

<b>Zeitschrift:</b>	Bulletin / Vereinigung der Schweizerischen Hochschuldozierenden = Association Suisse des Enseignant-e-s d'Université
<b>Herausgeber:</b>	Vereinigung der Schweizerischen Hochschuldozierenden
<b>Band:</b>	41 (2015)
<b>Heft:</b>	1-2
<b>Artikel:</b>	Die hohe metabolische Priorität der Milchdrüse : in der Evolution eine Lebensversicherung für das Kalb, für die modernen Milchkuh ein Gesundheitsrisiko
<b>Autor:</b>	Bruckmaier, Rupert M.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-894001">https://doi.org/10.5169/seals-894001</a>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 26.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

giftungsfälle hat das Bundesamt für Landwirtschaft inzwischen die Ausbreitung von Ricinusschrot als biologischen Dünger untersagt.

#### **4. Weitere Entscheidungshilfen und Zugriffsstatistik**

Die Entscheidungshilfe [www.CliniTox.ch](http://www.CliniTox.ch) ist der jüngste Zuwachs im Rahmen der Online-Informationsstrategie, die vom Institut für Veterinärpharmakologie und -toxikologie verfolgt wird. Schon am 3. März 1997 wurde das Informationssystem [www.CliniPharm.ch](http://www.CliniPharm.ch) zur Unterstützung der Pharmakotherapie bei Tieren erstmals im Internet aufgeschaltet. Seither ist dieses computergestützte Informationssystem nicht mehr aus der Lehre an Universitäten, aber auch im täglichen Gebrauch in Kliniken und Praxen wegzudenken. Anhand der Benutzerstatistik wird er-

sichtlich, dass das elektronische Tierarzneimittelkompendium und die Fachinformationen zu pharmakologischen Wirkstoffen mit momentan bis zu 40'000 Zugriffen täglich am häufigsten in Anspruch genommen werden. Obwohl Vergiftungen im tierärztlichen Alltag selten vorkommen, verzeichnet der CliniTox-Dienst und die dazugehörige Giftplantendatenbank annähernd 4'000 Zugriffe täglich, was mit dem hohen Informationsbedarf auf diesem Gebiet zu erklären ist. ■

*Das Projekt CliniPharm wurde von Prof. Dr. Felix R. Althaus initiiert. Das CliniPharm/CliniTox-Redaktionsteam, Dr. Daniel Demuth und Dr. Jacqueline Kupper, organisiert die Projektarbeit.*

*Das Projekt CliniPharm/CliniTox wird u.a. von Kanton Zürich und Swissmedic unterstützt.*

## **Die hohe metabolische Priorität der Milchdrüse: In der Evolution eine Lebensversicherung für das Kalb, für die moderne Milchkuh ein Gesundheitsrisiko**

**Rupert M. Bruckmaier\***

Die Züchtung von Rindern bis zur modernen Milchkuh über Jahrtausende hatte enorme Auswirkungen auf die physiologische Anpassungsfähigkeit von Stoffwechsel, Immunsystem, aber auch der Fruchtbarkeit an die aktuellen Haltungs- und Umweltbedingungen. Durch gezielte Selektion konnte eine beachtliche Leistungssteigerung in der Milchproduktion erreicht werden, wobei aber dennoch die in der Evolution entwickelten Vorteile der Laktation – Immunschutz (Kollostrum) und Ernährung des Kalbes – in Form der metabolischen Favorisierung der Milchdrüse in der Frühlaktation sowie der Form der Laktationskurve auch bei der Hochleistungskuh erhalten blieben. Gleichzeitig stellt diese metabolische Priorität des Euters beim heutigen Leistungsniveau infolge der damit notwendigen Mobilisierung von Körperdepots zur Aufrechterhaltung der Milchbildung eine enorme Belastung für den Stoffwechsel und die Gesundheit des Tieres dar.

Im Mittelpunkt der Laktation steht die Ernährung des Säuglings mit Milch als ausgewogenes Vollnahrungsmittel in flüssiger Form und somit die Sicherung des Überlebens des Neugeborenen. Weitere Mechanismen, wie die Entwicklung einer engen Mutter-Nachkommen-Bindung und die passive Immunisierung des Neugeborenen sollen in diesem Artikel nicht weiter behandelt werden. Die Laktation schliesst sich an die Trächtigkeitsperiode an, die bereits eine grosse Investition an Energie und Nährstoffen für das Muttertier darstellt. Bei anderen Tierklassen, wie zum Beispiel den

Insekten, werden mit relativ geringem energetischen Aufwand für einzelne Individuen außerordentlich viele Nachkommen produziert und hohe Sterblichkeitsraten in Kauf genommen. Beim Säuger hingegen steht die Produktion von nur wenigen Nachkommen mit einem grossem Aufwand für das einzelne Individuum bei möglichst geringer Sterblichkeit auch unter ungünstigen Umweltbedingungen im Vordergrund.

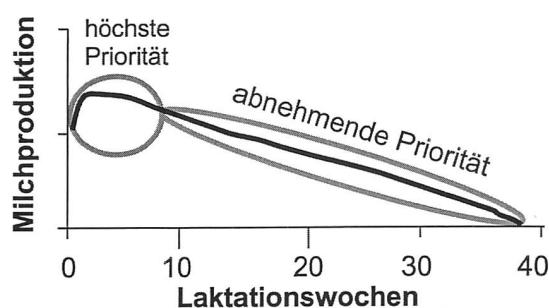
Bei Rindern, die nach 9-monatiger Trächtigkeit meist nur ein Kalb gebären, sind überlebenssichernde Massnahmen besonders ausgeprägt. Hierzu gehört insbesondere eine hohe metabolische Priorität der Milchproduktion, die auch bei knappen Energie- und Nährstoff-Ressourcen des Muttertieres die Ernährung des Kalbes sicherstellt. Die Milchbildung, die beim Rind bereits während und unmittelbar nach der Geburt einsetzt, erlaubt die Aufnahme von Immunglobulinen und anderen bioaktiven Komponenten in den ersten Lebensstunden und stellt somit die passive Immunisierung des Kalbes sicher. Diese kann bei Wiederkäuern während der Trächtigkeit aufgrund ihrer für grosse Proteine undurchlässigen Plazenta nicht stattfinden. Verschiedene Mechanismen, die sich während der Evolution entwickelt haben, sind von Bedeutung für die Züchtung und Haltung der modernen Milchkuh.

In den ersten Lebenswochen ist die Ernährung des Kalbes mit Milch sehr bedeutend, da keine alternative Nahrungsquelle zur Verfügung steht, die in der Zu-

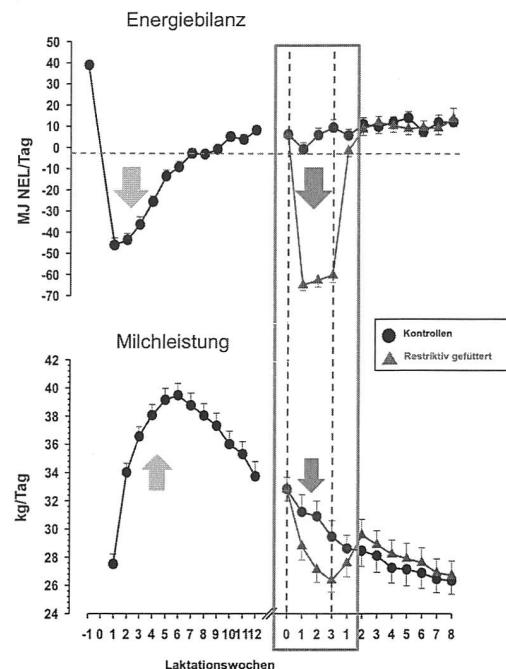
\*Prof. Dr. med. vet., Vetsuisse-Fakultät Bern, Abt. Veterinär-Physiologie, <http://www.vetphysio.unibe.ch/>

sammensetzung dem Bedarf entspricht. Der Verlauf der Laktationskurve ist beim Rind sowie bei der modernen Hochleistungskuh durch einen ausgeprägten Anstieg der Leistung in den ersten Wochen gekennzeichnet; dieser verläuft parallel mit der steigenden Aufnahmekapazität und dem erhöhten Bedarf des wachsenden Kalbes. Die Höchstleistung wird um die 6. Woche erreicht und anschliessend beginnt ein kontinuierlicher Abfall der Milchproduktion. Somit ist das Kalb gezwungen, andere Nahrung, wie Raufutter aufzunehmen, damit sich die Funktion des Vormagensystems des Wiederkäuers entwickeln kann. Somit nimmt die Milch als Nahrungsquelle für das Kalb ab.

Die für das Kalb überlebenswichtige Milchproduktion, insbesondere in der Frühlaktation, geht mit einer hohen metabolischen Priorität der Milchdrüse in dieser Phase einher. Bei Milchkühen besonders ausgeprägt ist diese metabolische Priorität bei Hochleistungstieren. Die Züchtung auf hohe Milchleistungen brachte es zunehmend mit sich, dass der Bedarf an Energie und Nährstoffen in der Frühlaktation über mehrere Wochen durch die Futteraufnahme nicht gedeckt werden kann, die zusätzlich um den Geburtszeitraum reduziert ist. Interessanterweise steigt die Milchproduktion unmittelbar nach der Geburt aber weiter an, auch wenn ein starkes Energiedefizit und geringste Insulinkonzentrationen und hohe Wachstumshormonspiegel sowie niedrige Konzentrationen von IGF-1 vorhanden sind. Dies ist nur möglich, weil die Glukose, welche für die Synthese der Lactose notwendig ist, während der Frühlaktation primär durch einen Glucosetransporter (GLUT1) aufgenommen wird, der unabhängig von Insulin reguliert wird. Während aufgrund des niedrigen Insulinspiegels die anderen peripheren Gewebe kaum Glucose aufnehmen, kann die aus der Glucoseneubildung in der Leber stammende Glucose durch die Milchdrüse aufgenommen und zur Lactosebildung herangezogen werden; Lactose bestimmt aufgrund ihrer osmotischen Wir-



**Abbildung 1** (Farbe siehe Webversion). Am Laktationsbeginn höchste Priorität der Milchdrüse im Gesamtstoffwechsel mit Insulin-unabhängiger Nährstoffaufnahme. Mit fortschreitender Laktation nimmt die Priorität der Milchdrüse ab, und die Nährstoffaufnahme erfolgt zunehmend Insulin-abhängig.

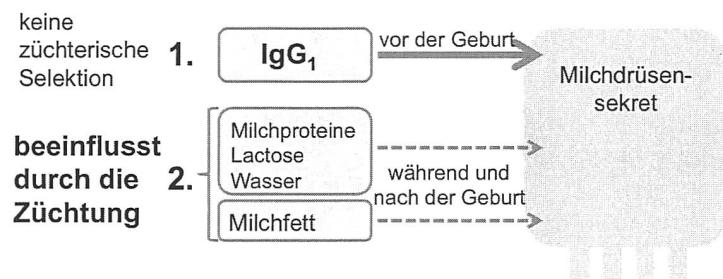


Gross et al., 2011a

**Abbildung 2** (Farbe siehe Webversion). In der Frühlaktation findet trotz negativer Energiebilanz eine weitere Zunahme der Milchleistung statt. In dieser Phase werden Nährstoffe, insbesondere Depotfett, mobilisiert. Während einer Futterrestriktion für 3 Wochen in der fortgeschrittenen Laktation (ab Woche 14) wird die fehlende Energie zum Teil durch einen Rückgang der Milchleistung ausgeglichen.

kung die Wasseraufnahme in die Milch und damit entscheidend die Höhe der Milchleistung. Obwohl in der Frühlaktation die Oxidation von Glucose in allen peripheren Geweben auf ein Minimum reduziert ist, und Energie vor allem durch die Oxidation von Fettsäuren gewonnen wird, ist die Glucosekonzentration von Glucose im Plasma besonders niedrig. Eine Resorption von Glucose im Dünndarm, die mit dem Futter aufgenommen wurde, ist beim Wiederkäuer nur in sehr kleinen Mengen möglich. Mehrheitlich wird Glucose durch Mikroorganismen im Pansen zu flüchtigen Fettsäuren abgebaut und es entsteht vor allem Propionsäure, die in der Glucoseneubildung (Gluconeogenese) in der Leber Verwendung findet. Da die Kapazität der Gluconeogenese aber begrenzt ist, sind die Glucosekonzentrationen im Plasma von Wiederkäuern wesentlich tiefer als bei Monogastriern, was besonders ausgeprägt bei dem hohen spezifischen Bedarf an Glucose für die Milchbildung zu beobachten ist. Die Aufnahme der vorhandenen Glucose in die Milchdrüse funktioniert aufgrund der Insulinunabhängigkeit des Transports auch in der Frühlaktation. So ist es nicht erstaunlich, dass in der Phase der Frühlaktation aufgrund der hohen Stoffwechselpriorität der Milchdrüse züchterisch die grössten Leistungszunahmen erzielt werden konnten.

In dieser Phase ist grundsätzlich das Risiko für Stoffwechselentgleisungen und somit die Wahrscheinlichkeit von diversen Produktionskrankheiten wie Euterentzündung (Mastitis), Metritis, Fettleber, Klauenerkrankungen etc. stark erhöht. Es gibt auch keinen Schutzmechanismus zugunsten des Gesamtstoffwechsels, der die Nährstoffaufnahme der Milchdrüse beschränken würde. Dieser Mechanismus erhöht aber die Überlebenschancen des neugeborenen Kalbes bis zu seiner weitgehenden nutritiven Unabhängigkeit von der Mutter. Stoffwechselstörungen der Milchkuh entstehen in der Regel auch im Zusammenhang mit einer übermäßig starken Fettmobilisation und sind verbunden mit hohen Konzentrationen von freien Fettsäuren. Die Gluconeogenese in der Leber läuft auf sehr hohem Niveau, wobei als Zwischenprodukt der Synthese aus Propionsäure oder glycogenen Aminosäuren in den Mitochondrien der Leberzellen Oxalacetat entsteht, das gleichzeitig benötigt wird, um Fettsäuren zur Energiegewinnung im Zitronensäurezyklus zu oxidieren. Wenn die Gluconeogenese der bevorzugte Stoffwechselweg ist, fehlt Oxalacetat, um Acetyl-CoA ausreichend in den Zitronensäurezyklus einzuschleusen. Aus Acetyl-CoA werden ersatzweise Ketonkörper gebildet, die in vielen Geweben, wie Herz, Skelettmuskel oder Hirn als alternative Energieträger eingesetzt werden können, die aber nicht die Glucose in der Milchsynthese ersetzen können. Während die Bildung von Ketonkörpern ein normaler Vorgang im Energiestoffwechsel ist, kann bei übermäßigem Vorkommen (hoher Verbrauch von Glukose in der Milchdrüse) die Plasmakonzentration so weit ansteigen, dass es zu negativen Effekten einerseits auf die Futteraufnahme und andererseits auf die Funktion des Immunsystems kommt. Das Krankheitsbild der Ketose reicht von subklinischer bis hin zu einer akuten klinischen Form, die lebensbedrohlich für die Milchkuh sein kann. In der Frühlaktation, in der die Futteraufnahme bei der Hochleistungskuh ohnehin gegenüber der Milchleistung ungenügend ist, entsteht durch eine weitere Reduktion der Futteraufnahme bedingt durch die Ketonkörperbildung ein Teufelskreis. Dieser wird noch zusätzlich verstärkt, da durch eine erhöhte Ketonkörperkonzentration nach neuesten Erkenntnissen noch zusätzlich die hepatische Gluconeogenese gehemmt wird, vermittelt durch reduzierte Glucagon-Konzentrationen. Die erhöhte Konzentration von Ketonkörpern suggeriert dem Organismus eine ausreichende Energieversorgung. Der hohe spezi-



**Abbildung 3** (Farbe siehe Webversion). Kolostrumformation: Der Transfer von IgG<sub>1</sub> in die Milchdrüse erfolgt bereits deutlich vor der Geburt, und hört mit dem Einsetzen der Milchbildung auf. Der IgG<sub>1</sub> Transfer ist deshalb unabhängig von der Synthese der Milchbestandteile, die auch durch die Züchtung auf höhere Leistung beeinflusst werden. Aufgrund der höheren Leistungen schon in der Kolostralphase ist eine zunehmende Wahrscheinlichkeit von Kolostrum mit niedrigem Immunglobulingehalt zu begründen.

fische Bedarf an Glucose für die Milchsynthese bleibt dabei aber unberücksichtigt, da offenbar der extrem hohe Glucoseverbrauch, wie er bei der modernen Milchkuh vorherrscht, auf die evolutive Entwicklung beim Rind zunächst keinen Selektionsdruck darstellte.

Bei abnehmender Milchproduktion reagiert auch die Milchkuh auf ein Energiedefizit völlig anders als in der Frühlaktation. Restriktive Fütterung in dieser Phase zieht eine unmittelbare Reduktion der Milchproduktion nach sich, d.h. das Energiedefizit wird wesentlich durch eine verringerte Nährstoffaufnahme durch die Milchdrüse ausgeglichen. In der Laktationsperiode, in der beim Kalb bereits die Vormagenfermentation funktionsfähig ist und damit auch pflanzliches Futter das Überleben sichert, wird die Milchdrüse Teil der homeostatischen Stoffwechselregulation des Gesamtorganismus. Bei der hochleistenden Milchkuh kommt es im Gegensatz zum Laktationsbeginn bei einer Futterrestriktion nach der 14. Laktationswoche zu einem sofortigen Leistungseinbruch.

Das Auftreten von Stoffwechselstörungen und damit in Verbindung stehende produktionsbedingte Erkrankungen wie Ketose, Mastitis, Fruchtbarkeitsprobleme etc. sind in der Regel multifaktoriell. Die Kenntnis einzelner kritischer Prozesse in der Anpassung des Stoffwechsels bzw. der endokrinen Regulation an die Bedürfnisse der Laktation erleichtert die Einbeziehung von Diskrepanzen zwischen Evolution und Züchtung in die moderne genomicsche Selektion. ■