenn die Versorgung zu Laktationsbeginn weit unter dem Bedarf liegt und in weiterer Folge präpartal angelegte Reserven zur Energiebereitstellung abgebaut werden können. Auch NOCEK et al. (1986) betrachten den Einfluss der Energieversorgung ante

Tabelle 8: Effekt der Überversorgung ante partum und Milchleistung

Table 8: Effect of prepartum overfeeding on milk yield

		Energieversorgung ante partum			Milchleistung					Autor(en)	
n	Gruppenbezeichnung	Dauer (Wo)	KF (kg/d, % d. IT)	Grundfutter	Milch (kg/d)	ECM (kg/d)	Fett (%)	Eiweiß (%)	Dauer (Wo)		
Kühe bzw. Kühe und Kalbinnen											
18 18	bedarfsgerecht überversorgt	6	0,0 kg ≤ 5,5 kg	MS u. Heu	k. A.	19,9 ¹⁾ 19,8 ¹⁾	k. A.	k. A.	12	GREEN- HALGH & GARDNER (1958)	
21 21 21	Energie niedrig mittel hoch	8	0,0 kg 2,7 kg 6,8 kg	MS u. Heu	17,7 17,7 17,9	17,9 ¹⁾ 17,9 ¹⁾ 17,9 ¹⁾	4,06 4,07 3,99	k. A.	44	SCHMIDT & SCHULTZ (1959)	
40 40	bedarfsgerecht überversorgt	6	0,0 kg 3,5 kg	Weide, MS u. GS	18,9 ⁴⁾ 20,0 ⁴⁾	18,8 ¹⁾ 19,9 ¹⁾	3,96 3,96	k. A.	15	SWANSON & HINTON (1962) Experiment 1	
25 25	bedarfsgerecht überversorgt	3	0,0 kg ad lib.	Heu	23,8 ^a 24,6 ^b	k. A.	k. A.	k. A.	6	EMERY et al. (1969)	
6 6	Körperkon- dition zur Abkalbung	dünn fett	5	k. A.	Weide	15,5 ^α 16,6 ^β	15,7 18,4	4,06 4,82	3,58 3,61	14	ROGERS et al. (1979) Experiment 3
31 31 31	Heu KF niedrig KF hoch	4	0,0 % 12,0 % 47,0 %	Heu, GS u. MS	25,0 25,4 24,6	k. A.	k. A.	k. A.	Wo 2 - 4	JOHNSON & OTTERBY (1981)	
8 17	bedarfsgerecht überversorgt	10	0,0 kg 1,0 kg	Heu, Gras- u. Maispellets	20,1 20,8	22,8 23,4	5,10 5,10	3,50 3,40	21	KUNZ et al. (1985)	
52 52	GF GF u. KF	3	0,0 kg 2,0 kg	GS u. MS	30,3 30,5	32,2 32,6	4,56 4,61	3,40 3,40	3	NOCEK et al. (1986)	
43 124 42	BCS zur Ab- kalbung	3,00 3,50 4,00	2	k. A.	Totale Misch- ration	26,7 26,2 27,2	k. A.	k. A.	k. A.	44	PEDRON et al. (1993)
26 26	Körperkon- dition zur Abkalbung	dünn fett	12	k. A.	Heu u. Weide	27,4 27,3	27,5 27,2	4,35 4,28	2,92 2,91	16	GARNS- WORTHY & JONES (1993)
17 15	bedarfsgerecht überversorgt	8	k. A.	MS ad lib. bzw. restriktiv	27,4 ^α 26,8 ^β	27,1 26,8	3,88 ^α 4,00 ^β	3,50 3,49	12	SCHWARZ et al. (1995) Experiment 2	
16 15	bedarfsgerecht überversorgt	8	0,0 7,7	GS, MS u. Stroh	40,8 38,8	40,8 42,7	4,16 ^α 5,01 ^β	3,19 3,17	5	RUKKWAM- SUK et al. (1999a)	
10 10 10	Bedarfs- deckung (%)	75 100 125	6	k. A.	Heu u. GS	29,2 29,1 25,1	29,5 28,6 25,8	4,36 4,15 4,36	2,99 ^a 2,95 ^a 3,28 ^b	8	TESFA et al. (1999)

		Energieversorgung ante partum			Milchleistung					Autor(en)
n	Gruppenbezeichnung	Dauer (Wo)	KF (kg/d, % d. IT)	Grundfutter	Milch (kg/d)	ECM (kg/d)	Fett (%)	Eiweiß (%)	Dauer (Wo)	
30 30	bedarfsgerecht übersorgt	4	0,0 kg 5,0 kg	GS	27,4 28,0	27,4 28,5	4,23 ^α 4,39 ^β	3,04 3,04	12	KEADY et al. (2001)
94 94	3 Wo trocken 6 Wo trocken	3 6	42,0 bis 54,5 %	Heu, MS u. GS	41,4 39,2	40,3 37,6	4,02 3,87	3,05 3,08	21	MASHEK & BEEDE (2001)
21 21	Energie niedrig Energie hoch	19	2,0 kg 7,0 kg	GS u. Stroh	24,0 25,5	25,4 26,8	4,56 4,52	3,38 3,30	18	DEWHURST et al. (2002)
27 27	bedarfsgerecht übersorgt	7.-2.	3 % 8 %	GS, MS, Stroh	47,5 46,4	44,7 44,1	3,66 3,75	3,18 3,17	15	FISCHER et al. (2002) (≥ 2. Laktation)
14 14	GS u. Stroh GS	5	k. A.	GS u. Stroh	23,6 ^a 24,9 ^b	23,8 25,2	4,20 4,15	3,23 3,37	4	MOORBY et al. (2002)
28 28	bedarfsgerecht übersorgt	5	0,0 kg 3,0 kg	GS u. Stroh	25,5 26,5	24,0 25,4	3,69 3,81	3,14 3,17	8	RYAN et al. (2003)
30 30	Energie niedrig Energie hoch	4	22,8 % 48,0 %	GS u. MS, Stroh	38,0 37,4	35,3 34,5	3,60 3,56	3,11 3,10	10	RABELO et al. (2003)
8 8 8	Energie niedrig mittel hoch	8	k. A.	GS u. Heu	39,3 37,3 36,2	40,8 38,0 39,1	4,45 4,33 4,76	3,25 3,17 3,34	12	AGENÄS et al. (2003)
6 6 6	Stroh und GS GS GS und KF	4	0 kg 0 kg 3 kg	GS u. Stroh	24,1 ^α 26,2 ^β 28,2 ^β	23,2 25,7 28,2	3,86 ^α 4,03 ^{αβ} 4,15 ^β	3,16 3,15 3,23	8	McNAMARA et al. (2003)
Kalbinnen										
7 7	bedarfsgerecht übersorgt	75 ²⁾	0,0 kg ad lib.	Heu, Weide u. GS	7,9 7,3	8,8 ¹⁾ 8,3 ¹⁾	4,79 4,93	k. A.	28	SWANSON (1960) 1. Laktation
7 7	bedarfsgerecht übersorgt	75 ²⁾	0,0 kg ad lib.	Heu, Weide u. GS	9,3 9,4	10,1 ¹⁾ 10,3 ¹⁾	4,57 4,67	k. A.	27	SWANSON (1960) 2. Laktation
49 49	bedarfsgerecht übersorgt	3	0,0 kg ad lib.	Heu	20,2 ^a 21,4 ^b	k. A.	k. A.	k. A.	6	EMERY et al. (1969)
50 50	Energie niedrig Energie hoch	10	k. A.	MS u. Stroh	16,9 17,1	14,9 15,2	3,20 3,22	3,14 3,16		DUCKER et al. (1985)
8 6	bedarfsgerecht übersorgt	8	k. A.	MS ad lib. bzw. restriktiv	19,3 ^α 16,9 ^β	19,7 17,4	4,06 4,19	3,70 3,62	8	SCHWARZ et al. (1995) Experiment 3
38 38	bedarfsgerecht übersorgt	24	6,3 % 40,0 %	GS	28,0 28,1	26,8 26,9	3,86 3,89	3,08 3,01	23	GRUMMER et al. (1995)
4 4	Mobilisation ³⁾ Ansatz ³⁾	k. A.	k. A.	Weide, GS u. MS	k. A.	23,5 ^α 19,5 ^β	k. A.	k. A.	16	SEGERT et al. (1996)
34 31	Energie niedrig Energie hoch	3	2,7 kg 6,2 kg	Heu u. GS	21,2 21,9	21,8 22,7	4,32 4,42	3,34 3,25	12	OLSSON et al. (1998)

¹⁾ FCM (4 % fettkorrigierte Milch)

²⁾ zweite Aufzuchthälfte

³⁾ Mobilisation: Verringerung der Rückenfettdicke in den ersten 16 Wochen der Laktation um 10,3 mm

Ansatz: Erhöhung der Rückenfettdicke in den ersten 16 Wochen der Laktation um 4,8 mm
4) $p = 0,08$

partum auf die Milchleistung der ersten 3 Laktationswochen als bedeutungslos (Tabelle 8). GARNSWORTHY und JONES (1987) konnten ebenso keinen signifikanten Einfluss der präpartalen Energieversorgung auf die Milchleistung feststellen. Allerdings wiesen die ante partum restriktiv gefütterten Kühe eine insgesamt bessere Futterverwertung auf (Berücksichtigung auch des Energieaufwandes zum Erreichen einer bestimmten Körperkondition in der Trockenstehzeit). Die Autoren fügen hinzu, dass präpartal verfettete Kühe auf Grund ihrer verminderten Futterraufnahme Körperreserven mobilisieren müssen, um die gleiche Milchleistung wie ante partum bedarfsgerecht ernährte Tiere erreichen zu können. Dies bestätigt GIESECKE (1987) mit einer Korrelation zwischen der NEFA-Konzentration der ersten 6 Laktationswochen und der 100 Tage-Milchleistung von $r = 0,56$. Im Versuch von FLIPOT et al. (1988), in dem 1,5 bzw. 4 kg Kraftfutter 8 Wochen lang vor dem Abkalben vorgelegt wurden, konnten Auswirkungen auf die Effizienz der Milchsynthese nicht belegt werden. Die differenzierte Energieversorgung ante partum bewirkte keine unterschiedlichen Lebendmassen zum Zeitpunkt der Abkalbung, sodass auch kein Effekt auf die Milchleistung bzw. Futterverwertung erwartet werden konnte. JONES und GARNSWORTHY (1989) stellten keine signifikanten Auswirkungen der präpartalen Überversorgung auf die Milchleistung im ersten Laktationsdrittel fest. WALTNER et al. (1993) erhoben die Körperkondition in einer Hochleistungsherde zu verschiedenen Laktations- und Trächtigkeitsstadien, um Einflüsse der Energieversorgung ante partum auf die Milchleistung identifizieren und quantifizieren zu können. Von Interesse war jene Körperkondition zum Zeitpunkt der Abkalbung, die der höchsten Laktationsleistung voranging. Zu diesem Zweck wurde die Körperkondition bei der Abkalbung mit der Milchleistung korreliert. Die Auswertung ergab, dass eine Körperkondition von 3,5 (Skala von 1 bis 5) die höchste Laktationsleistung erwarten ließ. Aus diesen Ergebnissen lässt sich ableiten, dass eine optimale Vorbereitungsfütterung sowohl den Bedarf für Erhaltung, Gravidität und Euterentwicklung decken als auch eine gewisse Reservenbildung erlauben muss. Eine Unter- bzw. Überversorgung in der Hochträchtigkeit führt demnach zu Leistungseinbußen. In einer Feldstudie haben PEDRON et al. (1993) Kühe ebenfalls nach dem BCS bei der Abkalbung (3.0, 3.5, 4.0) gruppiert (Tabelle 8). Die entsprechenden Milchleistungen im Durchschnitt der gesamten Laktation betrugen 26.7, 26.2 bzw. 27.2 kg und unterschieden sich nicht signifikant (Tabelle 8). Somit stehen diese Ergebnisse im Gegensatz zu WALTNER et al. (1993). Allerdings war die Milchleistung der überkonditionierten Kühe zu Laktationsbeginn deutlich höher (37.5, 39.9, 45.1 kg Einsatzleistung). Wenngleich diese Unterschiede durch die mangelnde Persistenz der verfetteten Kühe ausgeglichen wurde, argumentieren die Autoren für eine ausgeprägte Reservenbildung vor der Abkalbung, da diese die Energieversorgung der Kuh zu Laktationsbeginn unterstützen würde. Dagegen ergaben die Untersuchungen von GARNSWORTHY und JONES (1993), dass die Überversorgung vor der Abkalbung keinen Effekt auf die Milchleistung der nachfolgenden Laktation hat (Tabelle 8). Wie in ihren früheren Arbeiten war die Futterverwertung für die Milchleistung der verfetteten Kühe ungünstiger. Die umfangreichen Versuche von SCHWARZ et al. (1995) sowie KIRCHGESSNER et al. (1995) ergaben, dass Kühe und ganz besonders Kalbinnen mit einer niedrigeren Milchleistung reagieren, wenn sie in der Trockenstehzeit energetisch überversorgt werden. Die höheren Milchfettgehalte dieser Tiere weisen wiederum auf stärkere Mobilisation am Beginn der nachfolgenden Laktation hin (Versuchszeitraum 12 bzw. 8 Wochen, Tabelle 8). GRUMMER

et al. (1995) untersuchten die Hypothese, dass die Milchleistung der ersten Laktation vom Entwicklungsgrad und folglich von der Körpermasse der Kalbinnen zum Zeitpunkt der Abkalbung abhängt. Nach Feststellung der Trächtigkeit wurden zwei Gruppen von Kalbinnen 24 Wochen vor der Abkalbung bedarfsgerecht bzw. übertersorgt (6 bzw. 40 % KF, Tabelle 8). Die präpartal bedarfsgerecht versorgten Tiere erbrachten in den ersten 7 Laktationswochen eine eindeutig höhere Milchleistung. Über den gesamten Versuchszeitraum von 23 Wochen war die Leistung hingegen identisch (Tabelle 8). GRUMMER et al. (1995) kommen zur Schlussfolgerung, dass die Milchleistung erstlaktierender Kühe nicht von der Lebendmasse bei der Abkalbung abhängt und sehen infolgedessen keinen Vorteil einer Übertersorgung von hochträchtigen Kalbinnen. Die Untersuchungen von SEGERT et al. (1996) zeigen deutlich, dass die während der Trächtigkeit gebildeten Körperreserven bei Einsetzen der Laktation teilweise zur Energiebedarfsdeckung verwendet werden, und zwar ganz besonders bei Kühen mit hoher Verfettung (Tabelle 8). OLSSON et al. (1998) stellten fest, dass eine intensivere Energieversorgung ante partum bei Kalbinnen in den beiden ersten Laktationswochen eine höhere Milchleistung bewirkt. Die bei diesen Tieren zu Laktationsbeginn umfangreich einsetzende Mobilisation wirkt jedoch negativ auf die Persistenz. Ein gegenüber der Vergleichsgruppe ähnliches Milchleistungsniveau konnte nur über umfangreiche Mobilisierung von Fett- und Proteinreserven erreicht werden. Auch die Gesamteffizienz der Nährstoffverwertung für die Milchsynthese war schlechter (Tabelle 8). RUKKWAMSUK et al. (1999a) fanden in ihrer Untersuchung, wie auch viele andere Autoren, dass die präpartale Übertersorgung eine verminderte Milchleistung zur Folge hat (Tabelle 8). Der auch in diesem Versuch erhöhte Milchfettgehalt kann als Indiz für eine ausgeprägte Körperfettmobilisation gesehen werden und führt dazu, dass die als ECM ausgedrückte Milchleistung der übertersorgten Kühe höher ist. VANDEHAAR et al. (1999) und auch TESFA et al. (1999) können aus ihren Ergebnissen hinsichtlich Milchleistung keine Vorteile einer zu intensiven Vorbereitungs fütterung ableiten. Im Gegenteil, eine um 25 % über dem Bedarf der Trächtigkeitsphase ernährte Gruppe wies eine deutlich niedrigere Milchleistung in den ersten 8 Wochen der Laktation gegenüber Tieren mit 75 bzw. 100 % Bedarfsdeckung auf (29.2, 29.1, 25.1 kg Milch; TESFA et al. 1999; Tabelle 8). DEWHURST et al. (2000) untersuchten unterschiedliche Energiekonzentrationen (durch Variation der Kohlenhydratfraktionen) in Rationen für trockenstehende Kühe. Es konnten jedoch weder kurz- noch langfristig Auswirkungen auf die Milchleistung der nachfolgenden Laktation ermittelt werden. KEADY et al. (2001) stellten neben einer nur leicht erhöhten Milchleistung einen signifikant höheren Milchfettgehalt bei Kühen fest, die in der Trockenstehphase übertersorgt worden waren (Tabelle 8). Jedes in der Vorbereitungs fütterung eingesetzte kg Kraftfutter bewirkte eine Milchleistungssteigerung von 0,87 kg. MASHEK und BEEDE (2001) fütterten auf zwei Milchfarmen Mischrationen mit hohem Kraftfutteranteil über einen Zeitraum von 3 bzw. 6 Wochen vor der Abkalbung, um den Effekt der Dauer der Trockenstehzeit bei intensiver Versorgung zu untersuchen. Die Milchleistung und der Fettgehalt der Kühe mit längerer Trockenstehzeit waren tendenziell niedriger (Tabelle 8). HOLCOMB et al. (2001) erläutern, dass nicht die absolute Milchleistung, sondern der Verlauf der Laktationskurve eine Beziehung zum Versorgungsniveau in der Hochträchtigkeit aufweisen. Ein restriktives Nährstoffangebot vor dem Abkalben bewirkte einen steileren Anstieg der Milchleistung bis ungefähr 6 Wochen post partum. Die Autoren sehen daher keine Notwendigkeit und keinen Vorteil, die Energieaufnahme während der Vorbereitungs fütterung zu maximieren. DEWHURST et al. (2002) untersuchten den Einfluss der Intensität der Vorbereitungs fütterung bei erstlaktierenden Kühen über einen sehr langen Zeitraum (19

Wochen, d.h. bereits in der Spätlaktation, Tabelle 8). Die in der Spätlaktation intensiver versorgten Kühe (2.0 bzw. 7.0 kg KF) erbrachten eine nur tendenziell höhere Milchleistung (24.0 bzw. 25.5 kg, 18 Laktationswochen). Als wesentlichen Grund für die nur mäßige Auswirkung der intensiven Vorbereitungsfütterung auf die Milchleistung führen die Autoren an, dass Kühe mit ihrer Fähigkeit zur Mobilisation im intermediären Stoffwechsel überaus flexibel auf die Nährstoffversorgung reagieren können. Weiters ist zu berücksichtigen, dass Kühe zu Beginn der zweiten Laktation ihr Wachstum noch nicht vollständig abgeschlossen haben (besonders bei niedrigem Erstkalbealter). Somit wird ein gewisser Teil der Nährstoffe vorrangig nicht für die Milchsekretion sondern auch für das Wachstum herangezogen. Die Folge ist ein nur loser Zusammenhang zwischen Nährstoffaufnahme und Milchleistung. DOEPEL et al. (2002) stellten nach Überversorgung in der Trockenstehzeit eine Steigerung der Milchleistung um 2,4 kg fest. Auf Grund niedriger Tieranzahl war dieser Unterschied statistisch nicht signifikant. Eine Überversorgung während der Trockenstehphase hatte in Untersuchungen von FISCHER et al. (2002) eine um 1,1 kg verminderte Milchleistung zur Folge. Den leicht erhöhten Milchfettgehalt sehen die Autoren als Hinweis für die intensivere Körperfettmobilisation dieser Tiere. MOORBY et al. (2002) variierten die Vorbereitungsfütterung durch Beimischung von Stroh zur Grassilage. Dadurch wurde die Milchleistung in den ersten 4 Wochen der darauf folgenden Laktation signifikant erniedrigt (Tabelle 8). RYAN et al. (2003) verabreichten 0 bzw. 3 kg KF fünf Wochen vor der Abkalbung zusätzlich zu einer Grassilage/Stroh-Ration. Durch Kraftfutter in der Vorbereitungsfütterung erhöhten sich Milchmenge und Milchfettgehalt tendenziell sowie die Fett/Eiweiß-Menge signifikant (Tabelle 8). RABELO et al. (2003) differenzierten die Vorbereitungsfütterung von 4 Wochen durch 23 bzw. 48 % Kraftfutter und konnten keine signifikanten Unterschiede in der Milchleistung und den Milchinhaltsstoffen feststellen (Tabelle 8). AGENÄS et al. (2003) fütterten Kühe während der Trockenstehzeit von 8 Wochen auf verschiedenen Niveaus und stellten keine statistisch signifikanten Unterschiede in der Milchleistung fest, im Trend jedoch die höchste Milchmenge bei der unterversorgten Gruppe sowie den höchsten Fettgehalt nach Überversorgung in der Trockenphase. Sie betonen, dass Kühe eine große Fähigkeit zur Kompensation von nicht bedarfsgerechter Versorgung während der Trockenstehzeit haben, wenn ihnen zu Laktationsbeginn Rationen mit hohem Energiegehalt und hoher sensorischer Akzeptanz vorgelegt werden. McNAMARA et al. (2003) sehen den Grund für die signifikant höhere Milchleistung der ante partum intensiv versorgten Kühe in der höheren Nährstoffaufnahme und ausgeprägteren Mobilisation der Körperreserven nach der Abkalbung.

Resümee: Kühe, die während der Trockenstehzeit unterversorgt werden, reagieren zu Laktationsbeginn häufig mit einer verringerten Milchleistung. Sie zeichnen sich jedoch durch eine höhere Persistenz aus, sodass ein negativer Effekt auf die Laktationsleistung nicht zu erwarten ist. Zudem verwerten präpartal restriktiv versorgte Kühe die aufgenommenen Nährstoffe effizienter als überversorgte Tiere. In der Trockenstehphase über den Bedarf ernährte Kühe erreichen vergleichbare Laktationsleistungen in der Regel nur durch umfangreiche Körpermobilisation. Ein erhöhter Milchfettgehalt spiegelt den verstärkten Depotfettabbau wider. Solche Kühe beginnen die Laktation mit höheren Einsatzleistungen, auf Grund der schlechten Persistenz kann dieser Leistungsvorteil nicht für die gesamte Laktation festgestellt werden. Dieser Effekt wurde sowohl bei Kühen als auch Kalbinnen beobachtet. Zu hohe Energiekonzentrationen während der Aufzucht führen zu massiver Fetteinlagerung und mangelnder Ausbildung des Drüsenparenchyms im Euter der heranwachsenden Kalbin. Die schlechte Persistenz der präpartal überversorgten Tiere steht in direktem Zusammenhang zur

geringeren und langsamer ansteigenden Futteraufnahme zu Laktationsbeginn und den negativen gesundheitlichen Folgen übermäßiger Mobilisation. Entscheidend zur Erreichung hoher Laktationsleistungen ist die Eindämmung des postpartal entstehenden Energiedefizits. Eine kurzzeitig erhöhte Kraftfuttergabe ante partum wirkt sich vor allem deswegen positiv auf die Futteraufnahme nach der Abkalbung und somit auf die Milchleistung aus, weil sich der Pansen an die während der Laktation verwendete Ration anpassen kann (Mikroben, Pansenzotten).

6 ENERGIEVERSORGUNG VOR DEM ABKALBEN UND STOFFWECHSELPARAMETER IM PERIPARTALEN ZEITRAUM

Im peripartalen Zeitraum wirken tiefgreifende physiologische und metabolische Änderungen in vielfältiger Art und Weise auf die Kuh (BELL 1995, GRUMMER 1995, GOFF und HORST 1997, NRC 2001, DOEPEL et al. 2002, REYNOLDS et al. 2003). Ursache dafür ist der steigende Nährstoffbedarf bei sinkender Futteraufnahme vor der Abkalbung (GfE 2001, NRC 2001). Auch nach Laktationsbeginn steigt die Futteraufnahme nicht in einem ausreichenden Ausmaß an, um den hohen Nährstoffbedarf auf Grund stark ansteigender Milchleistung abzudecken (BELL 1995, GOFF und HORST 1997, REIST et al. 2002). Einige Autoren (GIESECKE 1987, GRUMMER 1995, INGVARSEN und ANDERSEN (2000) messen der Steuerung der Futteraufnahme über endokrine und metabolische Regulationsmechanismen zu Laktationsbeginn überragende Bedeutung bei. Die letztgenannten Autoren vertreten die Ansicht, dass die Rolle der physikalischen Regulation in dieser Phase vielfach überschätzt wird. DRACKLEY (1999) hingegen sieht die Frage nach der Bedeutung der Regulationsmechanismen als nicht vollständig beantwortet an. Als Folge der reduzierten Futteraufnahme wird Propionat im Intermediärstoffwechsel in nicht ausreichender Menge gebildet (BELL 1995, DRACKLEY 1999, DRACKLEY 2002). Dies führt letztlich zu einem Mangel an Glucose, da Propionat als Vorstufe des Oxalacetats das wichtigste Ausgangsprodukt der Gluconeogenese darstellt (WILTROUT und SATTER 1972, YOUNG 1977, GIESECKE 1987, VAN HOUTERT 1993, MINOR et al. 1998, CHILLIARD 1999). Parallel dazu ist für die Milchkuh zu Laktationsbeginn auch die Energiebereitstellung über die Mobilisierung von Fettreserven und – in geringerem Ausmaß – von körpereigenem Protein von wesentlicher Bedeutung (BAUMAN und CURRIE 1980, KUNZ et al. 1985, ARMENTANO 1992, GOFF und HORST 1997, KOMARAGIRI et al. 1998, CHILLIARD 1999, REYNOLDS et al. 2003). Weitere wichtige Glucosevorläufer sind glucogene Aminosäuren, Lactat und Glycerin (VAN HOUTERT 1993). Die durch Lipolyse entstandenen Fettsäuren (GIESECKE 1987, DUNSHEA und BELL 1990, CHILLIARD 1993) können erst nach erfolgter β -Oxidation als Acetyl-CoA durch Kondensation mit Oxalacetat in den Citratzyklus eintreten und vollständig zu CO_2 oxidiert werden (RUKKWAMSUK et al. 1998). Oxalacetat stellt damit sowohl für die Gluconeogenese als auch für die Verwertung der Fettsäuren aus der Fettmobilisation das entscheidende und letztlich limitierende Substrat dar. Ein Mangel an Oxalacetat bewirkt, dass die in der Leberzelle anflutenden Fettsäuren nicht in den Citratzyklus einmünden können und in weiterer Folge zu Triglyceriden verestert oder zu Ketonkörpern (Acetoacetat und β -Hydroxybutyrat) synthetisiert werden (BERGMAN 1971, KUNZ et al. 1985, REID et al. 1986, MAZUR et al. 1988, STUDER et al. 1993, GOFF und HORST 1997, DRACKLEY

2002, MASHEK et al. 2002). Letztere stehen verschiedenen Geweben als alternative energieliefernde Substrate zur Verfügung und helfen derart Blutglucose zu „sparen“. Die Triglyceride werden in der Leberzelle in Form von Fetttröpfchen gespeichert oder verpackt als VLDL (very low density lipoproteins) aus der Leberzelle ausgeschleust (GIESECKE 1987, BAUCHART 1993, NRC 2001). Reicht die Synthese der VLDL in den Hepatozyten beim Rind nicht aus, kommt es zu einer verstärkten Einlagerung von Fett in das hepatische Gewebe (EMERY et al. 1992, BAUCHART 1993, GRUM et al. 1996, GRUFFAT et al. 1997, CHILLIARD et al. 2000, DRACKLEY 2002). Der bei Ketose verminderten Glucoseneogenese (MILLS et al. 1986, GOFF und HORST 1997, RUKKWAMSUK et al. 1999b) versucht der Organismus mit verstärkter Lipolyse zu begegnen (CHILLIARD et al. 1998). Bei stetig zunehmender Anflutung von NEFA in die Leberzelle bei gleichzeitig begrenztem Angebot an Oxalacetat nimmt sowohl die Ketonkörperproduktion als auch die Veresterung an Triglyceriden im hepatischen Gewebe zu (GRUMMER 1993, BAUCHART 1993, DRACKLEY 1999). Die dabei entstehenden pathologischen Krankheitsbilder werden als „fatty liver syndrome“ und Ketose bezeichnet (TREACHER et al. 1986, MAZUR et al. 1988, VEENHUIZEN et al. 1991, GRUMMER 1993, CHILLIARD 1999, BREMMER et al. 2000). Der Zusammenhang zwischen ausgeprägter Körperfettmobilisation zu Laktationsbeginn und dem Auftreten von pathologischen Veränderungen verbunden mit Leistungsdepressionen gilt trotz einiger ungeklärter Bereiche als unbestritten (BAIRD et al. 1974, GIESECKE 1987, VEENHUIZEN et al. 1991, VAZQUEZ-ANON et al. 1994, GRUMMER 1995, VAN SAUN und SNIFFEN 1996, MOORBY und DEWHURST 1999, MOTTRAM et al. 1999, JORRITSMA et al. 2001, STEINGASS et al. 2002).

6.1 Präpartale Energieversorgung und Blutmetabolite

Der Fettstoffwechsel nimmt während der Transitperiode eine Schlüsselrolle ein (DRACKLEY 1999). Parameter, die den Fettstoffwechsel in hohem Maße widerspiegeln, sind die Blutmetabolite (NEFA, BHBA) und die Hormone (Insulin, GH, IGF I, T 3 T4). KUNZ und BLUM (1985) weisen darauf hin, dass der Ernährungsstatus einer Kuh mit Hilfe von Stoffwechselparametern beschrieben werden kann. Damit stehen sie in Übereinstimmung mit zahlreichen anderen Autoren (GARNSWORTHY und TOPPS 1982, DUNSHEA und BELL 1990, McNAMARA 1991, GRUMMER 1993, STUDER et al. 1993, BOCQUIER et al. 1997, DRACKLEY 1999, CHARISMIADOU et al. 2000, ENJALBERT et al. 2001, REIST et al. 2002). GIESECKE (1987) bezeichnet die NEFA als Transportform der aus dem Fettgewebe freigesetzten Energie. Als hauptsächliche Ursache der Lipomobilisation sieht er in Übereinstimmung mit anderen Autoren den Energiemangel im Stoffwechsel. CHILLIARD et al. (2000) und HOLCOMB et al. (2001) führen an, dass die Konzentration an NEFA der beste Parameter zur Darstellung des Körperfettverlustes und der Energiebilanz im Verlauf der Laktation darstellt. KOLVER und MACMILLAN (1993), KRONFELD et al. (1982), STUDER et al. (1993) und REIST et al. (2002) legen dar, dass auch die Glucose ein geeigneter Parameter ist, um den Ernährungsstatus einer laktierenden Kuh zu beschreiben. Die Autoren belegen dies mit der positiven Korrelation zwischen Glucose und der Energiebilanz sowie der negativen Beziehung zwischen Glucose und dem Gehalt an Lebertriglyceriden. GIESECKE (1987) betont, dass sich zur Beurteilung der Stoffwechselbelastung vor allem die NEFA, aber auch die Ketonkörper eignen. Der Autor sieht den Vorteil der NEFA darin, dass sie direkt aus dem Fettabbau resultieren, während Ketonkörper unabhängig von der Stoffwechselbelastung auch im Pansenstoffwechsel entstehen. Die Glucosekonzentration korreliert zwar positiv mit der Energieversorgung, dennoch hält der Autor

diesen Parameter zur Darstellung des Ernährungsstatus einer hochleistenden Milchkuh für schlecht geeignet, weil die Blutglucosekonzentration einer sehr strikten homöostatischen Regulation unterworfen ist. BERTICS et al. (1992) sehen den Lebertriglyceridgehalt als sensiblen Parameter zur Erkennung des fatty liver syndromes (Fettlebersyndrom) an. Ein Ansteigen der Konzentration an Triglyceriden in der Leberzelle resultiert aus der Überschreitung der Exportkapazität der Leberzelle für VLDL. Die Konsequenz aus der zunehmenden Verfettung der Leberzelle ist deren verminderte Stoffwechselleistung und insbesondere ein reduziertes Vermögen zur Gluconeogenese.

Einige der in Tabelle 9 angeführten Untersuchungen lassen eine tendenziell höhere Glucosekonzentration im peripartalen Zeitraum als Folge der über dem Bedarf liegenden Energieversorgung ante partum erkennen. BERTICS et al. (1992) und auch MINOR et al. (1998) zeigen, dass zwischen Energieversorgung und peripartaler Leberglycogenkonzentration ein positiver Zusammenhang besteht (Tabelle 9). Da jedoch der Organismus auf Grund der Glucosehomöostase bestrebt ist, das Glucoseniveau konstant zu halten, können derartige Beobachtungen statistisch kaum abgesichert werden. Dies ist auch ein Grund, weshalb viele Autoren der Konzentration an NEFA und Ketonkörpern eine größere Bedeutung zur Beschreibung der Stoffwechsellage beimessen. KUNZ et al. (1985) stellten in der Trockenstehzeit eine erhöhte NEFA-Konzentration bei den bedarfsgerecht gefütterten Kühen im Vergleich zu überfütterten Tieren fest (Tabelle 9). In den ersten 8 Wochen der darauffolgenden Laktation lag die Konzentration der freien Fettsäuren bei den ante partum überfütterten Tieren gegenüber den normversorgten auf Grund ausgeprägter Mobilisation höher, wenn auch statistisch nicht signifikant. Auch die Konzentration der Ketonkörper war höher. Zwischen NEFA und den Ketonkörpern Acetoacetat und β -Hydroxybutyrat bestand eine positive Korrelation von 0,89. GIESECKE (1987) gibt für Holstein Friesian Kühe eine Korrelation von 0,56 an. In der Untersuchung von REID et al. (1986) zeigte sich kein signifikanter Effekt der Vorbereitungsfütterung (dünne bzw. fette Kühe) auf die Parameter Glucose und β -Hydroxybutyrat. Basierend auf diesen Ergebnissen sehen die Autoren die Analyse der Lebertriglyceridgehalte zur Darstellung des Ausmaßes der Lipolyse besser geeignet (Tabelle 9). Die Fettinfiltration in die Leber war sowohl ante partum als auch post partum bei den fetten Kühen signifikant erhöht. Auch JAQUETTE et al. (1988) sowie auch JONES und GARNSWORTHY (1989) konnten keine Auswirkungen eines erhöhten Kraftfuttereinsatzes während der Hochträchtigkeit auf die Konzentration an Glucose bzw. NEFA post partum feststellen. BERTICS et al. (1992) führten die Energieübersorgung in der Trockenstehzeit über eine Zusatzernährung via Pansenkanüle herbei und stellten bei diesen Tieren in der Früh-laktation erhöhte Gehalte an NEFA und BHBA fest, jedoch niedrigere Blutglucosewerte und Leberglycogengehalte (Tabelle 9). STUDER et al. (1993) steigerten die Energieversorgung nicht mit herkömmlichen Futtermitteln, sondern mit Hilfe von Propylenglykol (1 Liter pro Tag über 2 Wochen ante partum). Dies führte post partum zu höheren Glucose- und niedrigeren NEFA-Konzentrationen sowie zu einer im Vergleich zur Kontrollgruppe geringeren Leberverfettung gemessen am Triglyceridgehalt des Lebergewebes (Tabelle 9). Daraus ziehen die Autoren den Schluss, dass Propylenglykol die postpartal einsetzende Mobilisation von Körperreserven wirkungsvoll eindämmen kann. In den Versuchen von GRUMMER et al. (1995) wurden Kalbinnen mit 40 % Kraftfutter über eine lange Zeit (24 Wo) extrem übersorgt. Dies führte im Vergleich zur Kontrollgruppe (ohne Kraftfutter) zu erhöhten Blutwerten an NEFA und β -Hydroxybutyrat während des ersten Laktationsdrittels sowie zu einer höheren Konzentration an Lebertriglyceriden (Tabelle 9). Wie auch BERTICS et al. (1992) stellten MINOR et al. (1998) fest, dass eine intensive

Energieversorgung vor der Abkalbung eine höhere Glycogenkonzentration im peripartalen Zeitraum zur Folge hat. MINOR et al. (1998) und auch DOEPEL et al. (2002) sehen als Vorteil einer intensiven Vorbereitungs fütterung, dass dadurch die Energiebilanz während der Hochträchtigkeit ausgeglichener ist. Im Gegensatz zu den meisten angeführten Arbeiten war die Konzentration an NEFA, BHBA und TG bei den überversorgten Kühen im peripartalen Zeitraum erniedrigt.

Tabelle 9: Energieversorgung ante partum und Konzentration von Stoffwechselmetaboliten

Table 9: Effect of prepartum feeding intensity on plasma metabolites

		Energieversorgung ante partum			Stoffwechselformparameter					Autor(en)
n	Gruppenbezeichnung	KF (kg/d, % d. IT)	Grundfutter	Zeit (Wo)	Parameter	ante partum	1d nach Abkalbung	post partum	Zeit (Wo)	
8 17	bedarfsgerecht überversorgt	0,0 kg 1,0 kg	Heu, Gras- u. Mais- pellets	10	Glucose (mmol/l)	2,5 2,6	k. A.	2,5 2,3	8	KUNZ et al. (1985)
					NEFA (mmol/l)	0,21 ^a 0,12 ^b	k. A.	0,19 0,27		
					BHB (mmol/l)	0,51 0,51	k. A.	0,86 1,10		
9 9	Körperkondition zur Abkalbung dünn fett	k. A.	Heu	32	TG (µm ³ /100 µm ³ Leber)	15,2 ⁵⁾ 30,8 ⁵⁾	k. A.	5,2 ^a 23,9 ^β	4	REID et al. (1986)
18 18	Energie niedrig Energie hoch	0,0 kg 9,0 kg	Weide	8	Glucose (mg/dl)	k. A.	k. A.	56,3 58,0	14	JAQUETTE et al. (1988)
12 12	Körperkondition zur Abkalbung dünn fett	k. A.	Weide u. Heu	12	Glucose (mmol/l)	k. A.	k. A.	1,59 1,54	20	JONES & GARNSWORTHY (1989)
					NEFA (meq/l)	k. A.	k. A.	0,22 0,24		
11 11	bedarfsgerecht Zwangs- ernährung mit Pansenkanüle	0,0 kg 0,0 kg	MS u. GS	2	Glucose (mg/dl)	70,3 ¹⁾	60,3 59,0	55,6 50,1	2	BERTICS et al. (1992)
					NEFA (µM)	385 ¹⁾	992 1064	500 ^a 824 ^b		
					BHBA (mg/dl)	8,0 ¹⁾	17,6 18,1	17,1 ⁷⁾ 32,4 ⁷⁾		
					TG (% T)	7,1 ¹⁾	23,2 ^a 12,4 ^β	26,9 25,3	4	
					Glycogen (% T)	1,3 ¹⁾	2,5 4,3	3,6 2,7		
11 13	Kontrolle PG	0L PG 1L PG	Heu	2	TG (% T)	1,6 ¹⁾	14,5 ^a 5,0 ^b	17,3 ^a 7,2 ^b	3	STUDER et al. (1993)
38 38	bedarfsgerecht überversorgt	0,0 % 40,0 %	GS	24	Glucose (mg/dl)	k. A.	k. A.	63,9 62,6	14	GRUMMER et al. (1995) Kalbinnen
					NEFA (µM)	k. A.	k. A.	588 ^a 746 ^b		
					BHBA (mg/dl)	k. A.	k. A.	14,0 ^a 18,5 ^b		
					TG (% T)	k. A.	k. A.	4,4 ⁷⁾ 5,6 ⁷⁾		

		Energieversorgung ante partum			Stoffwechselfparameter					Autor(en)
n	Gruppenbezeichnung	KF (kg/d, % d. IT)	Grundfutter	Zeit (Wo)	Parameter	ante partum	Id nach Abkalbung	post partum	Zeit (Wo)	
37 37	Energie niedrig Energie hoch	13,0 % 56,5 %	GS u. MS, Stroh	3	Glucose (mg/dl)	59,4 62,2			9	MINOR et al. (1998) ⁴⁾
					Glycogen (% T)	4,5 ^A 6,8 ^B				
					NEFA (µM)	378 ^A 293 ^B				
					BHBA (mg/dl)	11,4 ^A 8,0 ^B				
					TG (% T)	5,0 4,1				
6 7	bedarfsgerecht übersorgt	0,0 kg 6,0 kg	GS u. MS	10	Glucose (mmol/l)	3,2 ⁶⁾ 3,5 ⁶⁾	k. A.	2,9 2,5	Woche 3	RUKK-WAMSUK et al. (1999c)
					NEFA (mmol/l)	0,3 ⁶⁾ 0,3 ⁶⁾	k. A.	0,5 ^a 0,9 ^β		
					TAG (mg/g Leber)	15,4 ⁶⁾ 15,3 ⁶⁾	k. A.	30,4 ^a 109,7 ^β		
40 40	Energie niedrig Energie noch	38 % ⁴⁾ 55 %	GS u. MS	3	NEFA (µM)	233 ^a 176 ^β	k. A.	212 ⁷⁾ 246 ⁷⁾	10	VANDEHAAR et al. (1999)
23 23	viel Struktur wenig Struktur	30 % 70 % ⁵⁾	Heu u. MS	4	NEFA (mEq/l)	854 ^{4, 7)} 662 ^{4, 7)}			6	HOLCOMB et al. (2001)
					Glucose (mg/dl)	64,7 ⁴⁾ 68,0 ⁴⁾				
14 14	GS u. Stroh GS	k. A.	GS u. Stroh	3	Glucose (mmol/l)	3,40 3,66	k. A.	3,36 ⁷⁾ 2,83 ⁷⁾	3	MOORBY et al. (2002)
					BHBA (mmol/l)	0,37 ^A 0,50 ^B	k. A.	1,24 ⁷⁾ 1,52 ⁷⁾		
8 8 8	Energie niedrig mittel hoch	k. A.	GS u. Heu	8	Glucose (mmol/l)	2,82 ^a 2,92 ^b 3,09 ^c	k. A.	2,70 2,93 2,91	12	HOLTENIUS et al. (2003)
					NEFA (mmol/l)	0,15 0,12 0,10	k. A.	0,24 0,27 0,35		
					BHBA (mmol/l)	1,10 1,33 1,12	k. A.	0,74 1,09 1,26		
28 28	bedarfsgerecht übersorgt	0,0 kg 3,0 kg	GS u. Stroh	5	Glucose (mmol/l)	3,09 3,12	3,69 3,76	3,93 3,94	8	RYAN et al. (2003)
					NEFA (mmol/l)	0,07 0,04	0,14 0,18	0,11 0,16		

¹⁾ Analysenmittelwert der gesamten Stichprobe

²⁾ 30 % Baumwollsamenschalen in der Ration

³⁾ 28,3 % Sojabohnenschalen im KF

⁴⁾ Durchschnittswert der Analysen ante und post partum

⁵⁾ p = 0,07

⁶⁾ Messwert: 1 Woche ante partum

⁷⁾ p ≤ 0,10

RUKKWAMSUK et al. (1999c) stellten dagegen in ihrer Untersuchung fest, dass sich eine höhere Fütterungsintensität vor der Abkalbung in höheren NEFA-Werten und stärkerer Leberverfettung äußert (Tabelle 9). Eine Energieunterversorgung vor der Abkalbung zwingt den Organismus zur Fettmobilisation, wie VANDEHAAR et al. (1999) nachweisen (Tabelle

9). Zu Laktationsbeginn zeigte sich dann allerdings eine höhere NEFA-Konzentration bei den überversorgten Kühen. Abweichend von vielen Autoren fanden HOLCOMB et al. (2001) bei präpartal energetisch höher versorgten Kühen geringere NEFA-Werte, wobei sie allerdings nur Ergebnisse für den gesamten peripartalen Zeitraum (d. h. ante partum und post partum gemeinsam) angeben (Tabelle 9). MOORBY et al. (2002) differenzierten die Vorbereitungs fütterung durch Verwendung von Stroh und weisen auf die ausgeprägtere Mobilisation von Körperreserven der besser versorgten Tiere hin, was sich in höheren BHBA-Werten sowohl ante partum als auch post partum manifestiert. HOLTENIUS et al. (2003) und auch RYAN et al. (2003) ermittelten bei Kühen, die in der Hochträchtigkeit intensiver gefüttert worden waren, post partum höhere Werte bei den Stoffwechselfparametern, die auf eine forcierte Lipomobilisation hinweisen (NEFA, BHBA). Allerdings waren die Unterschiede statistisch nicht signifikant. Die Blutglucosewerte zeigten sich keine Unterschiede (Tabelle 9).

6.2 Präpartale Energieversorgung und peripartale Energiebilanz

Die in Tabelle 10 angeführte Energiebilanz wird kalkuliert als Differenz zwischen NEL-Aufnahme über das Futter und NEL-Bedarf für Erhaltung, Gravidität und Milchleistung. In den Untersuchungen von KUNZ et al. (1985) führte die Überversorgung in der Trockenstehzeit zu einer negativen Energiebilanz in den ersten 8 Wochen der Laktation (Tabelle 10). Als Ursache führen KUNZ et al. (1985) den langsameren Anstieg der Futteraufnahme und die höhere Milchleistung bei den überversorgten Kühen im Vergleich zu den normversorgten Tieren zu Laktationsbeginn an. Die Autoren sehen somit eine Überversorgung ante partum als Nachteil, da dies zu einem länger andauernden und ausgeprägteren Energiedefizit zu Laktationsbeginn und somit zu einem erhöhten Ketoserisiko führt. Auch nach CHILLIARD (1989) bewirkt die energetische Überversorgung in der Trockenstehzeit eine höhere Einsatzleistung bei gleichzeitig verminderter Futteraufnahme post partum und ist somit als wesentlichste Ursache des postpartalen Energiedefizites zu sehen (Tabelle 10). Andere Untersuchungen zeigen dagegen keinen negativen Einfluss intensiver Vorbereitungs fütterung auf die Energiebilanz zu Beginn der Laktation. So war in den Versuchen von HOLTER et al. (1990) die postpartal über 14 Wochen gemessene Energiebilanz von Kühen mit intensiver Vorbereitungs fütterung nahezu ausgeglichen, während die vor der Abkalbung ohne Kraftfutter ernährten Kühe nach der Abkalbung eine negative Energiebilanz aufwiesen (Tabelle 10). Auch in den Untersuchungen von MINOR et al. (1998) sowie VANDEHAAR et al. (1999) bewirkte eine deutlich differenzierte Energieversorgung vor der Abkalbung keine Unterschiede in der Energiebilanz in der Laktation. Die Ergebnisse von RABELO et al. (2003) zeigen sogar einen leicht positiven Einfluss einer intensiven Vorbereitungs fütterung auf die Energiebilanz post partum (Tabelle 10). Es ist allerdings darauf hinzuweisen, dass der Einfluss der Vorbereitungs fütterung auf die Energiebilanz der darauffolgenden Laktation mit einer Ausnahme (HOLTER et al. 1990) in keinem der Versuche statistisch signifikant war. KERTZ et al. (1991) sowie DE VRIES et al. (1999) stellen generell fest, dass Kühe mit mehreren Abkalbungen zu Laktationsbeginn ein größeres Energiedefizit aufweisen als Kühe in der ersten Laktation. Als Ursache sehen DE VRIES et al. (1999) die höhere Milchleistung der multiparen Kühe.

Tabelle 10: Energieversorgung ante partum und peripartale Energiebilanz

Table 10: Effect of prepartum feeding intensity on periparturient energy balance

		Energieversorgung ante partum			Energiebilanz (MJ NEL/Tag)			Autor(en)
n	Gruppenbezeichnung	Dauer (Wo)	KF (kg/d, % d. IT)	Grundfutter	ante partum	post partum	Dauer (Wo)	
8 17	bedarfsgerecht übersorgt	10	0,0 kg 1,0 kg	Heu, Gras- u. Maispellets	-1,6 ^A +27,7 ^B	+1,1 -4,9	8	KUNZ et al. (1985)
25 25	Energie niedrig Energie hoch	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	+11,9 -19,4	8	CHILLIARD (1989) ¹⁾
15 15	Energie niedrig Energie hoch	3	0,0 kg 2,7 kg	MS u. GS	k. A.	-13,8 ^a -1,5 ^b	14	HOLTER et al. (1990)
40 40	Energie niedrig Energie hoch	3	38,0 % ²⁾ 55,0 %	GS u. MS	0,0 ^a 27,6 ^b	-34,8 -37,7	2	VANDE- HAAR et al. (1999)
37 37	Energie niedrig Energie hoch	3	13,0 % 56,5 %	GS u. MS, Stroh	0,4 ^A 30,9 ^B	14,3 15,3	40	MINOR et al. (1998)
30 30	Energie niedrig Energie hoch	4	22,8 % 48,0 %	GS u. MS, Stroh	16,3 ^A 33,9 ^B	-14,2 -9,8	10	RABELO et al. (2003)

¹⁾ keine Angabe zum Signifikanzniveau

²⁾ 30 % Baumwollsamenschalen in der Ration

6.3 Präpartale Energieversorgung und Hormone

Die intensiv ablaufenden Stoffwechselprozesse zu Laktationsbeginn werden in komplexer und komplizierter Weise durch Hormone gesteuert. Besondere Bedeutung in der Regulation des Energie- und Fettstoffwechsels haben die Hormone GH, Insulin, IGF I, T 3 und T 4 (KUNZ et al. 1985, BLUM et al. 1985, GIESECKE 1987, PETHES et al. 1985, WINDISCH et al. 1991, McNAMARA et al. 1994, GRUM et al. 1996, CHILLIARD et al. 1998, RUKKWAMSUK 1999c, CHARISMIADOU et al. 2000). Insulin hemmt die metabolischen Prozesse Gluconeogenese sowie Proteo- und Lipolyse und steigert die Acetat-Aufnahme des Fettgewebes zur Lipogenese (BLUM et al. 1985, GIESECKE 1987, CHILLIARD et al. 1998, MOORBY et al. 2000). Nach KUNZ et al. (1985) und GRUM et al. (1996) ist eine hohe Insulinkonzentration daher das Zeichen einer positiven Energiebilanz. GIESECKE (1987) sieht die Lipidmobilisation unmittelbar vor der Abkalbung als Folge der abnehmenden Insulinkonzentration. Seinen Untersuchungen zufolge steigt die Fettmobilisation erst bei Unterschreiten einer Insulinkonzentration von 10 mU/l an. Dagegen werden katabole Vorgänge durch eine steigende Konzentration an GH unterstützt. In noch ungeklärter Wechselwirkung mit IGF I wird ein Anstieg von GH als Folge einer mangelnden Energieversorgung gesehen (CHILLIARD et al. 1998). Verminderte Konzentrationen an T 3 und T 4 sind die Folge der restriktiven Energieversorgung, was als „Energiespareffekt“ bezeichnet wird (BLUM et al. 1985, CHILLIARD et al. 1998, MOORBY et al. 2000). Der Begriff „Energiespareffekt“ bezieht sich auf die verminderte Rate des Protein- und Fett-Turnovers und somit reduzierter Mobilisation von Körpermasse bei reduzierten Konzentrationen von T 3 und T 4 (CHILLIARD et al. 1998).

Zahlreiche Untersuchungen belegen den positiven Zusammenhang zwischen hoher Energieversorgung und der Insulinkonzentration während der Trächtigkeit. Darüber hinaus zeigen viele Versuche, dass eine intensive Vorbereitungs fütterung zu hohen Insulin-Werten auch

nach der Abkalbung führt (KUNZ et al. 1985, RUKKWAMSUK et al. 1999c, HOLCOMB et al. 2001, HOLTENIUS et al. 2003). Dagegen wird der Gehalt an GH zu Laktationsbeginn durch hohe Energieversorgung in der Trockenphase erniedrigt (KUNZ et al. 1985, JONES und GARNSWORTHY 1989). Auch im Falle der Hormonkonzentrationen ist darauf hinzuweisen, dass in allen angeführten Versuchen besonders zu Laktationsbeginn nur Trends sichtbar werden und eine statistische Absicherung nicht vorliegt (Tabelle 11).

Tabelle 11: Energieversorgung ante partum und Konzentration von Stoffwechselformonen

Table 11: Effect of prepartum feeding intensity on the hormonal response

n	Gruppenbezeichnung		Dauer (Wo)	KF (kg/d, % d. IT)	Grundfutter	Parameter	ante partum	post partum	Dauer (Wo)	Autor(en)
8 17	bedarfsgerecht übersorgt		10	0,0 kg 1,0 kg	Heu, Gras- u. Mais- pellets	Insulin (mU/l)	7,1 ^a 13,6 ^b	7,0 8,2	8	KUNZ et al. (1985)
						GH (µg/l)	3,6 ^a 2,1 ^b	4,3 3,0		
						T 4 (nmol/l)	69 90	57 60		
						T 3 (nmol/l)	1,1 ^a 1,7 ^b	1,9 2,1		
18 18	Energie niedrig Energie hoch		8	0,0 kg 9,0 kg	Weide	Insulin (µU/ml)	k. A.	5,7 6,8	14	JAQUETTE et al. (1988)
12 12	Körperkon- dition zur Abkalbung	dünn fett	12	k. A.	Weide, Heu	GH (µg/l)	k. A.	11,5 10,0	20	JONES & GARNSWORTHY (1989)
6 7	bedarfsgerecht übersorgt		10	0,0 kg 6,0 kg	GS, MS	Insulin (µU/ml)	8,0 ¹⁾ 12,6 ¹⁾	7,4 9,9	3	RUKK- WAMSUK et al. (1999c)
20 21	viel Struktur wenig Struktur		4	30,0 % 70,0 % ²⁾	Heu u. MS	Insulin (ng/ml)	0,5 ^a 0,6 ^b		6	HOLCOMB et al. (2001)
8 8 8	Energie	niedrig mittel hoch	8 – 5	k. A.	GS u. Heu	Insulin (µU/ml)	9,1 9,8 16,2	4,5 4,6 5,2	1 – 4	HOLTE- NIUS et al. (2003) ³⁾
			4 – 1				5,8 6,2	5 – 8		
							7,3 10,4 18,5	5,8 5,9 8,3 7,0	9 – 12	

¹⁾ 1 Woche ante partum

²⁾ 28,3 % Sojabohnenschalen im KF

³⁾ Effekt der Energieversorgung signifikant (p<0,001), keine Informationen zum Gruppenvergleich

Resümee: Unmittelbar vor, insbesondere aber in den ersten Wochen nach der Abkalbung sind die Kühe nicht in der Lage, ihren Nährstoffbedarf über die Futteraufnahme vollständig zu decken. Katabole Stoffwechselprozesse, wie die Glyco-, Proteo- und Lipolyse, wirken dem peripartal entstehenden Nährstoffdefizit entgegen. Übersteigt das Ausmaß dieser Abbauvorgänge physiologische Grenzen, kommt es gehäuft zu pathologischen Veränderungen von Organen (z.B. Fettleber) und zu Leistungsdepressionen. Verschiedene

Blutmetabolite sowie Hormone spiegeln den Ernährungsstatus wider. Hohe Leberglycogengehalte sowie hohe Glucose-, Insulin-, T 3- und T 4-Konzentrationen im Blut im peripartalen Zeitraum kennzeichnen eine ausgeglichene oder positive Energiebilanz. Dagegen sind hohe Gehalte des Wachstumshormons (GH) und der Metabolite NEFA, BHBA sowie Triglyceridgehalte im Lebergewebe Hinweise auf ausgeprägte katabole Stoffwechselprozesse und folglich einer negativen Energiebilanz.

Im Gegensatz zur Überversorgung ante partum schränkt eine bedarfsgerechte Versorgung die peripartal ablaufende Körpermobilisation ein und fördert die insulinabhängige Glycogen- und Fettsynthese. Der steilere Anstieg der Futteraufnahme zu Laktationsbeginn führt verbunden mit niedrigeren Einsatzleistungen zu einem ausgeglicheneren Ernährungsstatus der Kuh. Das Ausmaß des Energiedefizits zu Laktationsbeginn ist dadurch deutlich geringer. Dies zeigt sich auch in höheren Glucosekonzentration post partum.

Eine energetische Überversorgung vor der Abkalbung führt zu verringerter Futteraufnahme am Beginn der Laktation, gleichzeitig aber zu hohen Einsatzleistungen. Durch die Mobilisation von Körpermasse versucht der Organismus, dem peripartal entstehenden Energiedefizit entgegenzuwirken. Dabei ist die Mobilisation von Depotfett wesentlich wichtiger als der Abbau von Protein und Glycogen. Die durch Lipolyse entstandenen freien Fettsäuren (NEFA) werden von den Fettdepots über die Blutbahn zur Leber transportiert, wo sie erneut zu Triglyceriden verestert und entweder gespeichert oder als VLDL aus der Leberzelle ausgeschleust werden. Letztlich werden die Fettsäuren über die β -Oxidation und den Zitrat-Zyklus zur Energiegewinnung herangezogen (BERG et al. 2003). Kann jedoch in Folge des Mangels an Oxalacetat in der Leberzelle – das gleichzeitig ein entscheidender Metabolit für die Gluconeogenese aus Propionat ist – aus dem Abbau von NEFA stammendes Acetyl-CoA im Zitratzyklus nicht oxydiert werden, bilden sich vermehrt die Stoffwechselprodukte β -Hydroxybutyrat, Aceton, Acetacetat (BERGMAN 1971). Kann die physiologische Blutglucosekonzentration nicht mehr aufrechterhalten werden (wahrscheinlich durch die Suppression der Gluconeogenese durch anhaltend hohe Ketonkörperkonzentrationen) kommt es zur klinischen Ausprägung der Ketose. Die Überversorgung in der Trockenstehzeit führt zu einem größeren und länger andauernden Energiedefizit zu Laktationsbeginn, welches in erhöhten Konzentrationen an NEFA und Ketonkörpern sowie Triglyceriden im hepatischen Gewebe sichtbar wird und ein erhöhtes Risiko für die Erkrankungen Fettlebersyndrom und Ketose bedingt.

7 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Futteraufnahme: Eine Unterversorgung während der Trächtigkeit resultiert in einer höheren Futteraufnahme zu Laktationsbeginn, eine Energieüberversorgung vor der Abkalbung vermindert sie. Durch den geringeren Anstieg der Futteraufnahme erreichen diese Kühe ihre maximale Futteraufnahme später. Im peripartalen Zeitraum kommt der physiologischen Regulation der Futteraufnahme eine größere Bedeutung zu als der physikalischen. Mäßige Kraftfuttermengen vor der Abkalbung wirken positiv auf die Futteraufnahme zu Laktationsbeginn. Der Grund liegt in der dadurch möglichen Anpassung der Mikrobenpopulation an die Rationsbedingungen während der Laktation und der vergrößerten Absorptionsoberfläche im Pansen.

Lebendmasse und Körperkondition: Auf Grund der massiven Fötus- und Euterentwicklung in den letzten Wochen der Trächtigkeit mobilisieren unterversorgte Kühe bereits vor der Abkalbung Fett- und Proteinreserven. Nach der Abkalbung ist folglich das Ausmaß ihrer Mobilisation geringer als bei präpartal überversorgten Kühen. Letztere bilden vor der Abkalbung große Depotfettreserven, die sie jedoch auf Grund hormoneller und metabolischer Regulationsmechanismen nach der Abkalbung innerhalb kurzer Zeit abbauen. Die Veränderung der Lebendmasse zur Beschreibung der Mobilisierung und Wiederauffüllung von Körperreserven ist nicht sehr aussagefähig (Bildung von Wasser bei der β -Oxidation, Veränderung der Füllung des Verdauungstraktes, Entwicklung von Fötus und Euter). Demgegenüber ist der Body Condition Score ein bewährtes Instrument zur visuellen und taktilen Ermittlung der Depotfettauflage. Zahlreiche Untersuchungen weisen darauf hin, dass sich unabhängig vom präpartalen Versorgungsniveau nach mehreren Laktationswochen ein BCS von 2,5 bis 3,0 einstellt.

Milchleistung: Nach der Abkalbung füllen präpartal unterversorgte Kühe vorrangig ihre Körperreserven auf, weswegen ihre Milchleistung zu Laktationsbeginn niedriger ist. Allerdings zeichnen sie sich durch eine höhere Persistenz aus. Zudem verwerten sie die aufgenommenen Nährstoffe effizienter als überversorgte Tiere. Vor der Abkalbung überversorgte Kühe beginnen die Laktation mit hohen Einsatzleistungen. Diese Kühe erreichen vergleichbare Laktationsleistungen in der Regel nur durch umfangreiche Körpermobilisation. Ein erhöhter Milchfettgehalt spiegelt den verstärkten Depotfettabbau wider. Die verringerte Nährstoffaufnahme post partum verbunden mit den negativen gesundheitlichen Folgen der Fettmobilisation senken die Milchleistung im Laktationsverlauf auf ein niedrigeres Niveau ab. Entscheidend zur Erreichung hoher Laktationsleistungen ist die Eindämmung des postpartal entstehenden Energiedefizits durch optimale, den Pansenstoffwechsel unterstützende Fütterungsmaßnahmen.

Stoffwechsel: Unmittelbar vor und nach der Abkalbung sind die Kühe nicht in der Lage, ihren Nährstoffbedarf über die Futteraufnahme vollständig zu decken. Katabole Stoffwechselprozesse, wie die Glyco-, Proteo- und Lipolyse, wirken dem peripartal entstehenden Nährstoffdefizit entgegen. Das restriktive Nährstoffangebot ante partum schränkt auf Grund der erhöhten Futteraufnahme und verringerten Milchleistung zu Laktationsbeginn die Körpermobilisation post partum ein. Präpartal unterversorgte Kühe weisen zu Laktationsbeginn geringere Konzentrationen an NEFA, BHBA und Triglyceriden im hepatischen Gewebe auf. Ihre erhöhten Glucose-, Glycogen- und Insulinkonzentrationen post partum weisen auf einen ausgeglichenen Ernährungsstatus der Kuh hin. Der massive Körperfettabbau post partum von präpartal überversorgten Kühen führt zu signifikant höheren Konzentrationen an NEFA. Die bei Ketose teilweise blockierte Verstoffwechslung der freien Fettsäuren äußert sich in erhöhten Ketonkörpergehalten in Milch, Blut und Harn. Weiters stellt der erhöhte Gehalt an Triglyceriden im hepatischen Gewebe eine unzureichende Nutzung der NEFA für die Energieversorgung der Kuh dar. Im Gegensatz zu präpartal bedarfsgerecht versorgten Kühen geraten vor der Abkalbung überversorgte Tiere in ein umfangreiches und lang andauerndes Energiedefizit.

Schriftum:

1. AGENÄS, S., BURSTEDT, E., HOLTENIUS, K. (2003): Effects of feeding intensity during the dry period. 1. Feed intake, body weight, and milk production. *J. Dairy Sci.* 86, 870-882
2. ARMENTANO, L.E. (1992): Ruminant hepatic metabolism of volatile fatty acids, lactate and pyruvate. *J. Nutr.* 122, 838-842
3. BAIRD, G.D., HEITZMAN, R.J., HIBBITT, K.G., HUNTER, G.D. (1974): Bovine ketosis: A review with recommendations for control and treatment. Part II. *Brit. Vet. J.* 130, 318-326
4. BALLARD, C.S., MANDEBVU, P., SNIFFEN, C.J., EMANUELE, S.M., CARTER, M.P. (2001): Effect of feeding an energy supplement to dairy cows pre- and postpartum on intake, milk yield, and incidence of ketosis. *Anim. Feed Sci. Technol.* 93, 55-69
5. BAUCHART, D. (1993): Lipid absorption and transport in ruminants. *J. Dairy Sci.* 76, 3864-3881
6. BAUMAN, D.E., CURRIE, W.B. (1980): Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: A review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. *J. Dairy Sci.* 63, 1514-1529
7. BELL, A.W. (1995): Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. *J. Dairy Sci.* 73, 2804-2819
8. BELL, A.W., SLEPTIS, R., EHRHARDT, R.A. (1995): Growth and accretion of energy and protein in the gravid uterus during late pregnancy in Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 78, 1954-1961
9. BERG, J.M., TYMOCZKO, J.L., STRYER, L. (2003): *Biochemie*. 5. Aufl., Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg und Berlin, 1153 S.
10. BERGMAN, E.N. (1971): Hyperketonemia-ketogenesis and ketone body metabolism. *J. Dairy Sci.* 54, 936-948
11. BERTICS, S., GRUMMER, R.R., CADORNIGA-VALINO, C., STODDARD, E.E. (1992): Effect of prepartum dry matter intake on liver triglyceride concentration in early lactation. *J. Dairy Sci.* 75, 1914-1922
12. BLUM, J.W., JANS, F., MOSES, W., FRÖHLI, D., ZEMP, M., WANNER, M., HART, I.C., THUN, R., KELLER, U. (1985): Twentyfour-hour pattern of blood hormone and metabolite concentrations in high yielding dairy cows: Effects of feeding low or high amounts of starch, or crystalline fat. *Zbl. Vet. Med. A*, 32, 401-418
13. BOCQUIER, F., FERLAY, A., CHILLIARD, Y. (1997): Effects of body lipids and energy balance on the response of plasma non-esterified fatty acids to a β -adrenergic challenge in the lactating dairy ewe. *Proc. 14th Symp. on Energy Metabolism*, CAB International, 167-170
14. BOISCLAIR, Y., GRIEVE, D.G., STONE, J.B., ALLEN, O.B., MACLEOD, G.K. (1986): Effect of prepartum energy, body condition, and sodium bicarbonate on production of cows in early lactation. *J. Dairy Sci.* 69, 2637-2647
15. BOTTS, R.L., HEMKEN, R.W., BULL, L.S. (1979): Protein reserves in the lactating dairy cow. *J. Dairy Sci.* 62, 433-440
16. BREMMER, D.R., TROWER, S.L., BERTICS, S.J., BESONG, S.A., BERNABUCCI, U., GRUMMER, R.R. (2000): Etiology of fatty liver in dairy cattle: Effects of nutritional and hormonal status on hepatic microsomal triglyceride transfer protein. *J. Dairy Sci.* 83, 2239-2251
17. CASTLE, M.E., WATSON, J.N. (1961): The effect of level of concentrate feeding before and after calving on the production of dairy cows. *J. Dairy Res.* 28, 231-243
18. CHARISMIADOU, M.A., BIZELIS, J.A., ROGDAKIS, E. (2000): Metabolic changes during the perinatal period in dairy sheep in relation to level of nutrition and breed. 1. Late pregnancy. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* 84, 61-72
19. CHILLIARD, Y., ROBELIN, J. (1983): Mobilization of body proteins by early lactating dairy cows measured by slaughter and D₂O dilution techniques. 4th Int. Symp. Protein Metabolism and Nutrition, INRA Publ. II (les Colloques de l'INRA, n° 16), 195-198

20. CHILLIARD, Y. (1989): Physiological constraints to milk production: Factors which determine nutrient partitioning, lactation persistency and mobilization of body reserves. Feeding dairy cows in the tropics, FAO Animal Production and Health Paper 86, 22-35
21. CHILLIARD, Y. (1992): Physiological constraints to milk production: Factors which determine nutrient partitioning, lactation persistency, and mobilisation of body reserves. World Review of Animal Production, Volume 27, Nr. 1, 20-26
22. CHILLIARD, Y. (1993): Dietary fat and adipose tissue metabolism in ruminants, pigs, and rodents: A Review. J. Dairy Sci. 76, 3897-3931
23. CHILLIARD, Y., BOCQUIER, F., DOREAU, M. (1998): Digestive and metabolic adaptations of ruminants to undernutrition, and consequences on reproduction. Reprod. Nutr. Dev. 38, 131-152
24. CHILLIARD, Y. (1999): Metabolic adaptations and nutrient partitioning in the lactating animal. Biology of Lactation, (eds. MARTINET, J., HOUEBINE, L.M.), INRA Editions, Paris, France, 503-552
25. CHILLIARD, Y., FERLAY, A., FAULCONNIER, Y., BONNET, M., ROUEL, J., BOCQUIER, F. (2000): Adipose tissue metabolism and its role in adaptations to undernutrition in ruminants. Proc. Nutr. Soc. 59, 127-134
26. DANN, H.M., VARGA, G.A., PUTNAM, D.E. (1999): Improving energy supply to late gestation and early postpartum dairy cows. J. Dairy Sci. 82, 1765-1778
27. DAVENPORT, D.G., RAKES, A.H. (1969): Effects of prepartum feeding level and body condition on the postpartum performance of dairy cows. J. Dairy Sci. 52, 1037-1043
28. DEWHURST, R.J., MOORBY, J.M., DHANOA, M.S., EVANS, R.T., FISHER, W.J. (2000): Effects of altering energy and protein supply to dairy cows during the dry period. 1. Intake, body condition, and milk production. J. Dairy Sci. 83, 1782-1794
29. DEWHURST, R.J., MOORBY, J.M., DHANOA, M.S. FISHER, W.J. (2002): Effects of level of concentrate feeding during the second gestation of Holstein-Friesian dairy cows. 1. Feed intake and milk production. J. Dairy Sci. 85, 169-177
30. DE VRIES, M.J., VAN DER BEEK, S., KAAL-LANSBERGEN, L.M.T.E., OUWELTJES, W., WILMINK, J.B.M. (1999): Modelling of energy balance in early lactation and the effect of energy deficits in early lactation on first estrus postpartum in dairy cows. J. Dairy Sci. 82, 1927-1934
31. DOEPEL, L., LAPIERRE, H., KENNELLY, J.J. (2002): Peripartum performance and metabolism of dairy cows in response to prepartum energy and protein intake. J. Dairy Sci. 85, 2315-2334
32. DRACKLEY, J.K. (1999): Biology of dairy cows during the transition period: The final frontier? J. Dairy Sci. 82, 2259-2273
33. DRACKLEY, J.K. (2002): Transition cow management and periparturient metabolic disorders. Recent Developments and Perspectives in Bovine Medicine, 22nd World Buiatrics Congress, Hannover, 224-235
34. DUCKER, M.J., HAGGETT, R.A., FISHER, W.J., MORANT, S.V. (1985): The effect of level of feeding in late pregnancy and around the time of insemination on the reproductive performance of first lactation dairy heifers. Anim. Prod. 41, 1-12
35. DUNSHEA, F.R., BELL, A.W. (1990): Non-esterified fatty acid and glycerol kinetics and fatty acid re-esterification in goats during early lactation. Br. J. Nutr. 64, 133-145
36. EDMONSON, A.J., LEAN, I.J., WEAVER, L.D., FARVER, T., WEBSTER, G. (1989): A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. J. Dairy Sci. 72, 68-78
37. EMERY, R.S., HAFS, H.D., ARMSTRONG, D., SNYDER, W.W. (1969): Prepartum grain feeding effects on milk production, mammary edema, and incidence of diseases. J. Dairy Sci. 52, 345-351
38. EMERY, R.S., LIESMAN, J.S., HERDT, T.H. (1992): Metabolism of long chain fatty acids by ruminant liver. J. Nutr. 122, 832-837
39. ENJALBERT, F., NICOT, M.C., BAYOURTHE, C., MONCOULON, R. (2001): Ketone bodies in milk and blood of dairy cows: Relationship between concentrations and utilization for detection of subclinical ketosis. J. Dairy Sci. 84, 583-589

40. FISCHER, B., MÄURER, H., ENGELHARD, T., HAACKER, W. (2002): Zur Futteraufnahme und Energieversorgung von Kühen in der frühen Trockenstehphase. *Veterinarija ir Zootechnika* 19 (41), 41-48
41. FLIPOT, P.M., ROY, G.L., DUFOUR, J.J. (1988): Effect of peripartum energy concentration on production performance of Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 71, 1840-1850
42. FLUX, D.S. (1950): The effect of undernutrition before calving on the quantity and composition of milk produced by two year-old heifers. *J. Agric. Sci. (Camb.)* 40, 177-184
43. FOX, D.G., VAN AMBURGH, M.E., TYLUTKI, T.P (1999): Predicting requirements for growth, maturity, and body reserves in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 82, 1968-1977
44. FRONK, T.J., SCHULTZ, L.H., HARDIE, A.R. (1980): Effect of dry period overconditioning on subsequent metabolic disorders and performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 63, 1080-1090
45. FÜRST, C. (2000): Züchtung auf hohe Milchleistung. 27. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Bericht BAL Gumpenstein, 5-10
46. GARDNER, R.W. (1969): Interactions of energy levels offered to Holstein cows prepartum and postpartum. 1. Production responses and blood composition changes. *J. Dairy Sci.* 52, 1973-1984
47. GARNSWORTHY, P.C., TOPPS, J.H. (1982): The effect of body condition of dairy cows at calving on their food intake and performance when given complete diets. *Anim. Prod.* 35, 113-119
48. GARNSWORTHY, P.C., JONES, G.P. (1987): The influence of body condition at calving and dietary protein supply on voluntary food intake and performance in dairy cows. *Anim. Prod.* 44, 347-353
49. GARNSWORTHY, P.C., HUGGETT, C.D. (1992): The influence of the fat concentration of the diet on the response by dairy cows to body condition at calving. *Anim. Prod.* 54, 7-13
50. GARNSWORTHY, P.C., JONES, G.P. (1993): The effects of dietary fibre and starch concentrations on the response by dairy cows to body condition at calving. *Anim. Prod.* 57, 15-21
51. GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNGSPHYSIOLOGIE [GfE] – Ausschuss für Bedarfsnormen (2001): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchtrinder, DLG-Verlag, 136 S.
52. GIESECKE, D. (1987): Lipidmobilisation und Insulinfunktion bei Kühen mit hoher Milchleistung. *Advances Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 18, 81 S.
53. GILLUND, P., REKSEN, O., GRÖHN, Y.T., KARLBERG, K. (2001): Body Condition related to ketosis and reproductive performance in Norwegian dairy cows. *J. Dairy Sci.* 84, 1390-1396
54. GOFF, J.P., HORST, R.L. (1997): Physiological changes at parturition and their relationship to metabolic disorders. *J. Dairy Sci.* 80, 1260-1268
55. GREENHALGH, J.F.D., GARDNER, K.E. (1958): Effect of heavy concentrate feeding before calving upon lactation and mammary gland edema. *J. Dairy Sci.* 41, 822-829
56. GREIMEL, M. (1999): Milchviehspezial- und Zweinutzungsrassen im betriebswirtschaftlichen Vergleich. ZAR Seminar – Zuchtziele beim Rind, Salzburg, Tagungsunterlagen, 10-14
57. GRUFFAT, D., DURAND, D., CHILLIARD, Y., WILLIAMS, P., BAUCHART, D. (1997): Hepatic gene expression of apolipoprotein B100 during early lactation in underfed, high producing dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80, 657-666
58. GRUM, D.E., DRACKLEY, J.K., YOUNKER, R.S., LaCOUNT, D.W., VEENHUIZEN, J.J. (1996): Nutrition during the dry period and hepatic lipid metabolism of periparturient dairy cows. *J. Dairy Sci.* 79, 1850-1864
59. GRUMMER, R.R. (1993): Etiology of lipid-related metabolic disorders in periparturient dairy cows. *J. Dairy Sci.* 76, 3882-3896
60. GRUMMER, R.R. (1995): Impact of changes in organic nutrient metabolism on feeding the transition dairy cow. *J. Dairy Sci.* 78, 2820-2833
61. GRUMMER, R.R., HOFFMAN, P.C., LUCK, M.L., BERTICS, S.J. (1995): Effect of prepartum and postpartum dietary energy on growth and lactation of primiparous cows. *J. Dairy Sci.* 78, 172-180

62. GULAY, M.S., HAYEN, M.J., BACHMAN, K.C., BELLOSO, T., LIBONI, M., HEAD, H.H. (2003): Milk production and feed intake of Holstein cows given short (30-d) or normal (60-d) dry periods. *J. Dairy Sci.* 86, 2030-2038
63. HAMMOND, J. (1944): Physiological factors affecting birth weight. *Proc. Nutr. Soc.* 2, 8-12
64. HERNANDEZ-URDANETA, A., COPPOCK, C.E., McDOWELL, R.E., PIANOLA, D., SMITH, N.E. (1976): Changes in forage-concentrate ratio of complete feeds for dairy cows. *J. Dairy Sci.* 59, 695-706
65. HOLCOMB, C.S., VAN HORN, H.H., HEAD, H.H., HALL, M.B., WILCOX, C.J. (2001): Effects of prepartum dry matter intake and forage percentage on postpartum performance of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 84, 2051-2058
66. HOLTENIUS, K., AGENÄS, S., DELAVAUD, C., CHILLIARD, Y. (2003): Effects of feeding intensity during the dry period. 2. Metabolic and hormonal responses. *J. Dairy Sci.* 86, 883-891
67. HOLTER, J.B., SLOTNICK, M.J., HAYES, H.H., BOZAK, C.K. (1990): Effect of prepartum dietary energy on condition score, postpartum energy, nitrogen partitions, and lactation production responses. *J. Dairy Sci.* 73, 3502-3511
68. INGVARTSEN, K.L., ANDERSEN, J.B. (2000): Integration of metabolism and intake regulation: a review focusing on periparturient animals. *J. Dairy Sci.* 83, 1573-1597
69. JAQUETTE, R.D., RAKES, A.H., CROOM, W.J. (1988): Effects of body condition and protein on milk fat depression in early lactation dairy cows. *J. Dairy Sci.* 71, 2123-2134
70. JOHNSON, D.G., OTTERBY, D.E. (1981): Influence of dry period diet on early postpartum health, feed intake, milk production, and reproductive efficiency of Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 64, 290-295
71. JONES, G.P., GARNSWORTHY, P.C. (1989): The effects of dietary energy content on the response of dairy cows to body condition at calving. *Anim. Prod.* 49, 183-191
72. JORRITSMA, R., JORRITSMA, H., SCHUKKEN, Y. H., BARTLETT, P.C., WENSING, T., WENTINK, G.H. (2001): Prevalence and indicators of post partum fatty infiltration of the liver in nine commercial dairy herds in The Netherlands. *Livest. Prod. Sci.* 68, 53-60
73. KEADY, T.W.J., MAYNE, C.S., FITZPATRICK, D.A. McCOY, M.A. (2001): Effect of concentrate feed level in late gestation on subsequent milk yield, milk composition, and fertility of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 84, 1468-1479
74. KERTZ, A.F., REUTZEL, L.F., THOMSON, G.M. (1991): Dry matter intake from parturition to midlactation. *J. Dairy Sci.* 74, 2290-2295
75. KIRCHGESSNER, M., BAUER, T.G., EIDELSBURGER U., SCHWARZ, F.J. (1995): Zur Futteraufnahme von Kühen und Kalbinnen in der Hochträchtigkeit bei Maissilage-Vorlage. *Arch. Anim. Nutr.* 48, 367-379
76. KOLVER, E.S., MACMILLAN, K.L. (1993): Short term changes in selected metabolites in pasture fed dairy cows during peak lactation. *Proc. New Zealand Soc. Anim. Prod.* 53, 77-81
77. KOMARAGIRI, V.S., CASPER, D.P., ERDMAN, R.A. (1998): Factors affecting body tissue mobilization in early lactation dairy cows. 2. Effect of dietary fat on mobilization of body fat and protein. *J. Dairy Sci.* 81, 169-175
78. KRONFELD, D.S., DONOGHUE, S., COPP, R.L., STEARNS, F.M., ENGLE, R.H. (1982): Nutritional status of dairy cows indicated by analysis of blood. *J. Dairy Sci.* 65, 1925-1933
79. KUNZ, P.L., BLUM, J.W., HART, I.C., BICKEL, H., LANDIS, J. (1985): Effects of different energy intakes before and after calving on food intake, performance and blood hormones and metabolites in dairy cows. *Anim. Prod.* 40, 219-231
80. KUNZ, P.L., BLUM, J.W. (1985): Relationships between energy balances and blood levels of hormones and metabolites in dairy cows during late pregnancy and early lactation. *Tierphysiol., Tierernährg. u. Futtermittelkde.* 54, 239-248
81. LODGE, G.A., FISHER, L.J., LESSARD, J.R. (1975): Influence of prepartum feed intake on performance of cows fed ad libitum during lactation. *J. Dairy Sci.* 58, 696-702

82. MÄNTYSAARI, P. (1996): The effect of feeding level during pregnancy on performance of primiparous cows. 47th Annual EAAP Meeting, Lilehammer, Norway
83. MARTIN, O., SAUVANT, D. (2002) : Metaanalysis of input/output kinetics in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 85, 3363-3381
84. MASHEK, D.G., BEEDE, D.K. (2001): Peripartum responses of dairy cows fed energy-dense diets for 3 or 6 weeks prepartum. *J. Dairy Sci.* 84, 115-125
85. MASHEK, D.G., BERTICS, S.J., GRUMMER, R.R. (2002): Metabolic fate of long-chain unsaturated fatty acids and their effects on palmitic acid metabolism and gluconeogenesis in bovine hepatocytes. *J. Dairy Sci.* 85, 2283-2289
86. MAZUR, A., GUEUX, E., CHILLIARD, Y., RAYSSIGUR, Y. (1988): Changes in plasma lipoproteins and liver fat content in dairy cows during early lactation. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* 59, 233-237
87. McNAMARA, J.P. (1991): Regulation of adipose tissue metabolism in support of lactation. *J. Dairy Sci.* 74, 706-719
88. McNAMARA, J.P. (1994): Lipid metabolism in adipose tissue during lactation: a model of a metabolic control system. *J. Nutr.* 124, 1383-1391
89. McNAMARA, J.P. (1997): Adipose tissue mobilisation during lactation: Where do we go from here? *Proc. Nutr. Soc.* 56, 149-167
90. McNAMARA, J.P. (2003): Effects of different transition diets on dry matter intake, milk production, and milk composition in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86, 2397-2408
91. MILLS, S.E., BEITZ, D.C., YOUNG, J.W. (1986): Evidence for impaired metabolism in liver during induced lactation ketosis of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 69, 362-370
92. MINOR, D.J., TROWER, S.L., STRANG, B.D., SHAVER, R.D., GRUMMER, R.R. (1998): Effects of nonfiber carbohydrate and niacin on periparturient metabolic status and lactation of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 81, 189-200
93. MOLLE, G., SAN JUAN, L., MARONGIU, L., BOMBOI, G., LIGIOS, C., SANNA, A., DISKIN, M.G., CASU, S. (1997): Effects of BCS at calving and suckling frequency on postpartum anoestrus interval, plasma metabolites and performance of suckled cows. 48th Annual EAAP Meeting, Vienna, Austria, Poster No. 521.
94. MOORBY, J., DEWHURST, R. (1999): Feeding dry cows - down but not out. *IGER INNOVATIONS*, 53-57
95. MOORBY, J.M., DEWHURST, R.J., TWEED, J.K.S., DHANOA, M.S., BECK, N.F.G. (2000): Effects of altering the energy and protein supply to dairy cows during the dry period. 2. Metabolic and hormonal responses. *J. Dairy Sci.* 83, 1795-1805
96. MOORBY, J.M., DEWHURST, R.J., EVANS, R.T., FISHER, W.J. (2002): Effects of varying the energy and protein supply to dry cows on high forage systems. *Livest. Prod. Sci.* 76, 125-136
97. MOTTRAM, T.T., DOBBELAAR, P., SCHUKKEN, Y.H., HOBBS, P.J., BARTLETT, P.N. (1999): An experiment to determine the feasibility of automatically detecting hyperketonaemia in dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 61, 7-11
98. NATIONAL RESEARCH COUNCIL [NRC] (2001): Unique aspects of dairy cattle nutrition. In: *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th revised edition, National Academy Press, Washington D.C., 184-213
99. NOCEK, J.E., STEELE, R.L., BRAUND, D.G. (1986): Prepartum grain feeding and subsequent lactation forage program effects on performance of dairy cows in early lactation. *J. Dairy Sci.* 69, 734-744
100. OLSSON, G., BERGSTEN, C., WIKTORSSON, H. (1998): The influence of diet before and after calving on the food intake, production and health of primiparous cows, with special reference to sole haemorrhages. *Anim. Sci.* 66, 75-86
101. PEDRON, O., CHELI, F., SENATORE, E., BAROLI, D., RIZZI, R. (1993): Effect of body condition score at calving on performance, some blood parameters, and milk fatty acid composition in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 76, 2528-2535

102. PETHES, G., BOKORI, J., RUDAS, P., FRENYO, V.L., FEKETE, S. (1985): Thyronine, triiodthyronine, reverse-triiodthyronine, and other physiological characteristics of periparturient cows fed restricted energy. *J. Dairy Sci.* 68, 1148-1154
103. QUIGLEY, J.D., DREWRY, J.J. (1998): Nutrient and immunity transfer from cow to calf pre- and post-calving. *J. Dairy Sci.* 81, 2779-2790
104. RABELO, E., BERTICS, S.J., MACKOVIC, J., GRUMMER, R.R. (2001): Strategies for increasing energy density of dry cow diets. *J. Dairy Sci.* 84, 2240-2249
105. RABELO, E., REZENDE, R.L., BERTICS, S.J., GRUMMER, R.R. (2003): Effects of transition diets varying in dietary energy density on lactation performance and ruminal parameters of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86, 916-925
106. REID, I.M., ROBERTS, C.J., TREACHER, R.J., WILLIAMS, L.A. (1986): Effect of body condition at calving on tissue mobilization, development of fatty liver and blood chemistry of dairy cows. *Anim. Prod.* 43, 7-15
107. REIST, M., ERDIN, D., von EUW, D., TSCHUEMPERLIN, K., LEUENBERGER, H., CHILLIARD, Y., HAMMON, H.M., MOREL, C., PHILIPONA, C., ZBINDEN, Y., KUENZI, N., BLUM, J.W. (2002): Estimation of energy balance at the individual and herd level using blood and milk traits in high-yielding dairy cows. *J. Dairy Sci.* 85, 3314-3327
108. REYNOLDS, C.K., AIKMAN, P.C., LUPOLI, B., HUMPHRIES, D.J., BEEVER, D.E. (2003): Splanchnic metabolism of dairy cows during the transition from late gestation through early lactation. *J. Dairy Sci.* 86, 1201-1217
109. ROBERTS, C.J., REID, I.M., DEW, S.M., STARK, A.J., BAIRD, G.D., COLLINS, R., MATHER, D. (1978): The effects of underfeeding for 6 months during pregnancy and lactation on blood constituents, milk yield and body weight of dairy cows. *J. agric. Sci. (Camb.)* 90, 383-394
110. ROGERS, G.L., GREINGER, C., EARLE, D.F. (1979): Effect of nutrition of dairy cows in late pregnancy on milk production. *J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 19, 7-12
111. RUEGG, P.L., MILTON, R.L. (1995): Body condition scores of Holstein cows on Prince Edward Island, Canada: Relationships with yield, reproductive performance, and disease. *J. Dairy Sci.* 78, 552-564
112. RUKKWAMSUK, T., WENSING, T., GEELLEN, J.H. (1998): Effect of overfeeding during the dry period on regulation of adipose tissue metabolism in dairy cows during the periparturient period. *J. Dairy Sci.* 81, 2904-2911
113. RUKKWAMSUK, T., KRUIP, T.A.M., MEJER, G.A.L., WENSING, T. (1999a): Hepatic fatty acid composition in periparturient dairy cows with fatty liver induced by intake of a high energy diet in the dry period. *J. Dairy Sci.* 82, 280-287
114. RUKKWAMSUK, T., WENSING, T., GEELLEN, M.J.H. (1999b): Effect of fatty liver on hepatic gluconeogenesis in periparturient dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82, 500-505
115. RUKKWAMSUK, T., WENSING, T., GEELLEN, M.J.H. (1999c): Effect of overfeeding during the dry period on the rate of esterification in adipose tissue of dairy cows during the periparturient period. *J. Dairy Sci.* 82, 1164-1169
116. RYAN, G., MURPHY, J.J., CROSSE, S., RATH, M. (2003): The effect of pre-calving diet on post-calving cow performance. *Livest. Prod. Sci.* 79, 61-71
117. SCHMIDT, G.H., SCHULTZ, L.H. (1959): Effect of three levels of grain feeding during the dry period on the incidence of ketosis, severity of udder edema, and subsequent milk production of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 42, 170-179
118. SCHWARZ, F.J., BAUER, T.G., EIDELSBURGER, U., KIRCHGESSNER, M. (1995): Zur Futteraufnahme und Milchleistung von Kühen zu Laktationsbeginn nach unterschiedlicher Energieversorgung in der Hochträchtigkeit. *Wirtschaftseig. Futter* 41, 275-292
119. SCHWARZ, F.J. (2000): Fütterung hochleistender Milchkühe (Energie- und Proteinversorgung, Wiederkäuergerechtigkeit). 27. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Bericht BAL Gumpenstein, 19-25

120. SEGERT, A., v. LENGERKEN, G., FAHR, R.-D. (1996): Evaluation and impact of fat deposition in heifers and dairy cows. 47th Annual EAAP Meeting, Lillehammer, Norway, Cattle Commission, Session III, Free communication.
121. STEINGASS, H., VAN ACKERN, C., WOHLFORM, U., DROCHNER, W. (2002): Maßnahmen der Fütterung im peripartalen Zeitraum bei Milchkühen. Proc. 11th Conference on Nutrition of Domestic Animals, Radenci, Slovenia, 25-34
122. STUDER, V.A., GRUMMER, R.R., BERTICS, S.J., REYNOLDS, C.K. (1993): Effect of propylene glycol administration on periparturient fatty liver in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 76, 2931-2939
123. SWALVE, H.H. (1999): Gibt es Grenzen in der Zucht auf Milchleistung? – Aus der Sicht der Züchtung. *Züchtungskde.* 71, 428-436
124. SWANSON, E.W. (1960): Effect of rapid growth with fattening of dairy heifers on their lactational ability. *J. Dairy Sci.* 43, 377-387
125. SWANSON, E.W., HINTON, S.A. (1962): Effects of adding concentrates to ad libitum roughage feeding in the dry period. *J. Dairy Sci.* 45, 48-54
126. TESFA, A.T., TUORI, M., SYRJÄLÄ-QVIST, L., PÖSÖ, R., SALONIEMI, H., HEINONEN, K., KIVILAHTI, K., SAUKKO, T., LINDBERG, L.-A. (1999): The influence of dry period feeding on liver fat and postpartum performance of dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol.* 76, 275-295
127. THOMET, P., RÄTZER, H., DURGIAI, B. (2002): Effizienz als Schlüssel für die wirtschaftliche Milchproduktion. *Agrarforschung* 9, 404-409
128. TREACHER, R.J., REID, I.M., REBERTS, C.J. (1986): Effect of body condition at calving on the health and performance of dairy cows. *Anim. Prod.* 43, 1-6
129. VANDEHAAR, M.J., YOUSIF, G., SHARMA, B.K., HERDT, T.H., EMERY, R.S., ALLEN, M.S., LIESMAN, J.S. (1999): Effect of energy and protein density of prepartum diets on fat and protein metabolism of dairy cattle in the periparturient period. *J. Dairy Sci.* 82, 1282-1295
130. VAN HOUTERT, M.F.J. (1993): The production and metabolism of volatile fatty acids by ruminants fed roughages: A review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 43, 189-225
131. VAN SAUN, R.J., SNIFFEN, C.J. (1996): Nutritional management of the pregnant dairy cow to optimise health, lactation and reproductive performance. *Anim. Feed Sci. Technol.* 59, 13-26
132. VAZQUEZ-ANON, M., BERTICS, S., LUCK, M., GRUMMER, R.R. (1994): Peripartum liver triglyceride and plasma metabolites in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 77, 1521-1528
133. VEENHUIZEN, J.J., DRACKLEY, J.K., RICHARD, M.J., SANDERSON, T.P., MILLER, L.D., YOUNG, J.W. (1991): Metabolic changes in blood and liver during development and early treatment of experimental fatty liver and ketosis. *J. Dairy Sci.* 74, 4238-4253
134. WALTNER, S.S., McNAMARA, J.P., HILLERS, J.K. (1993): Relationships of body condition score to production variables in high producing Holstein dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 76, 3410-3419
135. WINDISCH, W., KIRCHGESSNER, M., BLUM, J.W. (1991): Konzentrationen an Hormonen und Stoffwechselfparametern im Blutplasma laktierender Milchkühe während und nach Energie- und Proteinmangel. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* 65, 21-27
136. WILTROUT, D.W., SATTER, L.D. (1972): Contribution of propionate to glucose synthesis in the lactating and nonlactating cow. *J. Dairy Sci.* 55, 307-317
137. YADAVA, R.K., GILMORE, L.O., CONRAD, H.R. (1974): The effect of body condition at calving on milk production in dairy cow. *Indian J. Dairy Sci.* 27, 258-263
138. YOUNG, J.W. (1977): Gluconeogenesis in cattle: significance and methodology. *J. Dairy Sci.* 60, 1-15
139. ZENTRALE MARKT- und PREISBERICHTERSTATTUNG (2003): Agrarmärkte in Zahlen, Europäische Union 2002. www.zmp.de, 22.01.2003

Abkürzungen

Abbreviations

ad lib.	ad libitum	mM	Milli-Mol
a.p.	ante partum	MS	Maissilage
BCS	Body Condition Score	mU/l	Milli-Unit pro Liter
BHBS, BHBA	β -Hydroxybutyrat	n	Anzahl an Tieren pro Gruppe
GF	Grundfutter	NEFA	nonesterified fatty acids
GH	Wachstumshormon	NEL	Nettoenergie Laktation
GS	Grassilage	ng/ml	Nanogramm pro Milliliter
IGF-I	insulinähn. Wachstumsfaktor	PG	Propylenglykol
IT	Trockenmasseaufnahme	p.p.	post partum
k. A.	keine Angabe	T	Trockenmasse
kg/d	kg pro Tag	TAG	Triacylglycerin
KF	Kraftfutter	TG	Triglyceride in % der Leber
Lakt.	Laktation	T 3	3-, 5-, 3`- Trijodthyronin
LM	Lebendmasse	T 4	Thyroxin
ME	metabolische Energie	VLDL	very low density lipoproteins
meq/l	Milli-Equivalent pro Liter	Wo	Wochen
mEq/l	Milli-Equivalent pro Liter	μ M	Mikro-Mol
mg/dl	Milligramm pro Deziliter	μ U/l	Mikro-Unit pro Liter
mg/g	Milligramm pro Gramm	μ U/ml	Mikro-Unit pro Milliliter
MJ	Mega Joule	μ eq/l	Mikro-Equivalent pro Liter
mmol/l	Milli-Mol pro Liter	μ m ³	Kubikmikrometer

Statistik

$\alpha, \beta, \gamma, \delta$	$p < 0,05$
a, b, c	$p < 0,01$
A, B, C	$p < 0,001$