

# Tagungsbericht

# 2007



10. Symposium

**»Fütterung und Management  
von Kühen mit hohen Leistungen«**

25.10.2007 · Neuruppin

# Impressionen

## 10. Symposium



# Inhaltsverzeichnis



*Moderation: Frau Prof. Dr. Anette Zeyner*

*Professur für Ernährungsphysiologie und Tierernährung,  
Institut für Nutztierwissenschaften und Technologie,  
Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät,  
Universität Rostock*

**Begrüßung: Jens-Peter Golde, Bürgermeister von Neuruppin** 10

**Einfluss verschiedener Varianten der Trockensteher- und Transitkuhfütterung auf die Tiergesundheit und die Leistung** 11

*Prof. Dr. Rudolf Staufenbiel, Dr. C.- C. Gelfert, Kay Hof,  
Angelika Westphal, Carsten Daetz  
Klinik für Klauentiere, Fachbereich Veterinärmedizin,  
Freie Universität Berlin*

**Ernährungsphysiologische Aspekte der Selenversorgung von Nutztieren** 79

*Frau Prof. Dr. Anette Zeyner  
Professur für Ernährungsphysiologie und Tierernährung,  
Institut für Nutztierwissenschaften und Technologie,  
Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät,  
Universität Rostock*

**Bedeutung der Spurenelemente für die Hochleistungskuh und Hinweise zur Bedarfsdeckung** 99

*Prof. Dr. Klaus Männer  
Institut für Tierernährung, Fachbereich Veterinärmedizin,  
Freie Universität Berlin*

**Glycerin – Möglichkeiten und Grenzen als Rationskomponente  
für die Hochleistungskuh** **121**

*Dr. Angela Schröder<sup>1</sup>, Prof. Dr. Karl-Heinz Südekum<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Dr. Pieper Technologie- und Produktentwicklung GmbH,  
Neuruppin/OT Wuthenow*

<sup>2</sup> *Institut für Tierwissenschaften, Abt. Tierernährung,  
Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn*

**Möglichkeiten und Grenzen gentechnischer Verfahren  
in der Nutztierzucht – Genomanalyse vs. Gentransfer** **139**

*Prof. Dr. habil. Manfred Schwerin*

*Institut für Nutztierwissenschaften und Technologie der Agrar- und  
Umweltwissenschaftlichen Fakultät, Universität Rostock,  
und Forschungsinstitut für die Biologie landwirtschaftlicher Nutztiere,  
Dummerstorf*

**Fortpflanzungsfunktionen beim Milchrind im Spannungsfeld  
zwischen Energieaufnahme und Milchleistung** **155**

*Prof. Dr. Wilhelm Kanitz<sup>1</sup>, Dr. Frank Becker<sup>1</sup>,  
Prof. Dr. Rudolf Staufenberg<sup>2</sup>, Guido Stürmer<sup>1</sup>,  
Thomas Engelhard<sup>3</sup>, Horst Blum<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> *Forschungsinstitut für die Biologie landwirtschaftlicher Nutztiere,  
Forschungsbereich Fortpflanzungsbiologie, Dummerstorf;*

<sup>2</sup> *Freie Universität Berlin, Klinik für Klauentiere, Berlin;*

<sup>3</sup> *Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau,  
Zentrum für Tierhaltung und Technik, Iden*

**Einsatz von Siliermitteln aus Sicht der deutschen und der EU-Gesetzgebung** **163**

*Dr. Ulrich Korn*

*Dr. Pieper Technologie- und Produktentwicklung GmbH,  
Neuruppin/OT Wuthenow*

<b>Empfehlungen zu Siliertechnik und -management für eine kostengünstige Top Silage</b>	<b>177</b>
<i>Dr. Johannes Thaysen Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, Abteilung Pflanzenbau/Pflanzenschutz, Osterrönhof</i>	
<b>Grobfutterqualität zwischen Wunsch und Wirklichkeit</b>	<b>203</b>
<i>Horst Seibicke, Joachim Brachwitz, Falk Seibicke Glücksburg Agrar e.G. Dixförda</i>	
<b>Einflüsse der Silagequalität auf den Biogas-Ertrag</b>	<b>217</b>
<i>Dr. Matthias Plöchl Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim, Potsdam</i>	
<b>Aktuelle Ergebnisse zur Silierung von Zuckerhirse</b>	<b>229</b>
<i>Dr. Bernd Pieper<sup>1</sup>, Dr. Ulrich Korn<sup>1</sup>, Robert Oldag<sup>2</sup>, Marion Buck<sup>3</sup> <sup>1</sup> Dr. Pieper Technologie- und Produktentwicklung GmbH, Neuruppin/OT Wuthenow <sup>2</sup> Robert Oldag GbR, Belsch, <sup>3</sup> LMS Landwirtschaftsberatung, Schwerin</i>	
<b>Ein neues Mittel zur Silierung von schwer vergärbaren Futtermitteln</b>	<b>237</b>
<i>Dr. Bernd Pieper, Dr. Ulrich Korn Dr. Pieper Technologie- und Produktentwicklung GmbH, Neuruppin/OT Wuthenow</i>	
<b>Aktuelle Ergebnisse zur Konservierung von Getreide mit BIO-SIL<sup>®</sup> und Wasser</b>	<b>251</b>
<i>Dr. Bernd Pieper<sup>1</sup>, Dr. Ulrich Korn<sup>1</sup>, M.Sc. Robert Pieper<sup>2</sup> <sup>1</sup> Dr. Pieper Technologie- und Produktentwicklung GmbH, Neuruppin/OT Wuthenow <sup>2</sup> Forschungsinstitut für die Biologie landwirtschaftlicher Nutztiere, Dummerstorf</i>	

## Content

<b>Different strategies of dry cow and transit cow management and the impact on performance and health status</b>	<b>11</b>
<i>Prof. Dr. Rudolf Staufenbiel, Dr. C.- C. Gelfert, Kay Hof, Angelika Westphal, Carsten Daetz</i>	
<b>Nutritiant physiological aspects of selenium supply of farm animals</b>	<b>79</b>
<i>Frau Prof. Dr. Anette Zeyner</i>	
<b>The importance of trace elements in diets for high yielding dairy cows and remarks for ensuring the supply</b>	<b>99</b>
<i>Prof. Dr. Klaus Männer</i>	
<b>Glycerol – Potentials and limits as diet ingredient for the high-yielding dairy cow</b>	<b>121</b>
<i>Dr. Angela Schröder, Prof. Dr. Karl-Heinz Südekum</i>	
<b>Opportunities and limitations of gene technology in livestock – genome analysis vs. gene transfer</b>	<b>139</b>
<i>Prof. Dr. habil. Manfred Schwerin</i>	
<b>Reproduction functions in dairy cattle between energy input and milk yield</b>	<b>155</b>
<i>Prof. Dr. Wilhelm Kanitz, Dr. Frank Becker, Prof. Dr. Rudolf Staufenbiel , Guido Stürmer, Thomas Engelhard, Horst Blum</i>	
<b>Use of silage additives under the aspect of German and European feed regulations</b>	<b>163</b>
<i>Dr. Ulrich Korn</i>	

<b>Recommendations for ensiling-technique and silage-management to achieve high quality silages with low costs</b> <i>Dr. Johannes Thaysen</i>	<b>177</b>
<b>Coarse feedstuff quality between wishing and reality</b> <i>Horst Seibicke, Joachim Brachwitz, Falk Seibicke</i>	<b>203</b>
<b>Influence of silage quality on biogas yield</b> <i>Dr. Matthias Plöchl</i>	<b>217</b>
<b>Topical results of ensiling of sweet sorghum</b> <i>Dr. Bernd Pieper, Dr. Ulrich Korn, Robert Oldag, Marion Buck</i>	<b>229</b>
<b>A new product for ensiling of nearly unfermentable feedstuffs</b> <i>Dr. Bernd Pieper, Dr. Ulrich Korn</i>	<b>237</b>
<b>Topical results of ensiling of freshly harvested grains using BIO-SIL<sup>®</sup> and water</b> <i>Dr. Bernd Pieper, Dr. Ulrich Korn, Msc. Robert Pieper</i>	<b>251</b>

## Содержание

<b>Влияние разных вариантов кормления стельных и транзитных коров на здоровье животных и их продуктивность</b>	<b>11</b>
Проф. Др. Рудольф Штауфенбил, Др. Ц. Гельферт, Кай Хоф, Ангельика Вестфаль, Карстен Дэтц	
<b>Аспекты физиологии питания обеспечения хозяйственно полезного скота селеном</b>	<b>79</b>
Проф. Др. Анетте Цейнер	
<b>Значение микроэлементов для коровы с высокой молочной продуктивностью и указания для удовлетворения потребности</b>	<b>99</b>
Проф. Др. Клаус Меннер	
<b>Глицерин – возможности и пределы как составная часть рационов для высокодойных коров</b>	<b>121</b>
Др. Ангела Шредер, Проф. Др. Карл-Хейнц Зидекум	
<b>Возможности и пределы ген-инженерных методов в животноводстве – анализ генома versus трансфер генов</b>	<b>139</b>
Проф. Др. Манфред Шверин	
<b>Функции размножения молочного скота в поле напряжения между усвоением энергии и удоем</b>	<b>155</b>
Проф. Др. Вильхелм Каниц, Др. Франк Беккер, Проф. Др. Рудольф Штауфенбил, Гуидо Штирмер, Томас Енгелхард, Хорст Блум	
<b>Применение силосных добавок под углом зрения Германского и законодательства ЕС</b>	<b>163</b>
Др. Ульрих Корн	



<b>Рекомендации по технике силосования и менеджменту для производства висо – кокачественного силоса</b> Др. Иоханнес Таизен	<b>177</b>
<b>Качество грубых кормов между желанием и реальностью</b> Хорст Заибикке, Иоахим Брахвиц, Фалк Заибикке	<b>203</b>
<b>Влияние качества силоса на выход биогаза</b> Др. Маттиас Плехл	<b>217</b>
<b>Новые результаты по силосованию сахарного сорго</b> Др. Бернд Пипер, Др. Ульрих Корн, Роберт Ольдаг, Марион Бук	<b>229</b>
<b>Новое средство для силосования трудно сбраживаемых кормовых средств</b> Др. Бернд Пипер, Др. Ульрих Корн	<b>237</b>
<b>Новые результаты по консервированию зернас помощью BIO-SIL® и воды</b> Др. Бернд Пипер, Др. Ульрих Корн, Роберт Пипер	<b>251</b>



*Grüßwort des Bürgermeisters von Neuruppin,  
Herrn Golde*

**Sehr geehrte Frau Prof. Zeyner!  
Werte Gäste!**

Der erste Beweis wurde soeben durch den Auftritt unseres international erfolgreichen »Märkischen Jugendchores« des K.-F.-Schinkel-Gymnasiums Neuruppin schon angetreten, dass Wirtschaft, Landwirtschaft, Kultur und Jugend nicht voneinander zu trennen sind. Denn nur durch eine gesunde Wirtschaft ist es überhaupt möglich, dass wir solch eine Kulturlandschaft in unserer Stadt haben. Ich freue mich über die erneute große Resonanz, die das 10. Symposium von Dr. Pieper und seinem Team hervorruft. Sie beweisen damit, dass Neuruppin zu Recht von der Landesregierung als regionaler Wachstumskern eingeordnet wird, auch in dem Kompetenzfeld Landwirtschaft, gerade mit ökologisch und ökonomisch innovativen Ideen. Die Firma Dr. Pieper ist für unsere Region ein nicht wegzudenkender Beweis, dass wir in diesem Kompetenzfeld nach außen hin agieren können. Wir sind aber auch regionaler Wachstumskern, wenn es um den Wissenschaftsstandort geht. Wir wollen in Neuruppin eine private Fachhochschule errichten, und die Aktivitäten, die hier von Dr. Pieper über Jahre, man kann schon sagen über Jahrzehnte, entfaltet wurden, sind mit ein Indiz dafür, dass wir auf dem richtigen Weg sind, wenn es um erneuerbare Energien geht und wenn es darum geht, in der Landwirtschaft effizient zu arbeiten. Ich wünsche Ihrem Symposium viel Erfolg, viele neue Erkenntnisse und vielleicht auch die eine oder andere fachliche Auseinandersetzung zu den Themen, die Sie heute diskutieren werden. Viele Ihrer alten Professoren sind schon von Anfang an dabei und werden ihren Beitrag bestimmt mit dazu leisten können, dass man kontrovers über Dinge diskutieren kann, die am Ende doch zu einem positiven Ergebnis führen. Ihrer Veranstaltung viel Erfolg und einen angenehmen, informativen Tag.

# Einfluss verschiedener Varianten der Trockensteher- und Transitkuhfütterung auf die Tiergesundheit und die Leistung



*Prof. Dr. Rudolf Staufenbiel,  
Dr. C.-C. Gelfert, Kay Hof,  
Angelika Westphal, Carsten Daetz,*

*Klinik für Klautiere, Fachbereich Veterinärmedizin,  
Freie Universität Berlin*

## Zusammenfassung

Die Frühaktation ist der Haltungsabschnitt mit der größten Wahrscheinlichkeit und größten Häufigkeit von Erkrankungen in der Milchkuhhaltung. Ursache sind die enormen Veränderungen im Stoffwechsel, in der Fütterung und in der Haltung, die sich im Zeitraum der Kalbung vollziehen. In dieser Aussage liegt auch schon der Lösungsansatz für die Verbesserung der Tiergesundheit als einen wichtigen Faktor für die Ökonomie der Milchproduktion. Basis einer ökonomisch erfolgreichen Milchproduktion ist eine hohe Milchleistung bei Wahrung einer stabilen Fruchtbarkeit und guten Tiergesundheit. Alle drei Anforderungen lassen sich in der Forderung einer hohen Lebensleistung einer Milchkuh zusammenfassen. Die große Bedeutung einer physiologischen Gestaltung des Überganges von der Trockensteherperiode in die neue Laktation findet in dem Begriff der Transitperiode ihren Niederschlag.

Nach einer Begriffsbestimmung und Zeitzuordnung werden verschiedene Auffassungen zur Gestaltung der Trockensteherperiode, der Transitperiode, der Startperiode sowie zum weiteren Laktationsverlauf gegeben. Folgende Punkte werden besprochen: Durchmelken, verkürzt einphasige Trockensteherperiode, Krafffutterabrufstationen, frühzeitiges Trockenstellen, zweiphasige Trockensteherperiode, Anforderungen an die Trockensteherperiode 1, Metabolisches Gedächtnis und Auswahl der Futtermittel, Anforderungen an die Trockensteherperiode 2, Kalziumgehalt, Ca/P-Verhältnis, K/Na-Verhältnis und DCAB in der Vorbereiterration, Häckselstroheinsatz, Nutzung einer Weideperiode, Konditionsverbesserung in der Trockensteherperiode durch Verlängerung der Vorbereitungsperiode, Tot- und Schweregeburten bei Fär-

senabkalbungen, Postpartale Transitperiode oder Startperiode, Startration ja oder nein, Sonderfall Jungkühe, Hochlaktationsgruppe, Mittellaktationsgruppe, Altmelkergruppe, Methoden der routinemäßigen Herdenüberwachung, Tierbeobachtung über die Erfassung der Kuhsignale, Fütterungskontrolle über die TMR-Analyse, Konditionsbeurteilung über die Erfassung des BCS oder die Rückenfettdickenmessung, Integrierte Auswertung der Herdendaten, Bestimmung der Konzentration der freien Fettsäuren und der  $\beta$ -Hydroxybuttersäure, Stoffwechselprofile.

Für die Zielstellung einer hohen Milchleistung bei einer guten Fruchtbarkeit und stabilen Gesundheit bleibt die zweiphasige Trockenstehperiode mit einer Gesamttrockenstehdauer von 7 bis 8 Wochen und einer Dauer der antepartalen Transitperiode von 2 bis 3 Wochen für Kühe und 1 bis 2 Wochen für hochtragende Färsen im Zusammenhang mit einer gut auf die antepartale Transitation abgestimmten postpartalen Transitation das Verfahren, mit dem die physiologischen Bedürfnisse der Kuh am besten erfüllt werden.

## Summary

### **Different strategies of dry cow and transit cow management and the impact on performance and health status**

In dairy cattle the chance and frequency of disease is highest in early lactation. The reasons for this are the sharp changes in metabolism, feed and housing in the periparturient phase. This statement also shows the approach for the improvement of animal health. Animal health is an important fact in economic milk production. The base for an economic milk production is a high milk yield ensuring a good fertility and animal health. The importance of the physiological configuration of the changes from dry period to the new lactation is defined in the term transition period.

There are different opinions on the conception of dry period, close up period, starting period and course of the following lactation. Following matters are discussed: omission of dry period, abbreviated single phase dry period, early drying off, biphased dry period, requirements on dry period 1, metabolic memory and choice of feedstuff, requirements on dry period 2, concentration of calcium, the Ca/P- and K/Na-ratio, the DCAB in the close up dry period ration, use of chopped straw, use of grazing periods, condition correction within the dry period by prolonged close up dry period, stillbirth within heifer-calving, postpartal transient period or starting period, starter ration yes or no, special case: heifers, grouping of cows in early,

mid and late lactation, methods of routine herd control, animal observation through »cow signals«, feed control by TMR analysis, evaluation of condition by BCS or back-fat-thickness, integrated evaluation of herd-data, testing concentration of fatty acids and  $\beta$ -Hydroxybutyrate and metabolic profiles.

To achieve a high milk yield with good breeding results and good overall animal health the two phased dry period is the best choice. With a duration of 7 to 8 weeks and a duration of close up dry period of 2 to 3 weeks for cows and 1 to 2 weeks for heifers and a antepartal ratio balanced on a good postpartal ratio this is the method which meets the needs of a dairy cow best.

## Резюме

### Влияние разных вариантов кормления стельных и транзитных коров на здоровье животных и их продуктивность.

Ранняя лактация является периодом с самой большой вероятностью появления и самой большой частоты заболеваний в молочном скотоводстве. Причиной являются существенные изменения в обмене веществ, в кормлении и при держании, которые происходят в период отелка. В этом высказывании и лежит ключ для улучшения здоровья животных как важный фактор для экономики молочного производства. Основой экономически успешного молочного производства является высокий удой при сохранении стабильной плодовитости и хорошем здоровье животных. Все эти три требования можно сводить к требованию высокой жизненной продуктивности коров. Большое значение физиологической подготовки перехода от стельного периода к новой лактации найдет свое выражение в понятии транзитного периода. После объяснения понятий и временных излагаются разные взгляды об организации стельного транзитного и стартового периодов, а также о дальнейшем протекании лактации. Следующие аспекты дискутируются непрерывное доение, укороченно однофазовый стельный период, автоматы для кормления концкормами, ранний переход в стельный период, двухфазовый стельный период, требования к стельному периоду 1, метаболическая память и выбор кормовых средств, требования к стельному периоду 2, содержание кальция, соотношение между кальцием и фосфором, соотношение между калием и натрием в подготовительном рационе, кормление соломенной резки, использования пастбищного периода, улучшение кондиции в стельном периоде удлинением подготовительного периода, мертвые и трудные роды при первом отеле, постпартальный транзитпериод или стартовый период, стартовый период – да или нет, особый случай – молодые коровы, группа

высокоудойных коров, группа среднеудойных коров, методы мониторинга стад, наблюдение животных с помощью регистрации сигналов коров, контроль кормления с помощью TMR-анализа, оценка кондиций с помощью измерения BCS и спинного жира, интегрированная оценка данных стад, определения концентрации свободных жирных кислот и  $\beta$ -гидрооксимасляной кислоты, профили обмена веществ. Для высокой продуктивности коров при хорошей плодовитости и устойчивом здоровье двухфазовый стельный период длительностью 7 до 8 недель, допартальный транзитный период длительностью 2 до 3 недель для коров и 1 до 2 недель для нетелей до первой отелки в связи с хорошо с допартальным транзитным рационом согласованным послепартальным транзитным рационом является режимом, с которым лучше всего можно выполнить физиологические требования коров.

## Einleitung

1999 wurden in einem Beitrag auf dem »3. Symposium zu Fragen der Fütterung und des Managements von Hochleistungskühen« in Neuruppin die Grundsätze der zweiphasigen Trockensteherfütterung dargestellt (STAUFENBIEL, 1999). Es wurde besonders auf die Integration von herdenbezogenen Prophylaxemaßnahmen in die Fütterung zur Bekämpfung wichtiger Erkrankungen nach der Abkalbung und in der Frühlaktation eingegangen. Damals wie heute gilt: Der Laktationsstart entscheidet in hohem Maße über die Gesamtlaktationsleistung, die Fruchtbarkeitsergebnisse und über das Auftreten verschiedener Erkrankungen (Abb. 1). Das ist unstrittig. Weil dem Laktationsstart dieser große Einfluss auf die Produktivität der Milchkuhhaltung zukommt, sind in den letzten Jahren eine Reihe an Untersuchungen durchgeführt und verschiedene Strategien der Transitkuhfütterung abgeleitet worden, die zu einem diffusen Katalog an Auffassungen geführt haben. Die Meinungsvielfalt wird durch die Erfahrungen des Landwirtes in der eigenen Herde und im Austausch mit Berufskollegen noch verstärkt. Wir finden heute alle in Abb. 1 illustrierten Varianten sowohl als Beratungskonzept der verschiedenen Fütterungsspezialisten als auch in der praktischen Milchkuhfütterung. Das soll Anlass sein, auf dem »10. Symposium zu Fragen der Fütterung und des Managements von Hochleistungskühen« einen Überblick zu verschiedenen Varianten der Trockensteher- und Transitkuhfütterung und eine Empfehlung zu einer biologisch begründeten Gestaltung des Laktationsstartes und der Laktation zu geben.

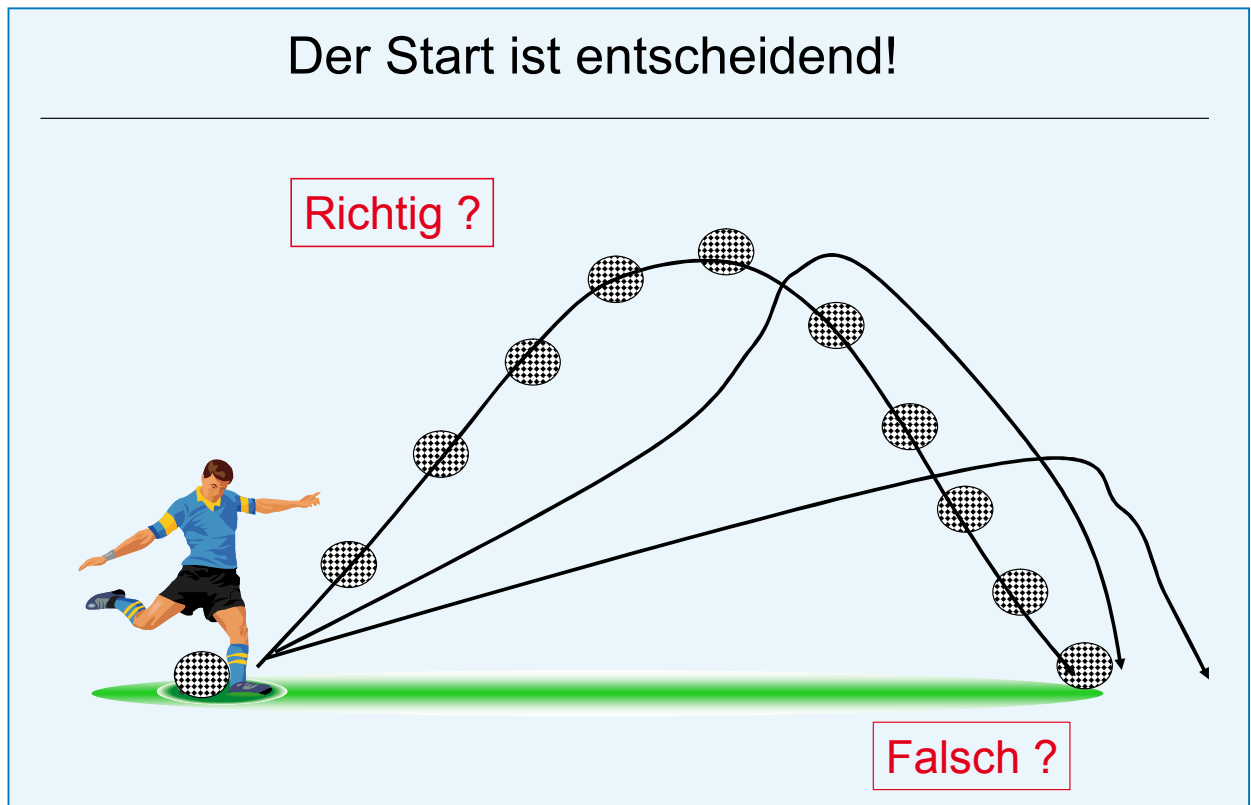


Abb. 1 Die Fütterung und Haltung in der Transitperiode entscheidet über den Laktationsstart und über die Gesamtlaktationsleistung (STAUFENBIEL, 1999)

### Begriffsbestimmungen

Abb. 2 gibt eine Übersicht zu den Bezeichnungen der verschiedenen Haltungsabschnitte, wie sie im deutschen Sprachgebrauch üblich sind. Die Begriffe Trockenstehperiode, Trockenstehperiode 1 (TS1), Trockenstehperiode 2 (TS 2), Vorbereitungsperiode (im englischen Sprachgebrauch auch close up, steam up period), Laktation, Startphase und Hochleistungsphase bedürfen keiner Erläuterung. Die große Bedeutung der Übergangsperiode von der Trockenstehperiode in die Laktation hat zum Begriff der Transitperiode geführt. Heute wird die Transitperiode mit dem Zeitraum vom Beginn der Vorbereitungsperiode als die antepartale Transitperiode bis zum Ende der Startphase als die postpartale Transitperiode gleichgesetzt. Die praktische Bedeutung des Begriffes Transitperiode ergibt sich aus der Tatsache, dass sich die Rationsanforderungen in der antepartalen und postpartalen Transitperiode einerseits grundlegend unterscheiden, aber andererseits sollten diese beiden Rationen immer gemeinsam betrachtet und aufeinander abgestimmt festgelegt werden. In der gemeinsam aufeinander abgestimmten Gestaltung der antepartalen und postpartalen Transitation liegt eine große Reserve in der Milchkuhhaltung.

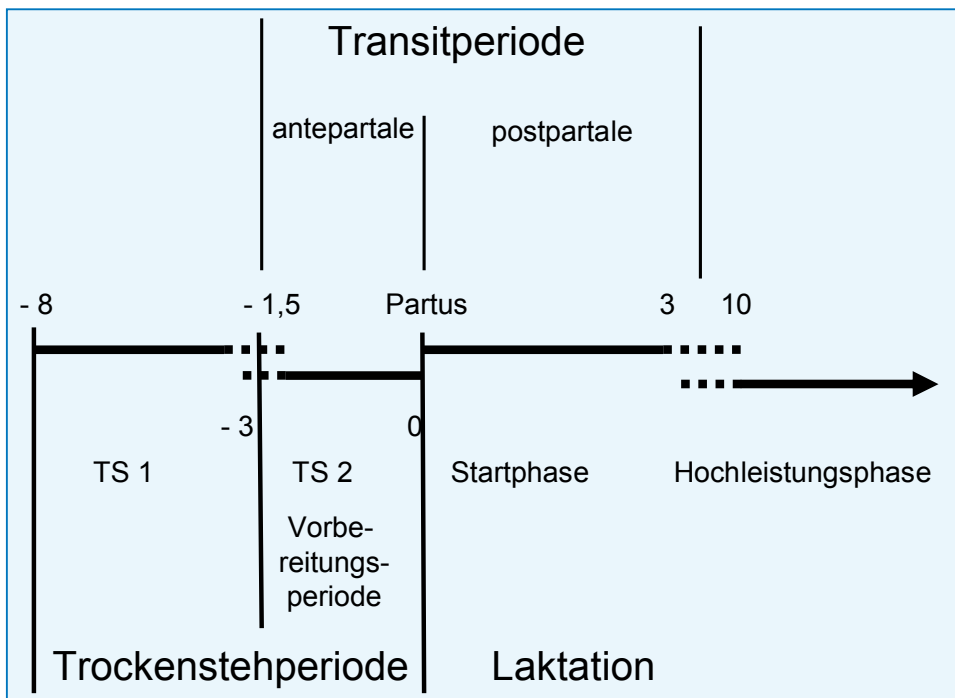


Abb. 2

Fütterungsab-  
schnitte von  
der Trocken-  
stehperiode bis  
Hochlaktation

## Verschiedene Strategien in der Transitperiode

### Durchmelken

Der Wechsel zwischen Laktation und Nichtlaktation/Trockenstehen geht an jedem neuen Laktationsstart mit extremen Veränderungen und damit Belastungen des Stoffwechsels einher. Dabei spielt der massive Rückgang der Futteraufnahme während der letzten Woche vor dem Kalben auf unter 10 kg TM pro Kuh und Tag eine zentrale Rolle (Abb. 3). Das hat die Arbeitsgruppe um GRUMMER von der Universität Wisconsin, Madison, USA, veranlasst, zu prüfen, ob diese Stoffwechselbelastung durch einen Verzicht auf das Trockenstellen vermindert werden kann (RASTANI et al., 2007). Der Stoffwechsellmotor für die Laktation soll erst gar nicht erkalten, sondern bis zur nächsten Abkalbung immer langsam weiterlaufen.

Tatsächlich kann eine Verminderung der Auslenkung verschiedener Stoffwechsellparameter nachgewiesen werden. Diesem Vorteil steht aber ein massiver negativer Effekt auf die Gesamtlaktationsleistung gegenüber (KUHN et al., 2007). Die höchste Milchleistung in der Folgelaktation wird bei einer Trockenstehdauer um die 60 Tage erreicht (Abb. 4). Der Rückgang der Milchleistung um ca. 20 bis 25 % schließt das Durchmelken als Strategie zur Gestaltung der Trockenstehperiode aus. Es gibt keine Angaben über die Auswirkungen des aufeinander folgenden, wiederholten zwei- oder dreimaligen Durchmelkens. Es ist eine Verstärkung der leistungsdepressiven Wirkung zu vermuten. Schließlich muss auf Probleme in der Eutergesundheit durch das Entfallen der Regenerationsphase für das Milchdrüsengewebe und bei der An-



wendung von systematischen Mastitisbekämpfungsprogrammen in der Trockenstehperiode hingewiesen werden. Es bleibt festzustellen, das Durchmelken als Variante im Transitkuhmanagement ist abzulehnen. Die Trockenstehperiode ist für die Regeneration der Kühe und insbesondere des Milchdrüsengewebes notwendig (Abb. 5). Aber welchen Zeitraum muss die Trockenstehperiode umfassen (Abb. 6)?

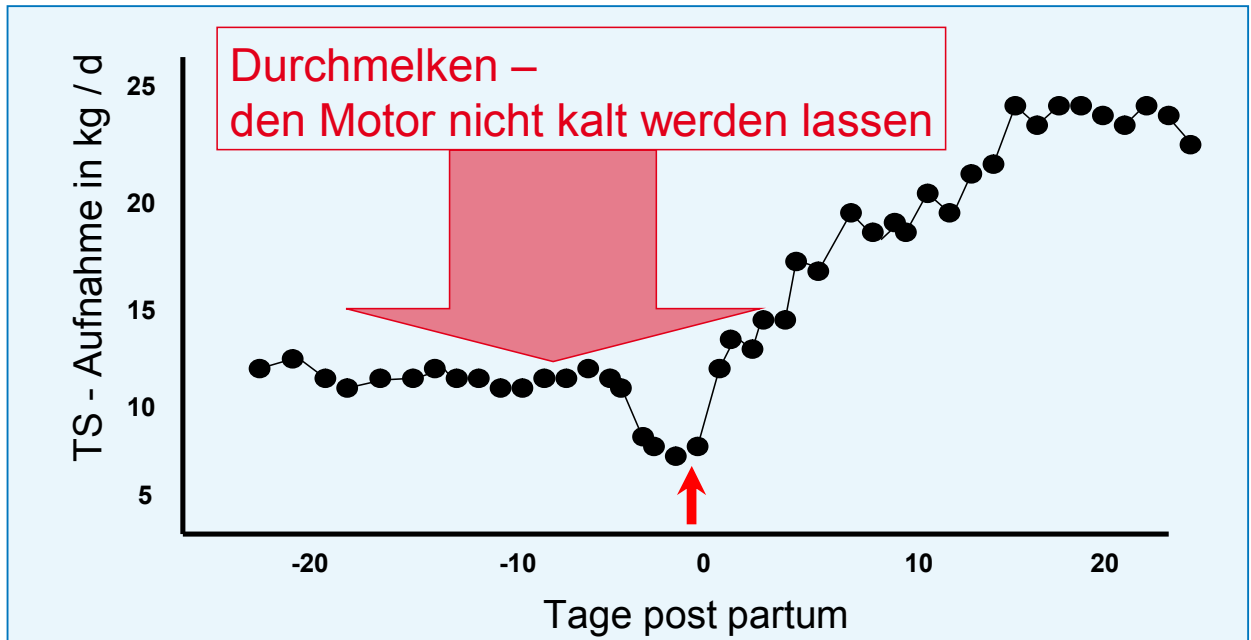


Abb. 3 Verlauf der Futtermittelaufnahme in der Transitperiode (BERTICS et al., 1992) als Begründung für das Konzept des Durchmelkens

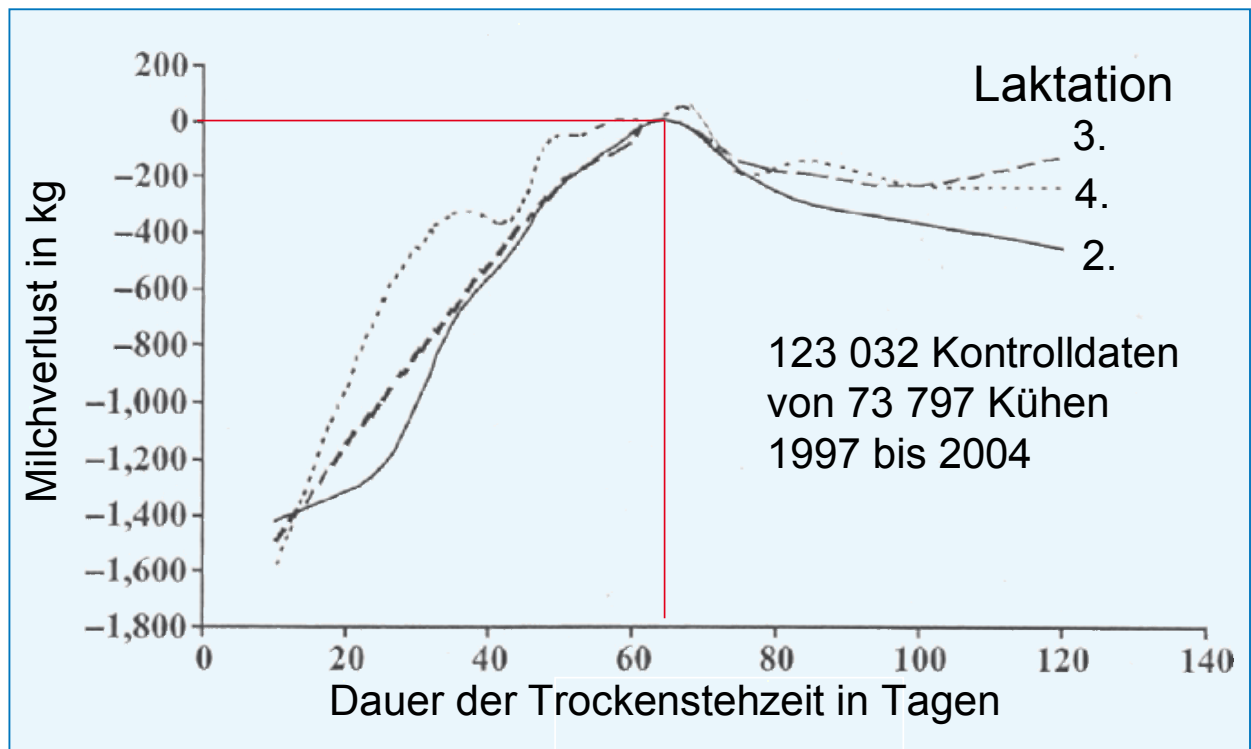


Abb. 4 Einfluss der Trockenstehdauer auf die Milchleistung in der Folgelaktation bei Jersey-Kühen in der 2., 3. und 4. Laktation (KUH N et al. 2007)



Abb. 5

Die Trockenstehperiode ist für die Regeneration der Kühe notwendig



Abb. 6

Wie lang muss die Trockenstehperiode sein?

### Einphasig verkürzte Trockenstehperiode


Die zweiphasige Trockenstehfütterung ist mit einem relativ großen Aufwand verbunden. Es müssen zwei Gruppen getrennt gehalten und zwei verschiedene Rationen bereitgestellt werden. Das Anmischen der Rationen kann auf Grund der geringen Tierzahl mit Schwierigkeiten verbunden sein. Das hat zu der Überlegung geführt, eine einphasig verkürzte Trockenstehperiode anzuwenden.

Die Gesamttrockenstehdauer wird auf 28 bis 35 Tage festgelegt. In dieser Zeit erhalten die Kühe eine Ration mit einem moderaten Energiegehalt zwischen 5,8 bis 6,4 MJ NEL/kg TM. Neben den arbeitstechnischen Vorteilen in der Gruppenhaltung wird der Wegfall eines Rationswechsels als weiterer Vorzug angeführt. Die längere Laktationsdauer soll den Milchleistungsverlust in der Folgelaktation ausgleichen.

Den Vorteilen stehen Nachteile und Risiken gegenüber. Allein die Abb. 4 lässt erkennen, dass der Milchleistungsverlust erheblich ist. Das wird durch Untersuchungen von ENGELHARD et al. (2007) bestätigt. Kühe mit einer Vorlaktationsleistung von über 10 000 kg wurden zufällig in eine Gruppe mit einphasig verkürzter oder zweiphasiger Trockenstehperiode eingeordnet (Abb. 7). Die verkürzt trockengestellten Kühe gaben signifikant weniger Milch (Abb. 8). Bezüglich der Futteraufnahme (Abb. 9) und der Auslenkung verschiedener Stoffwechselfparameter gab es keine Unterschiede. Neben dem Milchleistungsverlust ist die strategische Nutzung verschiedener Prophylaxemaßnahmen zur Bekämpfung von Stoffwechselstörungen und Eutererkrankungen erschwert.

Merkmal	Variante		
	kurz 40 Kühe	lang 40 Kühe	vorzeitig 20 Kühe
kg ECM Vorlaktation	10.832	10.854	11.015
Tage ZTZ	118	115	196
Trächtigkeitstag Tr.st.	248	227	199
<b>Trockenstehtage</b>			
Phase/Gruppe 1	0	35	63
Phase/Gruppe 2	31	17	14

Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau  
Zentrum für Tierhaltung und Technik Iden



*Abb. 7 Versuchsdurchführung zum Vergleich der zweiphasigen Trockenstehperiode mit einer verkürzt einphasigen Trockenstehperiode und mit vorzeitig trockengestellten Kühen (ENGELHARD et al., 2007)*

Ein weiteres schwerwiegendes Problem sind Verfettungen mit den bekannten Folgekomplikationen (VALDE et al., 2007). Praxisbeobachtungen zeigen, dass in Herden bei Nutzung der einphasig verkürzten Trockenstehperiode die Energiekonzentration an der oberen empfohlenen Grenze ausgerichtet wird. Der Wert von 6,4 MJ NEL/kg TM wird häufig überschritten. Auch die Gesamtdauer von 35 Tagen wird bei einem unterschiedlichen Anteil an Tieren nicht eingehalten. Folge ist eine enorme Zunahme an Verfettungen. Das wirkt sich negativ auf den Kalbeverlauf und die Tiergesundheit in der Folgelaktation aus. Bleibt man an der unteren Grenze der empfohlenen Energiekonzentration, muss mit Anpassungsproblemen des Pansens nach dem Wechsel auf die Ration nach dem Kalben gerechnet werden.

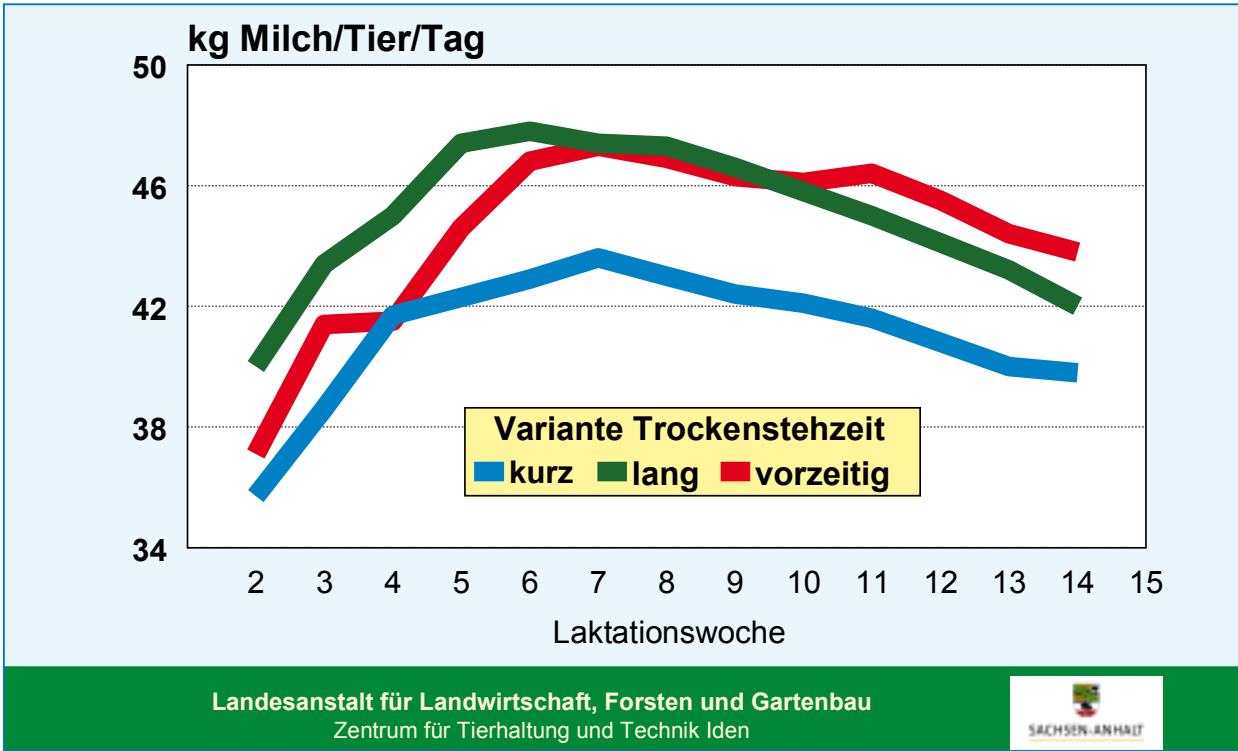


Abb. 8 Entwicklung der Milchmengenleistung im Versuch von ENGELHARD et al. (2007)

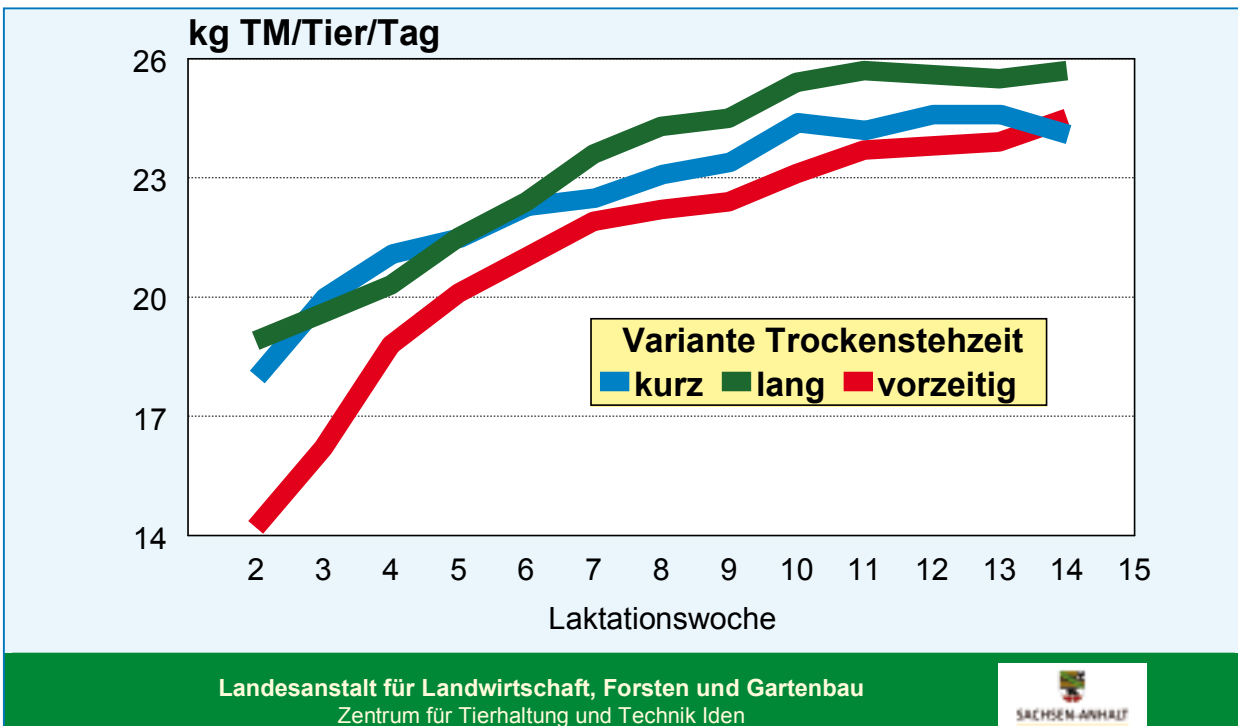


Abb. 9 Entwicklung der Futteraufnahme im Versuch von ENGELHARD et al. (2007)

Bei Anwendung der einphasig verkürzten Trockenstehperiode besteht auch die Tendenz, verschiedene Ergänzungsfuttermittel der Ration beizumischen. Der Kostenfaktor ist nicht zu unterschätzen. Für die Vorbereitung von Kühen genutzte hochwertige

Zusatzstoffe werden ohne Effekt länger eingesetzt. Oder es wird auf diese Zusatzstoffe verzichtet, was zugleich den Verzicht auf etablierte Prophylaxemethoden bedeutet.

Dennoch kann das Verfahren der einphasig verkürzten Trockenstehperiode nicht grundsätzlich abgelehnt werden. Der entscheidende Punkt für den Erfolg oder Misserfolg liegt in der Abstimmung der Kennwerte der antepartalen Transition mit denen der postpartalen Transition. Wird die Empfehlung 5,8 bis 6,4 MJ NEL/kg TM für die antepartale Transitfütterung mit einer Dauer von 4 bis höchstens 5 Wochen eingehalten, muss die Energiekonzentration der postpartalen Transition (Startration) auch unter 6,9 MJ NEL/kg TM bleiben. Wird dieser Zusammenhang nicht beachtet, steigt nach dem Wechsel in die Laktationsration das Risiko für Pan-fermentationsstörungen. Dann ist aber nach Ablauf der ersten Laktationswochen der Wechsel in eine energiereichere, bedarfsdeckende Laktationsration notwendig. Die einphasig verkürzte Trockenstehfütterung ist gerade bei kleinen Herden von Interesse, wo nach dem Kalben häufig keine extra Startration angeboten werden kann. Sowohl bei der einphasigen als auch bei der zweiphasigen Trockenstehfütterung sind in der Transitperiode in jedem Fall zwei Rationswechsel erforderlich. Diesen notwendigen Rationswechsel in die Laktation zu verschieben, kann kein Vorteil sein.

Es bleibt festzuhalten, dass die Anwendung der einphasig verkürzten Trockenstehperiode vom Milchleistungsniveau der Herde abhängt. In Herden mit geringer und moderater Leistung, deren Laktationsrationen auf eine Energiekonzentration unter 6,9 MJ NEL/kg TM eingestellt sind, kann sie eine Option zur Arbeitserleichterung sein. Es ist erstens streng auf die Einhaltung der empfohlenen Energiekonzentration zwischen 5,8 und 6,4 MJ/kg TM, zweitens auf das Zeitfenster von 4 bis maximal 5 Wochen sowie auf Verfettungstendenzen zu achten. Es muss darauf hingewiesen werden, dass die Auswirkungen auf das Eutergewebe bei einer ständigen Nutzung der einphasig verkürzten Trockenstehperiode bisher nicht ausreichend untersucht sind.

Für höherleistende Herden mit Rationsanforderungen von über 6,9 MJ NEL/kg TM nach dem Abkalben muss die einphasige, verkürzte Trockenstehperiode abgelehnt werden, weil die Änderungen im Energie- und Nährstoffbedarf nicht umzusetzen sind. Die Nutzung der zweiphasigen Trockenstehperiode bietet für den Mehraufwand der zusätzlichen Gruppenbildung verschiedene Vorteile (Abb. 10). In größeren Herden wird die Gruppe der Trockensteher 1 ohnehin als Auffanggruppe für frühzeitig trockengestellte Kühe benötigt. Die Trockenstehgruppe 1 ist darüber hinaus für die Integration der Färsen in die Kuhherde gut geeignet.

- Die einphasige, verkürzte Trockenstehperiode (28 bis 35 Tage, EK 6,4 bis 5,8 MJ NEL/kg TM)

### kann nicht empfohlen werden:

- verringerte Milchleistung
  - Risiko einer Überkondition / Verfettung
  - Probleme mit der Mastitisprophylaxe
- 
- TS 1 ist notwendig für
    - die Regeneration der Kühe
    - die Vermeidung einer Verfettung zum Abkalben
    - Auffanggruppe für überkonditionierte Kühe in der Spätlaktation (vorzeitiges Trockenstellen)
    - Integration von tragenden Färsen in die Herde

*Abb. 10 Zusammenfassende Bewertung der verkürzten einphasigen Trockenstehperiode*

## Krafffutterabrufstationen

Eine andere Situation besteht bei der Nutzung von Krafffutterautomaten mit der Möglichkeit der langsam steigenden Zufütterung von Konzentraten am Ende der Trockenstehperiode bzw. in der Transitperiode. Für dieses Verfahren gelten die bekannten Regeln der Verfütterung einer Grundration nach den Vorgaben der Trockenstehperiode 1 plus Steigerung des Krafffutterangebotes um 0,5 kg pro halbe Woche mit Beginn drei Wochen vor dem Kalben bei einer oberen Begrenzung von 3 kg pro Tag. Dieses Fütterungskonzept ist der zweiphasigen Fütterung zuzuordnen. Für diese Herden gibt es keinen Grund zur Verkürzung der Trockenstehdauer, und es sollte an der Gesamtdauer der Trockenstehperiode von 7 bis 8 Wochen festgehalten werden. In kleinen Herden kann dies auch durch individuell steigende Krafffutterzuteilung per Hand erfolgen. Auch dieses Vorgehen entspricht der zweiphasigen Trockenstehhaltung. Hier kommt noch als regulierender Faktor das Kennen der Einzelkuh mit der Möglichkeit einer individuell abgestimmten Vorgehensweise hinzu.

## Frühzeitiges Trockenstellen

Eine Problemgruppe sind Kühe mit einer geringen Milchleistung auf Grund vorangegangener Erkrankungen. Sie können in der Folgelaktation wieder ihr altes Leistungsniveau erreichen. In der aktuellen Laktation unterliegen sie aber einem erhöhten Risiko, selbst in der Altmelker- oder Niedrigleistungsgruppe zu verfetten.

Die Schaffung einer eigenen Gruppe, die Rationen mit sehr geringem Energiegehalt erhält, ist aufwendig und zudem unsicher, da diese Kühe mit einer weiteren Reduktion der Milchleistung reagieren und dennoch verfetten.

Für diese Kühe bietet sich das vorzeitige Trockenstellen an. Sie können dann in der Gruppe der Trockensteher 1 bis zum Wechsel in die Vorbereitungsgruppe gehalten werden. In den Untersuchungen von ENGELHARD et al. (2007) wurde eine Gruppe frühzeitig trocken gestellt (Abb. 7). Sie erreicht in der Folgelaktation die gleiche Milchleistung wie die zweiphasig trocken gestellten Kühe (Abb. 8). Die geringere Futteraufnahme zu Laktationsbeginn ist der immer noch vorhandenen Überkondition geschuldet (Abb. 9). Die Futteraufnahme gleicht sich in den ersten Laktationswochen an. Das frühzeitige Trockenstellen ist eine effektive Option im Umgang mit niedrigleistenden Einzeltieren. Wichtig ist die Einhaltung der empfohlenen geringen Energiekonzentration im Bereich von 5,4 bis 5,8 MJ NEL/kg TM in der Gruppe der Trockenstehphase 1. Die Konditionsentwicklung dieser Kühe sollte durch regelmäßige Anwendung der Konditionsbeurteilung unter Kontrolle bleiben.

Die Effektivität dieser Maßnahme hängt vom erreichten Verfettungsgrad bei Umstellung in die Trockenstehgruppe ab. Da kein wesentlicher Rückgang des erreichten Fettansatzes erwartet werden kann, sollten die zur Verfettung neigenden Kühe bereits ab einer Konditionsnote um 4,0 bzw. einer Rückenfettdicke um 30 mm trocken gestellt und in die Gruppe TS 1 umgestellt werden. Sind die Kühe deutlich fetter, kann nur ein weiteres Verfetten vermieden werden. Eine Konditionsabnahme in Richtung der optimalen Kondition kann nur in geringem Umfang erreicht werden.

## **Zweiphasige Trockenstehperiode – das Fütterungskonzept der gesunden, fruchtbaren Milchkuh mit hoher Milchleistung**

Grundlage für die Erhaltung der Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Milchkuh ist die Deckung des Nährstoffbedarfes. Dieser unterliegt in den verschiedenen Halteabschnitten gravierenden Veränderungen. Daraus folgt ein optimaler Wechsel verschiedener Haltungsguppen mit differenzierten Futterationen (Abb. 2). Im Mittelpunkt steht die zweiphasige Trockenstehperiode, die am besten den wechselnden Nährstoffbedarf deckt. Darüber hinaus ermöglicht die zweiphasige Trockenstehperiode die Anwendung von systematischen, so genannten strategischen Prophylaxemaßnahmen zur Bekämpfung der wichtigsten Stoffwechsel- und Produktionskrankheiten (»Berufskrankheiten«) der Milchkuh, der Ketose, der Hypokalzämie/Gebärparese und der Pansenfermentationsstörung (Abb. 11). Sowohl aus Sicht der physiologischen Wirksamkeit als auch der entstehenden Kosten müssen

sich diese Prophylaxemethoden auf einen kurzen Zeitraum von 2 bis 3 Wochen vor dem Kalben konzentrieren. Das erfordert eine eigenständige Vorbereitungsration. Die aus Sicht der Pansenphysiologie wichtige Forderung nach einer ähnlichen Zusammensetzung der antepartalen und der postpartalen Transition unter Verwendung möglichst vieler gleicher Futterstoffe kann ebenfalls nur über die getrennte Vorbereitungsration erfüllt werden.

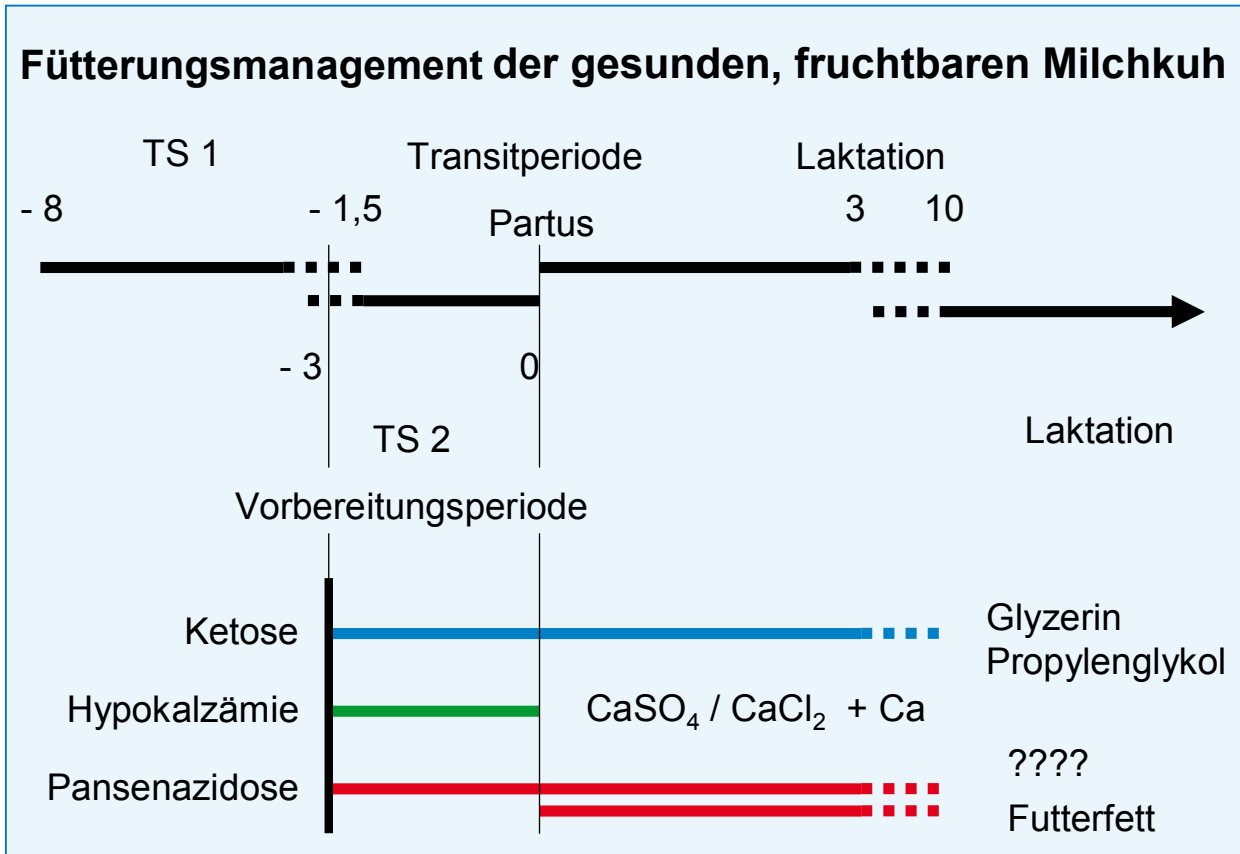


Abb. 11 Überblick zur Bildung von Fütterungsgruppen und Integration von Prophylaxemaßnahmen über die Fütterung zur Sicherung einer ungestörten Fruchtbarkeit und stabilen Gesundheit bei hoher Milchleistung


Für die Dauer der verschiedenen Fütterungsgruppen gibt es einen Zeitplan (Abb. 12). Die Gesamtdauer der Trockenstehperiode sollte bei 7 bis 8 Wochen belassen werden (Abb. 4).

Die Zuverlässigkeit der Vorhersage der Abkalbetermine sollte mit den tatsächlichen Kalbeterminen verglichen werden. Zeigen sich vermehrt Abweichungen von mehr als einer Woche, dann hat das eine nicht akzeptable Auswirkung auf die tatsächliche Dauer der Vorbereitungsperiode. Auf Grund dieser Erfahrungswerte ist die Umstellung von der Trockenstehgruppe in die Vorbereitungsgruppe zu korrigieren.



Abb. 12

Orientierungswerte zur Dauer der Fütterungsgruppen in der Transitperiode

Gesamtdauer der zweiphasigen Trockenstehperiode	7 bis 8 Wochen	
Vorbereitungsperiode = antepartale Transitperiode		
Kühe	2 bis 3 Wochen	
Färsen	1 bis 2 Wochen	
Startperiode = postpartale Transitperiode		
Kühe	3 bis 5 Wochen	
Jungkühe	5 bis 10 Wochen	
	oder eigene Jungkuhgruppe (gesamte Laktation)	
Hochleistungsperiode	bis sichtbare Konditionszunahme / Fettansatz	
Niedrigleistungsperiode = Altmelker	bis zum Trockenstellen	

## Anforderungen an die Trockenstehperiode 1

In der Trockenstehperiode 1 sollen sich die Kühe von der vorhergehenden Laktation erholen und das Milchdrüsengewebe im Euter zurückbilden. Das wird durch eine grobfutterbasierte, extensive Ration mit einem geringen Stärke- bzw. Zuckergehalt erreicht. Hauptkomponenten sind Anwelksilage, wenig Maissilage, Heu, Stroh und, nicht zu vergessen, ein Mineralstoffgemisch. Der Übergang zur Trockenstehrung erfolgt unmittelbar nach dem Trockenstellen ohne einen weiteren Rationswechsel. Das ausschließliche Verfüttern von Stroh in den ersten Tagen nach dem Trockenstellen zur Unterstützung der Euterrückbildung ist nicht sinnvoll, da die Immunabwehr geschwächt wird (ODENSTEIN et al., 2007). Tab. 1 enthält die Zielwerte der Trockenstehrung 1. Kühe wechseln in die Vorbereitungsgruppe 2 bis 3 Wochen, Färsen dagegen 1 bis 2 Wochen vor dem voraussichtlichen Kalbezeitpunkt (Abb. 2, 12).

## Metabolisches Gedächtnis und Auswahl der Futtermittel

Bei der Kalkulation von Futterrationen werden verschiedene Futtermittel zusammengestellt und so bilanziert, dass vorgegebene Zielwerte unter Beachtung bestimmter Eckwerte (Bedarf an strukturwirksamer Rohfaser ...) eingehalten werden. Danach ist es ohne Bedeutung, aus welchen Futtermitteln die Energie stammt, wenn in der Gesamtration die geforderte Energiekonzentration erreicht wird. Untersuchungen von PIRES et al. (2007) und MOALLEM et al. (2007a, b) zeigen, dass bei gleichem Energiegehalt die Zusammensetzung der Futterrations die Stoffwechselreaktion von

Tab. 1 Trockensteherration 1 (8 bis 3...1 Woche vor dem Kalben) Herde - Datum

Parameter	Einheit	Zielwerte	Analysenwerte			Berechnung		
			▼	Ø	▲	▼	Ø	▲
Trockensubstanz	g / kg	400-500						
Trockenmasse	g			1000				
Rohasche	g / kg	< 100						
Energie NEL	MJ / kg	5,4-5,8						
Energie ME	MJ / kg							
Rohfaser	g / kg	>220						
ADF	g / kg	300-350						
NDF	g / kg	400-480						
pe NDF	g / kg	350-400						
Strukturwert		2,0						
strukturwirksame RF	g / kg	>230						
NFC	g / kg	200-250						
Zucker	g / kg	< 60						
Stärke	g / kg	50-90						
Zucker/Stärke	g / kg	90-100						
beständige Stärke	g / kg	0-10 <sup>a</sup>						
Rohprotein	g / kg	120-130						
nXP	g / kg	110-120						
RNB	g N / kg	0-1						
UDP	%	10-20						
Proteinlöslichkeit	%	30-40						
Rohfett	g / kg	30-35						
Kalzium	g / kg	4,0-6,0*/**						
Phosphor	g / kg	2,5-3,5 **						
Magnesium	g / kg	1,5-2,0						
Kalium	g / kg	8-16 ***						
Natrium	g / kg	1,2-2,0 ***						
Chlorid	g / kg	2-8						
Schwefel	g / kg	1,5						
DCAB	meq / kg	200-300						
Eisen	mg / kg	50-100						
Kupfer	mg / kg	10-20						
Zink	mg / kg	50-100						
Mangan	mg / kg	50-100						
Selen	mg / kg	0,15-0,3						
Molybdän	mg / kg	< 1						
Cobalt	mg / kg	0,1-0,5						
Jod	mg / kg	0,5						
Vitamin A	IE / kg	4500-10000 ****						
Vitamin D	IE / kg	1500-3000 ****						
Vitamin E	IE / kg	15-100 ****						
NH <sub>3</sub>	g / kg							
NH <sub>3</sub> -N	% ges.N	< 5						
pH		4-6						

<sup>a</sup> Gesamtmenge an Durchflussstärke < 250 g / Kuh und Tag

\* Ca/P-Verhältnis soll zwischen < 2,0 und > 1,5 liegen

\*\* werden in der antepartalen Transitperiode Anionensalze mit einer DCAB-Absenkung zwischen - 50 bis 50 mequ/kg TM eingesetzt, dann kann Ca > 4,5 g/kg TM sein

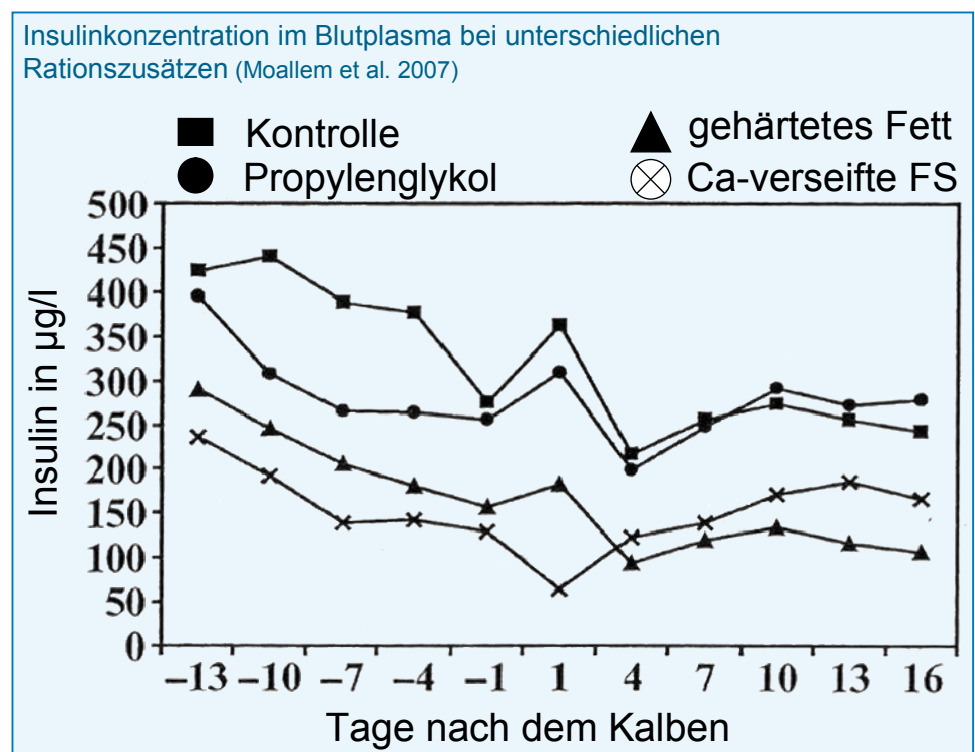
\*\*\* K/Na-Verhältnis soll zwischen 4,0 bis maximal 8,0 liegen

\*\*\*\* zugefügtes Vitamin

Kühen in der Transitperiode modifiziert. Im Mittelpunkt stehen die Effekte auf den Insulinhaushalt (BREDFORD und ALLEN, 2007; KNEGSEL et al., 2007a, b; PIRES und GRUMMER, 2007). Der Austausch von glukoplastischen Kohlenhydraten (Zucker, Stärke, Propylenglykol) durch Fettsubstanzen vermindert die Insulinausschüttung (Abb. 13). Kühe weisen bereits um die Geburt niedrige Insulinkonzentrationen auf, die bei einem Fettzusatz zur Vorbereiterraion im Austausch gegen Kohlenhydrate weiter gesenkt werden. Eine wichtige Insulinwirkung ist die Hemmung des Abbaus von körpereigenen Fettdepots. Als Folge erhöht der Ersatz von glukoplastischen Kohlenhydraten durch Fettsubstanzen in der Vorbereiterraion die Lipolyserate, darüber die Konzentration an freien Fettsäuren und an Ketonkörpern. Die Futteraufnahme wird zusätzlich gehemmt. Das Ausmaß dieser Effekte veranschaulicht Abb. 14 am Beispiel des Ketonkörpers  $\beta$ -Hydroxybutyrat.

Abb. 13

Einfluss von verschiedenen Rationszusätzen auf die Insulinkonzentration bei Milchkühen in der Transitperiode (MOALLEM et al., 2007a)



In diesem Zusammenhang wird den freien Fettsäuren eine besondere Rolle bei der Entstehung von Gesundheitsstörungen zugemessen (CHAGAS et al., 2007; OSMAN et al., 2007; SMITH et al., 2007). Mitunter wird sogar von einer toxischen Wirkung gesprochen. Es besteht ein enger Zusammenhang zwischen der Konzentration an freien Fettsäuren zur Geburt und der Höhe der Ketonkörper und des Leberfettgehaltes in der Früh-laktation (Abb. 15). Damit kann die Konzentration an freien Fettsäuren nach dem Kalben als Messgröße zur Beurteilung der Qualität der Trockensteh- und Vorbereitungs-fütterung, die Konzentration an  $\beta$ -Hydroxybutyrat zur Kontrolle der postpartalen Transifütterung herangezogen werden.

$\beta$ -Hydroxybutyratkonzentration im Blutplasma bei unterschiedlichen Rationszusätzen (Moallem et al. 2007)

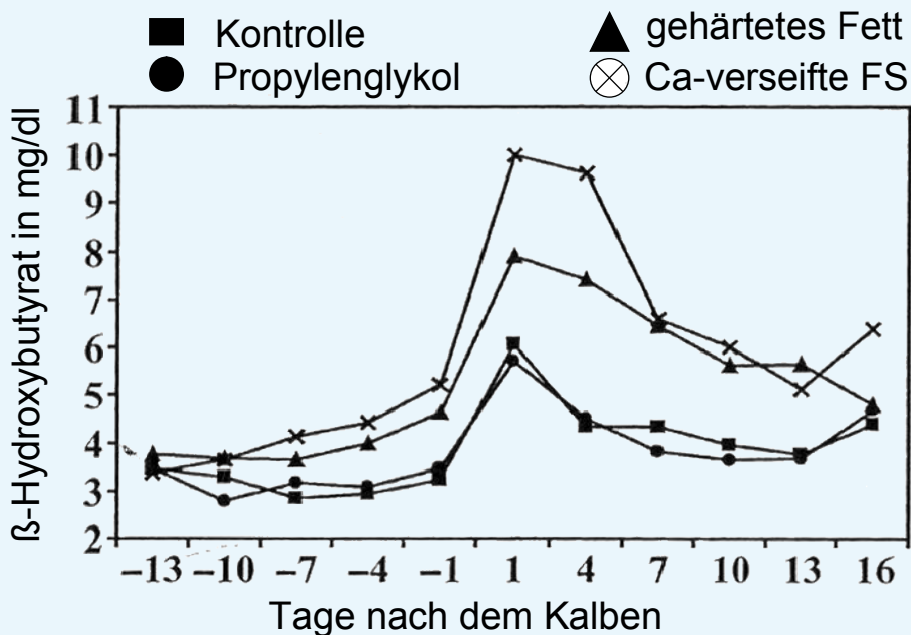


Abb. 14

*Einfluss von verschiedenen Rationszusätzen auf die Ketonkörperkonzentration ( $\beta$ -Hydroxybutyrat) bei Milchkühen in der Transitperiode (MOALLEM et al., 2007a)*

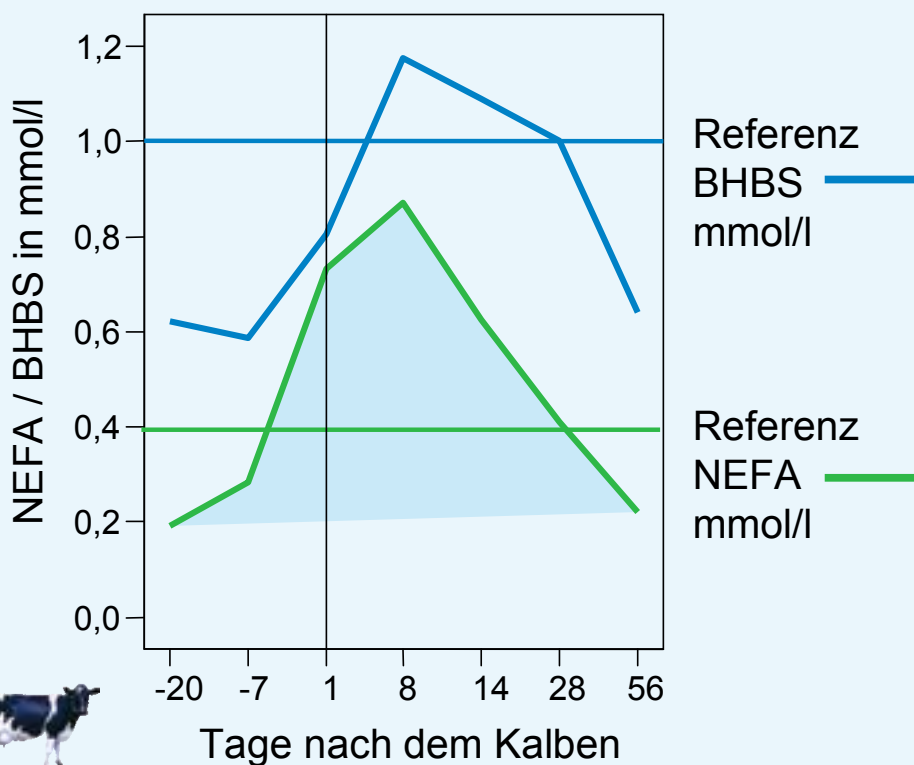


Abb. 15

*Zeitlicher Verlauf der Konzentration an freien Fettsäuren und  $\beta$ -Hydroxybutyrat bei Kühen im peripartalen Zeitraum*

Der Effekt der Zusammensetzung der Vorbereiterration auf den Insulinstoffwechsel setzt sich bis weit in die postpartale Transitperiode in der Weise fort, dass der von der Vorbereiterration ausgehende Impuls für die Intensität der Lipolyserate über den Zeitraum der Vorbereitung weiterwirkt. Das hat zu dem Begriff des metabolischen Gedächtnisses geführt.

Es ergeben sich für das Verständnis des Einflusses der Vorbereiterration auf die Gesundheit in der Frühlaktation und für die Rationsgestaltung wichtige Schlussfolgerungen (Abb. 16).

- Die effektive metabolische Insulinwirkung im peripartalen Zeitraum nimmt eine zentrale Stellung in der Ausbildung des metabolischen Gedächtnisses und darüber für die Gesundheit der Milchkuh ein.
- Die „toxische“ Wirkung der freien Fettsäuren im peripartalen Zeitraum beruht unter anderem auf der Veränderung der metabolischen Insulinwirkung.
- Neben der Einhaltung der bekannten Rationskennwerte hat die Auswahl der Rationskomponenten einen gravierenden Einfluss auf die Entwicklung von Fruchtbarkeitsstörungen und Erkrankungen in der Folgelaktation.
- In der Transitperiode sind die Insulinwirkung fördernde (in der Spätlaktation die Insulinwirkung hemmende) Rationskomponenten auszuwählen.
- Die Blutserumkonzentration der freien Fettsäuren im peripartalen Zeitraum kann eine Messgröße für die Qualität der Trockenstehfütterung sein.

*Abb. 16 Schlussfolgerungen zum »Metabolischen Gedächtnis«*

## **Anforderungen an die Trockenstehperiode 2**

Die optimale Dauer der Vorbereitungsperiode beträgt für Kühe 2 bis 3 Wochen und für Färsen 1 bis 2 Wochen (Abb. 2, 12). Die verkürzte Vorbereitung der Färsen unterstützt den Abkalbeverlauf und vermindert die Häufigkeit von Tot- und Schweregeburten (SORGE, 2005).

Der Vorbereiterration kommt im Zusammenhang mit der Vermittlung zwischen der extensiven frühen Trockenstehration (TS 1) und der intensiven Laktationsration eine zentrale Rolle zu. An die Vorbereiterration werden die höchsten Anforderungen im Vergleich zu allen in der Milchkuhhaltung verfütterten Rationen gestellt. Dem steht gegenüber, dass die Vorbereiter immer die Gruppe mit der geringsten Tierzahl sind, die noch zu alledem scheinbar unproduktiv sind, da noch keine Milch ermolken wird. Das führt zu zwei häufigen Fehlerquellen. Einmal wird der Vorbereiterfütterung nicht die Aufmerksamkeit geschenkt, die ihr zukommt. Zweitens werden in der Vorbereiterration am häufigsten starke Mischungenauigkeiten und Mischfehler gefunden. Selbst eine gute Rationsberechnung ist noch lange keine Gewähr, dass

diese Ration auch so bei der Kuh ankommt. Es kann nicht deutlich genug darauf hingewiesen werden, dass die Qualität der Vorbereitungsfütterung die Leistung und Gesundheit der Milchkuh in der gesamten Folgelaktation in hohem Maße beeinflusst. Bestandsprobleme nehmen häufig mit Fehlern in der Vorbereitungsfütterung ihren Anfang.

Die Ausführungen zum metabolischen Gedächtnis der Milchkuh führen zu der wichtigen Schlussfolgerung, dass die Zusammenstellung nicht nur allein auf die Einhaltung der Kennwerte auszurichten ist, sondern genauso auf die Auswahl der richtigen Futtermittel (Abb. 17). Es sind möglichst wenig oder keine Futtermittel mit einer starken pansenpuffernden Wirkung auszuwählen, da die Verschiebung der Stoffwechselreaktion in den alkalischen Bereich die Anpassung des Kalziumstoffwechsels stört und das Auftreten von Nachgeburtsverhaltungen und Festliegen fördert (Abb. 18). Aus dieser Sicht ist es von Vorteil, den Wechsel von der Ration der TS 1 in die TS 2 mit einer deutlichen Aktivierung der Pansenfermentationsprozesse zu kombinieren. Das erreicht man durch den Austausch von Anwelk- gegen Maissilage (Abb. 18). Dabei muss ein Abgleiten in eine Azidose vermieden werden.

## Trockenstehphase 2

Kühe -3...-2 Wochen a.p. bis Kalbung

- Einhaltung der bekannten Rationskennwerte  
und
- richtige Auswahl der Rationskomponenten



*Abb. 17 Grundprinzipien zur Zusammenstellung der antepartalen Transition*

Die zweite Gruppe an unerwünschten Futtermitteln sind solche, die die Insulinausschüttung vermindern (Abb. 18). Dazu zählt das Vermeiden einer Rohproteinübersorgung, insbesondere einer positiven RNB über +0,5 g/kg TM. Am besten ist eine RNB um 0. Ein anderer wichtiger Aspekt ist die Energieversorgung. Es sollen der Vorbereiterration kein Fremdfett und keine Futtermittel mit hohem Fettgehalt zugesetzt werden. Rapskuchen ist aus mehrfacher Sicht zu meiden. Die Energie soll aus Kohlenhydratfuttermitteln gewonnen werden (Abb.18). Leicht fermentierbare Kohlenhydrate (Stärke und Zucker) stimulieren die Insulinsekretion und verschieben den Säuren-Basen-Haushalt in die saure Richtung. Das sind zwei erwünschte Effekte, allerdings nur solange das Abrutschen in eine Pansenazidose vermieden wird. Azidosen bewirken unter anderem einen Rückgang der Futteraufnahme (PEN-

NER et al., 2007). Deshalb müssen bei den leicht fermentierbaren Kohlenhydraten Obergrenzen und umgekehrt bei der Versorgung mit strukturwirksamer Rohfaser Untergrenzen eingehalten werden (Tab. 2). An Zusatzstoffen ist auf glukoplastische Verbindungen (Propylenglykol, Glycerin) nicht zu verzichten. Ergibt die Kontrolle der Ration auf dem Futtertisch besonders im Sommer eine Tendenz zur Nacherwärmung, dann sollte die Ration mit Konservierungsstoffen stabilisiert werden (Abb. 18). Entscheidet man sich für eine Anionenration als Konzept zur Prophylaxe der Gebärpause, dann werden der Vorbereiterration noch saure Salze beigemischt (Abb. 11).

## Trockenstehphase 2 Kühe -3...-2 Wochen a.p. bis Kalbung

- keine Futtermittel mit starker pansenpuffernder Wirkung (Hypokalzämie)
  - keine kaliumreichen (> 15 g K / kg TS) Futtermittel (Melasse, Silage ?)
  - kein Natriumbikarbonat oder andere Pansenpuffer
  - keine Proteinübersversorgung (Harnstoffwerte)
- keine Futtermittel mit NEFA steigernder, insulinhemmender Wirkung (Ketose)
  - keine Proteinübersversorgung mit positiver RNB (Harnstoffwerte hoch)
  - kein Fettzusatz (Rapskuchen, Kalziumseifen, geschütztes Fett)
- keine verdorbenen, toxischen Futtermittel
- Zusatz glukoplastischer Substanzen (Ketose)
  - Propylenglykol, Glycerin
- Zusatz konservierender Substanzen nach Bedarf bei Erwärmung

*Abb. 18 Hinweise zur Auswahl von Rationskomponenten für die antepartale Transition*

Darüber hinaus gibt es noch eine Reihe anderer möglicher Ergänzungsstoffe, die alle ihre Berechtigung, aber auch ihren Preis haben (Abb. 19). Sie werden teilweise durchgängig eingesetzt. Es ist aber auch möglich, über gezielte Stoffwechseluntersuchungen den aktuellen Herdenstatus einzuschätzen und dann gezielt nur notwendige Ergänzungsstoffe auszuwählen (Abb. 19). Die Stoffwechseluntersuchung sollte dem Verfahren der prophylaktischen Herdenuntersuchung folgen (STAUFENBIEL, 1999; STAUFENBIEL et al., 2004).

Die Kennwerte der Vorbereiterration sind gut gesichert (Tab. 2). Es fällt ein breiter Korridor besonders in der Energieversorgung auf. Unter Beachtung der Angaben aus Abb. 18 zur Auswahl der Futtermittel muss man bei der Vorbereiterration die Zusammensetzung der nach dem Kalben gefütterten Ration beachten. Es sollte versucht werden, die antepartale und die postpartale Ration eng aufeinander abzu-

stimmen und möglichst viele gleiche Komponenten auszuwählen. Weiterhin ist auf das Vermeiden von großen Sprüngen in den Kennwerten zu achten. Eine intensive postpartale Ration erfordert eine intensive Vorbereitung und damit die Orientierung an der oberen Grenze der Energiekonzentration der Vorbereiterration im Bereich um 6,8 MJ NEL/kg TM. Eine weniger intensive Vorbereitung mit einer Energiekonzentration um 6,4 MJ NEL/kg TM kann Vorteile haben, weil das Aufeutern, die Euterödembildung und das Risiko von Pansenfermentationsstörungen gedrosselt werden. Dann muss aber zwingend eine eigenständige postpartale Transition gefüttert werden, die dann von der Hochlaktationsration abgelöst wird.

### Weitere Ergänzung der Ration in der Transitperiode

- es werden verschiedene Futterzusatzstoffe besonders für den Einsatz in der Transitperiode empfohlen
  - Niazin
  - Lebendhefen
  - Cholin
  - organische Spurenelemente
  - Vitamin-B-Komplex
  - Aminosäuren
  - Toxinbinder
- in besonderen Situationen können ausgewählte Substanzen sinnvoll sein, aber Einsatz aus Kostengründen abwägen
- Herdendiagnostik / Stoffwechselprofile als Entscheidungsgrundlage

*Abb. 19*

*Auswahl  
verschiedener  
Futterzusatzstoffe  
für die Transit-  
rationen*

Die Untersuchungen von KUHNS et al. (2007) weisen eine optimale Dauer der gesamten Trockenstehperiode von 7 bis 8 Wochen aus (Abb. 4). Die Untersuchungen von DEGARIS et al. (2008) beschäftigen sich mit dem Einfluss der antepartalen Transition auf die mittlere Milchleistung in den nachfolgenden 180 Laktationstagen. Es ergeben sich statistisch signifikante und quantitativ deutliche Effekte auf die Milchmengenleistung (Abb. 20), die Milchfett- (Abb. 21) und Milchproteinleistung (Abb. 22). Der stärkste Effekt wird bei einer Vorbereitungsdauer von 22 bis 25 Tagen gesehen. Beide Arbeiten ergänzen sich in ihrer Aussage und sind ein überzeugender Beleg für die zweiphasige Trockenstehperiode und für die Einhaltung der Zeitfolgen aus Abb. 11 und 12.



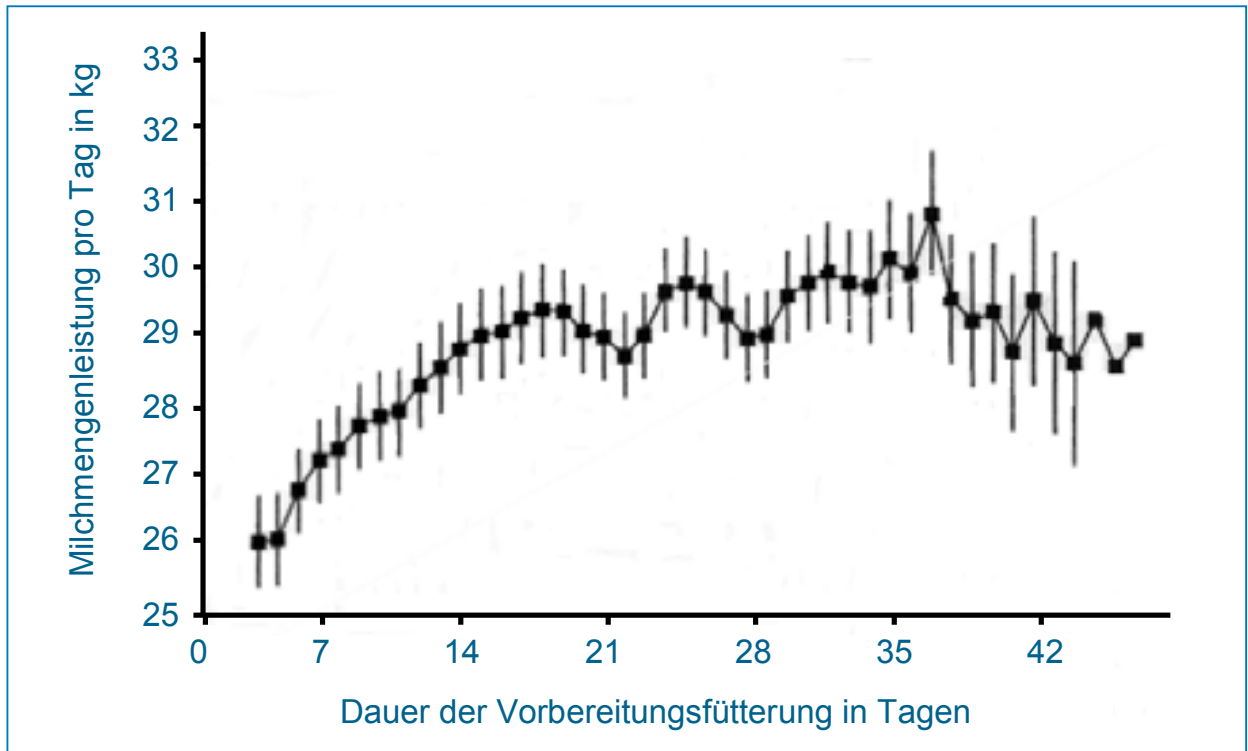


Abb. 20 Einfluss der Dauer der antepartalen Transitperiode auf die mittlere Milchmengenleistung in den ersten 180 Laktationstagen der Folgelaktation (DEGARIS et al., 2008)

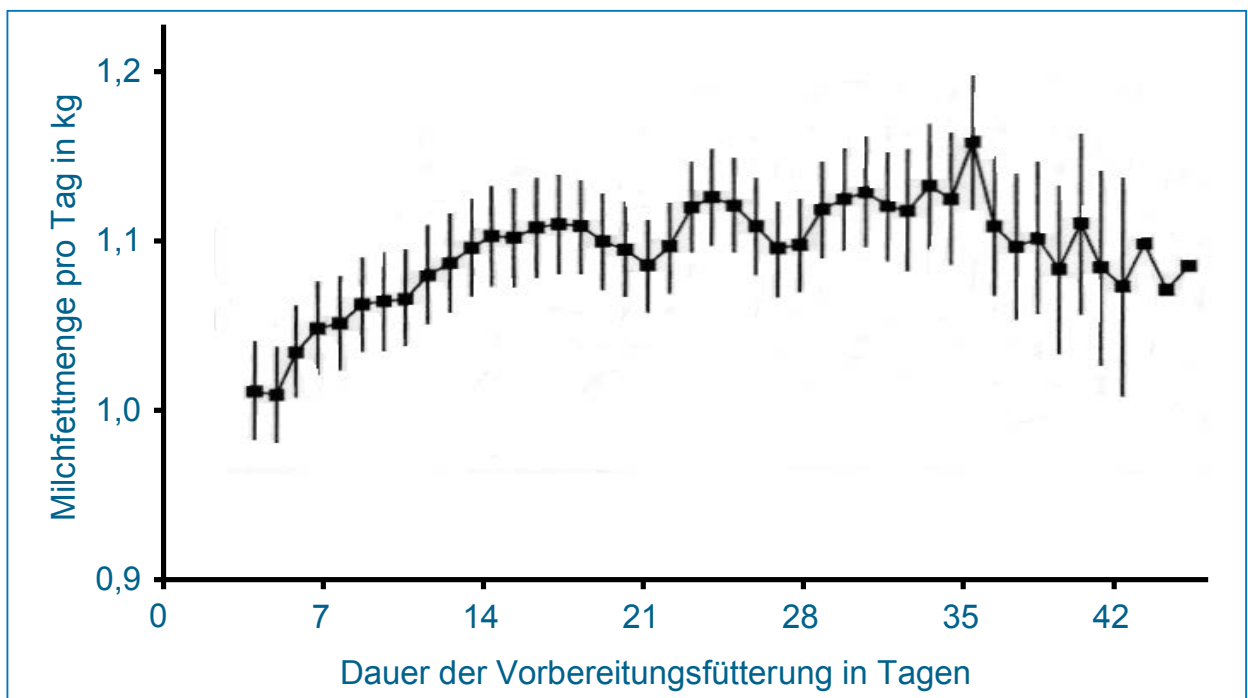


Abb. 21 Einfluss der Dauer der antepartalen Transitperiode auf die mittlere Milchfettmengenleistung in den ersten 180 Laktationstagen der Folgelaktation (DEGARIS et al., 2008)

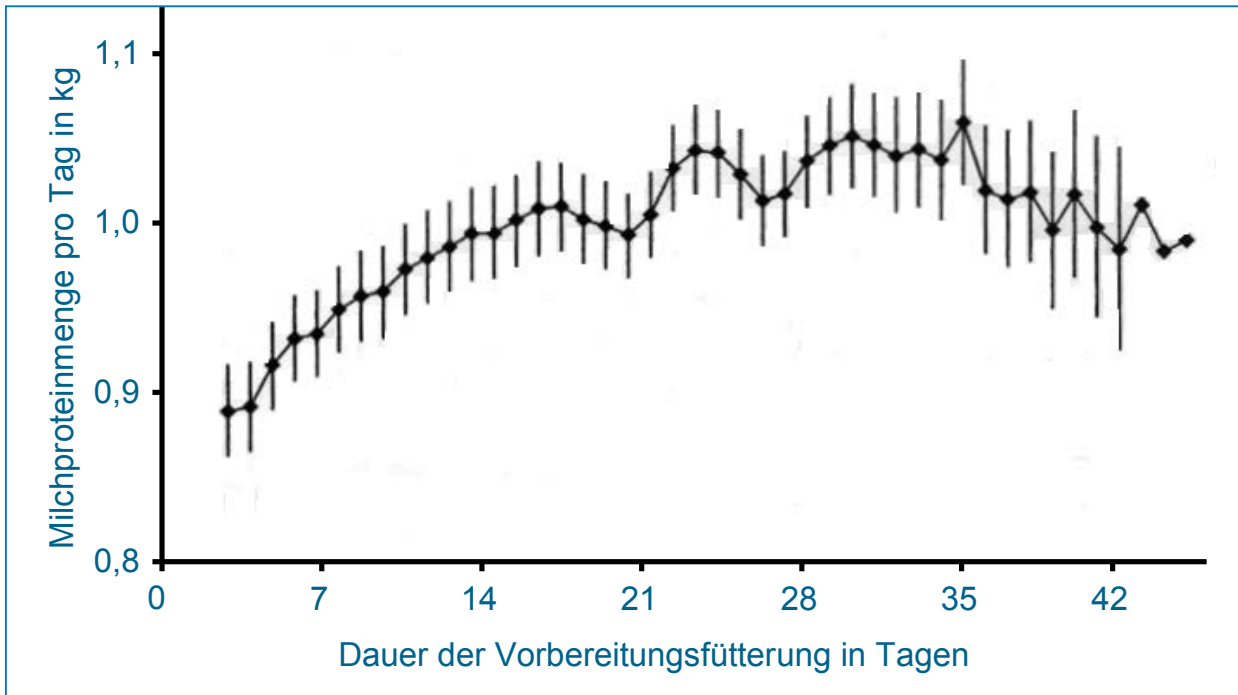


Abb. 22 Einfluss der Dauer der antepartalen Transitperiode auf die mittlere Milchproteinmengenleistung in den ersten 180 Laktationstagen der Folgelaktation (DEGARIS et al., 2008)

### Kalziumgehalt, Ca/P-Verhältnis, K/Na-Verhältnis und DCAB in der Vorbereiterration

Die Mineralstoffergänzung der Vorbereiterration muss besondere Beachtung finden, um den Kalziumstoffwechsel auf die drastisch steigenden Anforderungen nach dem Laktationsstart vorzubereiten. An dieser Stelle kann nicht die Prophylaxestrategie der Anionenration durch Zusatz von sauren Salzen ausführlich erläutert werden. Hinweise finden sich bei STAUFENBIEL (2004). Nachfolgend sollen die Hinweise am Fuß der Tab. 2 erklärt werden. Die Angabe zur Mineralstoffversorgung wurde nach der DCAB differenziert ausgewiesen (Tab. 2).

Die Festlegung des optimalen Kalziumgehaltes der gemischten Gesamtration (also am Ende nach Zugabe aller Komponenten) kann nicht pauschal mit einem Wert festgelegt werden. Er richtet sich danach, welcher DCAB-Bereich am Ende in der Ration erzielt wird. Diese Aussage ist vollkommen unabhängig davon, welche Mineralstoffe, ob und welche sauren Salze in welcher Menge zugegeben werden. Der Zusatz von sauren Salzen ist nicht gleichzusetzen mit einer Anionenration. Man kann erst von einer Anionenration sprechen, wenn die DCAB in der Gesamtration zwischen +50 und -50 mequ/kg TM abgesenkt worden ist. In diesen Rationen soll der Kalziumgehalt zwischen 9 und 14 g/kg TM liegen (Tab. 2).

Tab. 2 Vorbereiterraum 1 (3 bis 1 Woche vor dem Kalben) Herde-Datum

\* Ca/P-Verhältnis soll zwischen 0,75 und 1,0 liegen, außer bei einer Anionenration \*\* K/Na-Verhältnis soll zwischen 4,0 bis maximal 8,0 liegen \*\*\* bei Anionenration \*\*\*\* zugesetztes Vitamin a 250-300 g/Kuh und Tag b Kalziumgehalt ist abhängig von der DCAB (= (43,5 Na + 25,6 K) - (28,2 Cl + 62,3 S)) in der Endration

Parameter	Einheit	Zielwerte	Analysenwerte			Berechnung		
			▼	Ø	▲	▼	Ø	▲
Trockensubstanz	g / kg	400-500						
Trockenmasse	g			1000				
Rohasche	g / kg	< 100						
Energie NEL	MJ / kg	6,4-6,8						
Energie ME	MJ / kg							
Rohfaser	g / kg	180-190						
ADF	g / kg	230-280						
NDF	g / kg	320-380						
pe NDF	g / kg	>280						
Strukturwert		1,4						
strukturwirksame RF	g / kg	> 200						
NFC	g / kg	300-350						
Zucker	g / kg	< 60						
Stärke	g / kg	160-210						
Zucker/Stärke	g / kg	200-230						
beständige Stärke	g / kg	20-30 <sup>a</sup>						
Rohprotein	g / kg	140-150						
nXP	g / kg	140-150						
RNB	g N / kg	0-1,0						
UDP	%	25-40						
Proteinlöslichkeit	%	30-35						
Rohfett	g / kg	30-40						
Kalzium	g / kg	4-14 <sup>* b</sup>						
Phosphor	g / kg	3,0-3,5 <sup>*</sup> / ****						
Magnesium	g / kg	2-3,5 (3,5-4,0****)						
Kalium	g / kg	< 15 <sup>**</sup>						
Natrium	g / kg	1,5-2,0 <sup>**</sup>						
Chlorid	g / kg	2-3,0 (<10****)						
Schwefel	g / kg	2 (<4****)						
DCAB	meq / kg	100-200						
DCAB	meq / kg	(- 50 bis 50****)						
Eisen	mg / kg	50-100						
Kupfer	mg / kg	10-20						
Zink	mg / kg	50-100						
Mangan	mg / kg	50-100						
Selen	mg / kg	0,15-0,3						
Molybdän	mg / kg	< 1						
Cobalt	mg / kg	0,1-0,5						
Vitamin A	IE / kg	4500-10 000 ****						
Vitamin D	IE / kg	1500-3000 ****						
Vitamin E	IE / kg	15-100 ****						
NH <sub>3</sub>	g / kg							
NH <sub>3</sub> -N	% ges.N	< 5						
pH		4-6						

DCAB	>200 mequ/kg TM	Ca	< 4,0 g/kg TM
DCAB	100-200 mequ/kg TM	Ca	6,0 g/kg TM
DCAB	50-100 mequ/kg TM	Ca	9,0 g/kg TM (unsicher, nicht anstreben)
DCAB	-50-50 mequ/kg TM	Ca	9,0-14 g/kg TM

Neuere Untersuchungen weisen auch für eine Anionenration einen Kalziumgehalt ab 9 g/kg TM als ausreichend aus. Sehr hohe Kalziumgehalte über 10 g/kg TM sind nicht notwendig. Da das Phosphorangebot mit 4 g/kg TM ausreichend ist, liegt das Ca/P-Verhältnis zwangsläufig in einer Anionenration immer über 2, im Bereich zwischen 2 und 3. Das kann akzeptiert werden.

Der DCAB-Bereich in der Vorbereiterration zwischen +50 und +100 mequ/kg TM sollte nach Möglichkeit nicht angestrebt werden. Besser wäre es, die DCAB weiter zu senken oder über +100 zu bleiben. Wird dieser Bereich dennoch gewählt, dann soll der Gesamtkalziumgehalt der Ration zwischen 6 und 9 g/kg TM liegen (GELFERT und STAUFENBIEL, 2008). Das Ca/P-Verhältnis ist deutlich unter 2, in Richtung 1,5 einzustellen.

Für den DCAB-Bereich zwischen +100 und +200 mequ/kg TM ist ein Gesamtkalziumgehalt zwischen 4 und 6 g/kg TM zu empfehlen. Das Ca/P-Verhältnis soll zwischen 1 bis 1,5, mehr in Richtung 1, eingestellt werden. Der DCAB-Bereich +100 und +200 mequ/kg TM ist eine erwägenswerte Alternative zu einer Anionenration. Rationen mit einer Ausgangs-DCAB über +200 mequ/kg TM können durch Zugabe ausgewählter saurer Salze in den Bereich zwischen +100 und +200 mequ/kg TM abgesenkt werden. Da der Kalziumgehalt unter 6 g/kg TM liegen soll, bietet sich in erster Linie das Einmischen von Magnesiumsulfat an. Das ist dann keine Anionenration. Das saure Salz wird zur Absenkung der DCAB, aber nicht zur Herstellung einer Anionenration genutzt (DCAB-Regulator). In jedem Fall ist am Ende immer auf das Einhalten der Obergrenzen für die verschiedenen Mengenelemente (Mg, Cl, S) in der Gesamtration zu achten (Tab. 2).

Bleibt die DCAB in der Gesamtration der Vorbereiter über +200 mequ/kg TM, dann muss auf das Konzept der kalziumarmen Fütterung zurückgegriffen werden. Der Kalziumgehalt sollte unter 4 g/kg TM liegen. Die kalziumarme Fütterung ist nicht nur auf die Vorbereiterperiode zu beschränken, sondern auf die gesamte Trockenstehzeit auszudehnen. Zusätzlich wirkt ein sehr enges Ca/P-Verhältnis stoffwechselaktivierend. Anzustreben ist ein Wert um 1 oder sogar unter 1 bis in den Bereich von 0,75. Ein Ca/P-Verhältnis unter 1 bleibt dabei auf den Zeitraum der Vorbereiterperiode begrenzt.

Alle genannten Prophylaxestrategien können durch die bekannte Vitamin-D-Behandlung von besonders für das Festliegen gefährdeten Kühen 1 Woche vor dem Kalben ergänzt werden.

Günstige DCAB-Bereiche für die Vorbereiterration sind -50 bis +50 (Anionenration) oder +100 und +200 mequ/kg. Die praktische Umsetzung dieser DCAB-Bereiche kann mit den bekannten sauren Salzen nicht immer erreicht werden, da neben

dem Anion auch bestimmte Kationen (bisher Kalzium oder Magnesium) zugeführt werden. Damit werden schnell Einsatzgrenzen erreicht. Wünschenswert wären weitere Chlorid- und Sulfatquellen. Da die Substanzen zum gezielten Einstellen eines gewünschten DCAB-Wertes dienen, können sie als DCAB-Regulatoren bezeichnet werden, eine neue Gruppe an Futterzusatzstoffen.

Das K/Na-Verhältnis soll in allen Rationen und damit auch in der Vorbereiterration unter 8, zwischen 4 und 8 liegen. Damit bestimmt häufig der K-Gehalt das notwendige Natriumangebot. Kann der für Vorbereiterrationen empfohlene K-Gehalt von unter 15 g/kg TM nicht erreicht werden, zieht das zwangsläufig auch eine Erhöhung des Natriumangebotes über die 2 g/kg TM nach sich (Tab. 2). Als Natriumquelle muss Viehsalz dienen, um die DCAB nicht anzuheben.

### Häckselstroh zum Anmischen der Vorbereiterration

Das Konzept der gemeinsamen Betrachtung der Vorbereitungsfütterung und der Startration im Begriff der Transitkuhfütterung darf nicht dazu verleiten, dass vor und nach dem Kalben die gleiche Ration angeboten wird, da sich die Bedarfswerte deutlich unterscheiden. Eine durchaus elegante Kompromisslösung für kleine Herden kann die Herstellung der Vorbereiterration durch Verdünnen der postpartalen Transitrationsration durch Zumischen von Häckselstroh sein. Dieses Vorgehen besteht in der Weise, dass dadurch der Gedanke einer gemeinsamen Transiffütterung gut umgesetzt wird.

An das Häckselstroh werden hohe Anforderungen gestellt. Es muss qualitativ hochwertiges Futterstroh (Wintergerste, Weizen) sein. Als Häcksellänge sind 2 bis 4 cm (1 bis 5 cm) einzuhalten, um ein Selektieren bei Erhalt der Strukturwirksamkeit zu vermeiden. Die durch Strohzugabe verdünnte Ration soll den Kennwerten einer Vorbereiterration in den wesentlichen Punkten nachkommen (Tab. 2). Dazu kann es durchaus sinnvoll sein, mit dem Häckselstroh zusätzlich weitere Ergänzungsstoffe (spezielle Mineralstoffe und Wirkstoffe, saure Salze) hinzuzufügen. Der Ausschluss bestimmter Futtermittel wird nicht möglich sein. Es ist erkennbar, dass der Erfolg dieses Vorgehens von der Zusammensetzung der postpartalen Transitrationsration bestimmt wird. Deshalb bedarf es einer ständig begleitenden Erfolgskontrolle (TMR-Analyse, klinische Effekte wie Erkrankungshäufigkeiten, Geburtsverlauf, Konzentration an freien Fettsäuren nach dem Kalben, Konditionsbeurteilung). Für dieses Vorgehen gewinnen saure Salze im Sinne der genannten DCAB-Regulatoren eine besondere Bedeutung.

## Nutzung einer Weideperiode

Die Weidehaltung hat aus Sicht der Tiergesundheit zweifellos verschiedene positive Effekte, besonders auf die Klauengesundheit (HERNANDEZ-MENDO et al., 2007). Deshalb stellt sich immer wieder die Frage nach der Nutzung der Weidehaltung für die Trockensteher (Abb. 23).

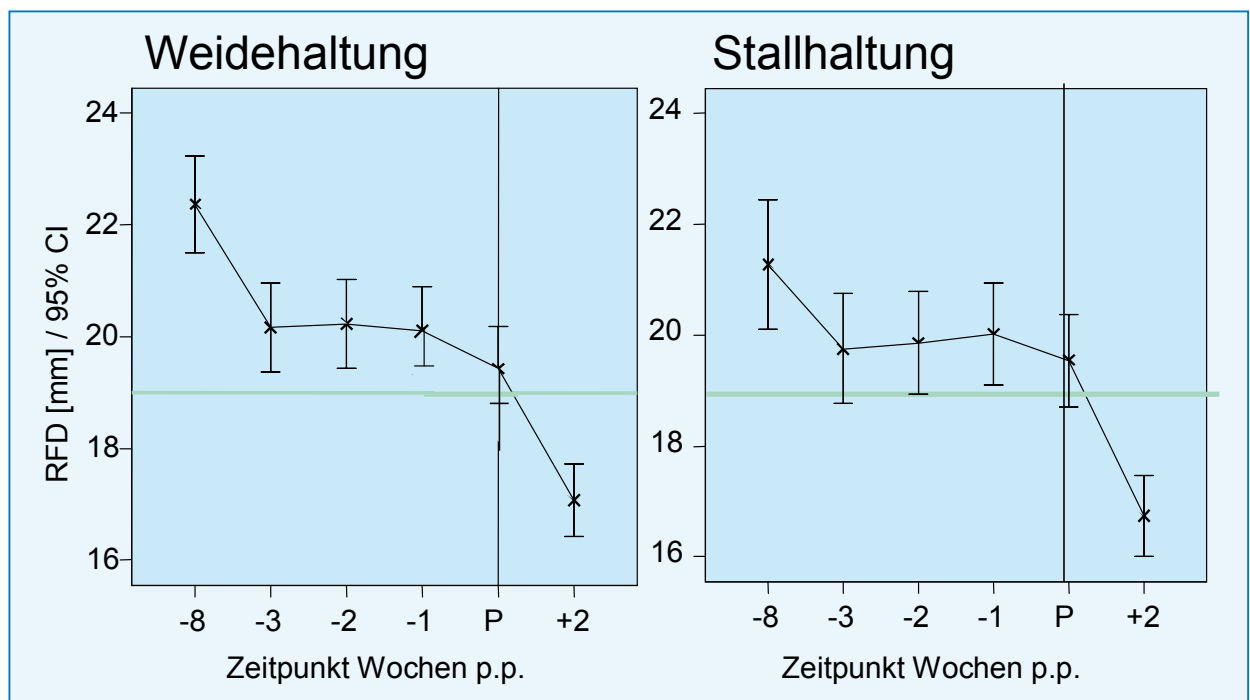


Abb. 23

Weideperiode für die Trockensteher ja oder nein ?

Eine Weidehaltung kommt grundsätzlich nur für die Kühe in der Trockenstehperiode 1 in Frage. Die Vorbereitungsperiode ist bei Stallhaltung der melkenden Kühe immer im Stall umzusetzen. Die einphasige und/oder verkürzte Trockenstehperiode schließt eine Weidehaltung aus. Bei einer Gesamttrockenstehdauer von 7 bis 8 Wochen würde sich ein Weideaufenthalt von 4 bis 5 Wochen ergeben, also ein durchaus relevanter Zeitraum. Die wichtigste Frage bei der Entscheidung für oder gegen die Weidehaltung der frühen Trockensteher ist die nach der annähernd bedarfsgerechten Versorgung mit Energie, Proteinen und Mineralstoffen. Für die Mineralstoffversorgung stehen verschiedene technische Lösungen zur Verfügung. Bei der Proteinversorgung werden Kompromisse akzeptiert werden müssen. Wichtig ist, dass eine annähernd bedarfsgerechte Energieversorgung gewährleistet ist. Zur Kontrolle kann die Konditionsbeurteilung der Tiere zu Weideauftrieb und bei Weideabtrieb dienen. In der Trockenstehperiode 1 und damit während der Weideperiode soll es nur zu geringen Konditionsänderungen kommen. Dann ist das Ziel einer möglichst ausgeglichenen Energiebilanz erreicht. Abb. 24 zeigt den Verlauf der Rückenfettdicke als das genaueste Verfahren zur Konditionsbeurteilung bei tro-

ckenstehenden Kühen aus einer Herde mit und ohne Weideperiode. Es ist kein Unterschied im Konditionsverlauf festzustellen. Die Kühe können über die Futteraufnahme Schwankungen im Energiegehalt des Weideaufwuchses in gewissen Grenzen regulieren. Kühe in mäßiger Kondition fressen mehr, solche in einer Überkondition weniger. Das führt zu einer Angleichung der Kondition in der Herde während der Weideperiode (Abb. 25). Dieser konditionsharmonisierende Effekt einer einheitlichen Fütterung in der Trockenstehperiode 1 ist nicht weidespezifisch, sondern lässt sich in gleicher Weise auch für Stallfütterungsgruppen nachweisen. Werden dagegen zwischen Weidebeginn und Weideende bei den Einzeltieren relevante Konditionsänderungen festgestellt (Änderung der Rückenfettdicken über 5 mm oder mehr als 0,5 BCS-Noten), dann ist eine bedarfsgerechte Energieversorgung nicht mehr gewährleistet. In diesem Fall werden sich Imbalancen in der Proteinversorgung noch stärker negativ auswirken. Die Tiere müssen auf einen anderen Weidestandort verbracht werden, oder die Weideperiode ist zu beenden.



*Abb. 24 Verlauf der Körperkondition (Rückenfettdicke) bei Kühen mit Weide- und Stallhaltung in der Trockenstehperiode 1 (DAETZ, 2008)*

Ein weiteres Problem ist der Übergang von der Weide- zur Stallfütterung. Die Vorbereitungsration ist im Vergleich zur Weidefütterung relativ intensiv. Für die Umstellung der Pansenfermentation sollte die Möglichkeit der Verfütterung einer Übergangsration vor der Vorbereitungsration geprüft werden. Ist das nicht möglich, ist die Vorbereitungsration eher an der unteren Grenze der Empfehlungen auszurichten (Tab. 2). Die Tierbeobachtung ist in der ersten Woche nach dem Wiederaufställen zu intensi-

vieren. Dabei sind besonders Futteraufnahme, Wiederkauen und Kotkonsistenz zu kontrollieren. Die Vorbereitungsdauer wird sich an 3 Wochen orientieren.

**Konditionsentwicklung trockenstehender Kühe auf der Weide (TS1) in Abhängigkeit von der Kondition zum Weideaustrieb (n = 298, p < 0,05)**

	n	RFD (Austrieb) mm	RFD (Abtrieb) mm	Differenz RFD (Weide) mm
RFD (Austrieb) < 20 mm	118	16,2 ± 2,3	15,2 ± 2,7	-1 ± 2,4
RFD (Austrieb) 20 - 25 mm	95	22,1 ± 1,4	19,4 ± 3,4	- 2,7 ± 3,2
RFD (Austrieb) > 25 mm	85	29,5 ± 3,4	25,3 ± 4,1	- 4,2 ± 3,2

*Abb. 25 Körperkondition (Rückenfettdicke) bei Milchkühen vor und nach der Weideperiode in der Trockenstehperiode 1 (DAETZ, 2008)*

Die Entscheidung zur Nutzung der Weidehaltung wird damit von der Qualität der Weide bestimmt. Sie erfordert eine ständig begleitende Kontrolle der Konditionsentwicklung am Anfang und am Ende der Weidezeit und eine intensive Tierkontrolle nach der Wiederaufstallung. Aus dieser Sicht ist die Entscheidung auf den Verzicht der Weidehaltung nachvollziehbar. Es bleibt am Ende eine betriebsspezifische Einzelentscheidung unter Abwägung vieler Einflussfaktoren.

### **Konditionsverbesserung in der Trockenstehperiode durch Verlängerung der Vorbereitungsfütterung**

Sind einzelne Kühe zu Beginn der Trockenstehperiode unterkonditioniert, besteht die Neigung, diese Kühe früher oder sogar während der gesamten Trockenstehperiode in der Vorbereitungsgruppe zu halten. Dadurch wird eine beschleunigte Konditionszunahme erreicht, und diese Kühe nähern sich dem Konditionsdurchschnitt der Herde. Abb. 26 und 27 geben den Verlauf der Rückenfettdicke von Kühen in einer Herde wieder. Die Kühe aus Abb. 26 befanden sich zu Beginn der Trockenstehperiode mit einer Rückenfettdicke um 22 mm in einer optimalen Kondition.



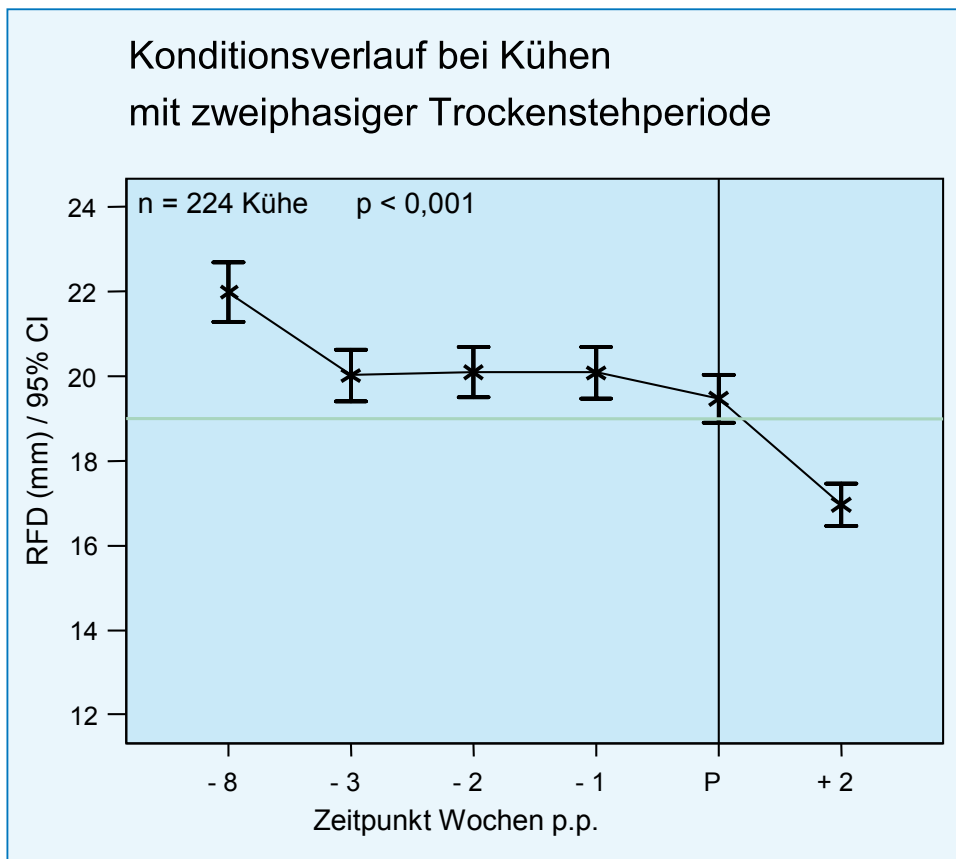


Abb. 26

*Konditionsentwicklung in der Trockenstehperiode und Transitperiode von Milchkühen unter den Bedingungen einer normgerechten bilanzierten zweiphasigen Trockenstehperiode (DAETZ, 2008)*

Sie durchliefen die übliche zweiphasige Trockenstehperiode mit einer abgestuften Energieversorgung entsprechend den Normvorgaben. In der Trockenstehphase 1 von 8 bis 3 Wochen vor dem Kalben zeigt sich ein geringer Konditionsverlust von 2 mm. In der Vorbereitungsperiode bleibt die Kondition bis zur Abkalbung nahezu unverändert. Das bedeutet, diese Kühe befinden sich bis kurz vor der Abkalbung in der gewünschten ausgeglichenen Energiebilanz. Die Konzentration an freien Fettsäuren wird nach dem Kalben niedrig und damit die Futteraufnahme hoch sein. Das wiederum unterstützt in der Frühlaktation eine gering ausgeprägte und kurze Phase mit negativer Energiebilanz. Sie entsprechen der gewünschten Verlaufskurve in der Energiebilanz (Abb. 28). Geringe Veränderungen einer leicht positiven Energiebilanz in der Trockenstehperiode unterstützen eine gering ausgeprägte negative Energiebilanz in der Frühlaktation. Die Kühe der zweiten Gruppe sind mit 13 bis 14 mm Rückenfettdicke zu Beginn der Trockenstehperiode unterkonditioniert (Abb. 27). Die Zuordnung in die Vorbereitungsgruppe für die gesamte Trockenstehperiode bewirkt eine deutliche Zunahme der Körperkondition mit einer Annäherung an den unteren Optimalbereich von 19 mm. Im Unterschied zu den zweiphasig gehaltenen Trockenstehern beginnen diese Kühe bereits 1 Woche vor dem Kalben mit einer relevanten Fettmobilisation. Die in der Trockenstehperiode angelegten Fettreserven werden in kurzer Zeit wieder aufgebraucht. Das muss mit erhöhten Konzentrationen an freien Fettsäuren zum Kalbezeitpunkt einhergehen. Diese hemmen

die Futteraufnahme und beschleunigen die Ketonkörperbildung. Im Ergebnis führen die in der Trockenstehperiode schnell angelegten Fettdepots über die Hemmung der Futteraufnahme zur Vertiefung und zeitlichen Ausdehnung der Phase mit negativer Energiebilanz in der Frühlaktation (Abb. 28).

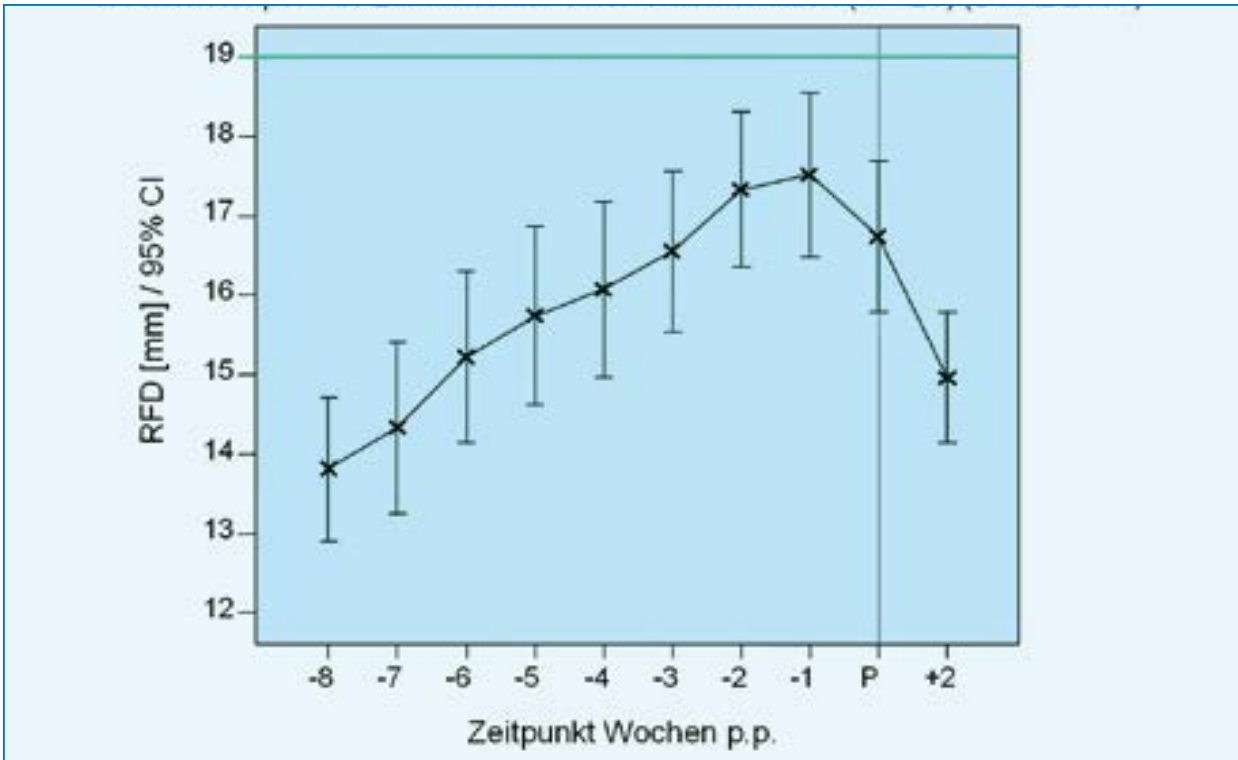


Abb. 27 Konditionsentwicklung in der Trockenstehperiode und Transitperiode von Milchkühen unter den Bedingungen der Zuordnung zur Vorbereitungsgruppe für die gesamte Trockenstehperiode zur Korrektur einer schlechten Körperkondition (DAETZ, 2008)

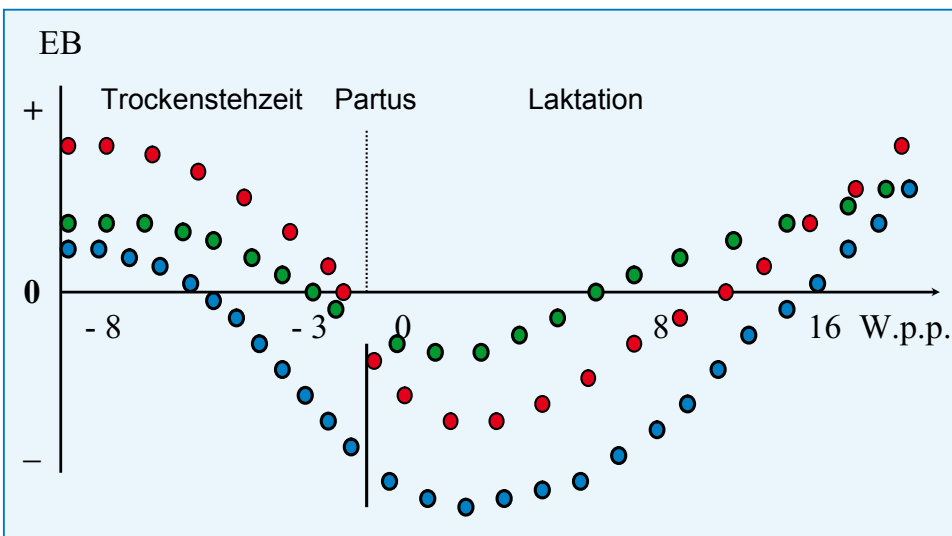


Abb. 28

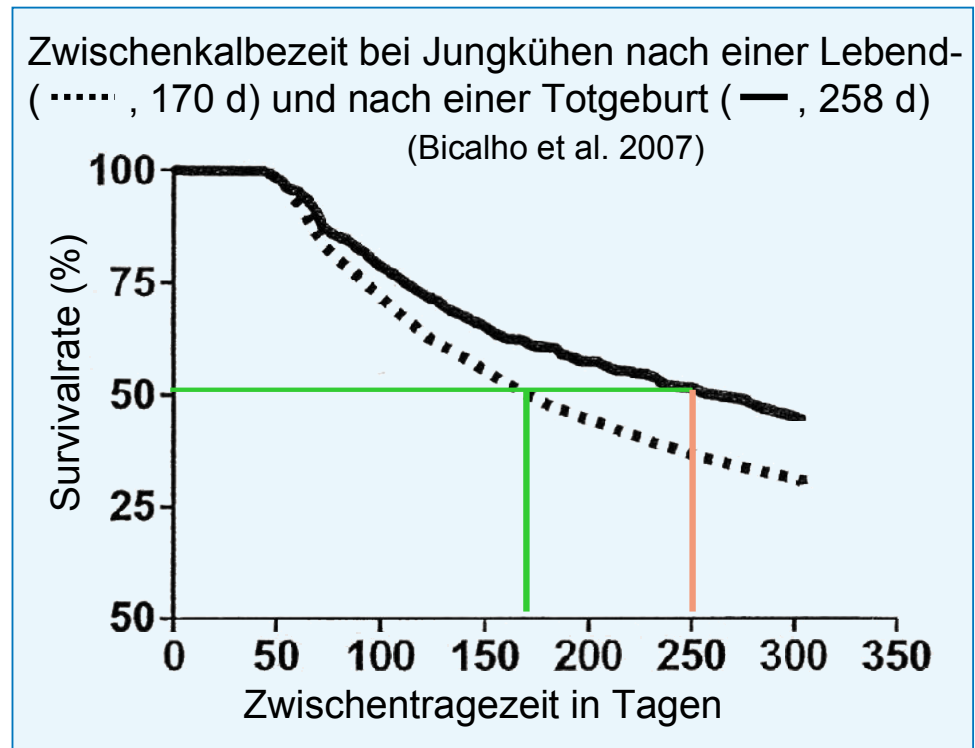
Einfluss der antepartalen Energiebilanz auf die Dauer und Intensität der postpartalen negativen Energiebilanz

Es gilt der Grundsatz: Die Trockenstehperiode ist nicht zur Regulation von Abweichungen von der optimalen Kondition geeignet. Die Kuh muss in der zweiten Lakta-

tionshälfte durch eine kontrollierte Zuordnung zur richtigen Fütterungsgruppe in die optimale Kondition gebracht werden. In der Trockenstehperiode soll es weder zu einer wesentlichen Konditionszunahme noch zu einer Konditionsabnahme kommen. Dementsprechend ist die Herde im Mittel an die Verlaufskurve mit leicht positiver Energiebilanz auszurichten. Das wird durch Einhalten einer zweiphasigen Trockenstehperiode unter Beachtung der Vorgaben aus Tab. 1 und 2 erreicht.

Abb. 29

Einfluss der Totgeburten von Färsen auf die Zwischentragzeit in der ersten Laktation (BICALHO et al., 2007)



## Tot- und Schweregeburten bei Färsenabkalbungen

Ein weit verbreitetes Problem sind erhöhte Schwer- und Totgeburtenraten bei Färsenabkalbungen. Damit sind relevante Verluste für den Milchviehbetrieb verbunden (Abb. 29). Neben dem Verlust der Kälber unterliegen Färsen nach einer Schwer- oder Totgeburt selbst einem erhöhten Risiko, im Verlaufe der ersten Laktation der Zwangsmilchleistung zu unterliegen (BICALHO et al., 2007). Daneben zeigen sie eine geringere Milchleistung und eine schlechtere Fruchtbarkeit. Die Ursachen für Schwer- und Totgeburten sind vielfältig (SORGE, 2005). Auf Grund von Anomalien in der Trächtigkeit und im Geburtsverlauf muss mit einer Totgeburtenrate bei Färsenabkalbungen von bis zu 5% gerechnet werden (Abb. 30). Eine entscheidende Rolle spielt die Organisation der Überwachung der Geburt mit der Möglichkeit einer qualifizierten Geburtshilfe zum richtigen Zeitpunkt. Darauf soll an dieser Stelle nicht weiter eingegangen werden. Daneben gibt es aber auch stark wirkende fütterungsabhängige Einflussfaktoren. Werden diese ausgenutzt, wird der Geburts-

ablauf erleichtert. Der Rückgang der Schweregeburtenrate geht mit einer Abnahme der Totgeburten einher.

- Auf Grund endokriner Störungen und von zufälligen Lage-, Stellungs- und Haltungsanomalien ist bei Färsenabkalbungen mit Totgeburtenraten um 5 % zu rechnen.  
Die Totgeburtenrate in dieser Höhe ist durch Fütterungsmaßnahmen nicht wesentlich zu senken.
- Die sachgerechte Geburtshilfe ist der wichtigste Faktor zur Senkung der Totgeburtenrate.
- Eine zentrale Rolle spielt die Organisation der Geburtsüberwachung.

*Abb. 30*

*Totgeburten  
bei Färsen-  
abkalbungen  
– Schluss-  
folgerungen 1*

Die ersten stark wirkenden Einflussfaktoren sind der Entwicklungszustand (Rahmengröße) und die Kondition der hochtragenden Färse zum Kalbezeitpunkt. Die Konditionsbeurteilung kann mit Hilfe der BCS-Bestimmung erfolgen. Genauer ist jedoch die Ultraschallmessung der Rückenfettdicke (STAUFBIEL, 1999, 2003; SCHRÖDER und STAUFBIEL, 2002, 2006). Die optimale Kondition der hochtragenden Färse bewegt sich im Bereich einer Rückenfettdicke zwischen 15 und 20 mm, das würde einer BCS-Note zwischen 2,5 und 3,0 entsprechen (Abb. 31).

- Die Körperkondition zur Abkalbung beeinflusst wesentlich den Geburtsverlauf.
- Überkonditionierte Färsen zeigen eine verzögerte Geburt mit einer Tendenz zur Wehenschwäche. Ohne rechtzeitige manuelle Zughilfe steigt die Totgeburtenrate.
- Die Rationsgestaltung in der Vorbereitungsperiode soll sich eng im Rahmen der Fütterungsempfehlungen bewegen.
- Die Kondition der hochtragenden Färsen soll zwischen 15 und 20 mm Rückenfettdicke liegen.  
Geringere Konditionen und bessere Konditionszustände wirken milchleistungsdepressiv und erkrankungsfördernd.

*Abb. 31*

*Totgeburten  
bei Färsen-  
abkalbungen –  
Schlussfolge-  
rungen 2*

Allerdings muss beachtet werden, dass die Vergabe von BCS-Noten für hochtragende Färsen schwierig ist und nicht selten Fehleinschätzungen unterliegt. Zwischen der Körperkondition und dem Verlauf der Abkalbung besteht ein enger Zusammenhang (Abb. 32). Ab einer Rückenfettdicke von über 20 mm sinkt der Anteil an

Spontangeburt ab, der Anteil an Schweregeburten mit einer intensiven Geburtshilfe steigt sprunghaft an. Zugleich nimmt auch die Abgangsrate in der ersten Laktation bei hochtragenden Färsen mit einer Rückenfettdicke über 20 mm zu (Abb. 33). Es muss darauf hingewiesen werden, dass magere Färsen mit einer Rückenfettdicke unter 15 mm zwar weniger Probleme als fette Färsen bereiten, aber dennoch unerwünscht sind, da sie eine geringere Produktivität und eine schlechtere Fruchtbarkeit zeigen. Das Ziel von gut entwickelten Färsen mit einem großen Körperrahmen und einer mäßigen Kondition zum Abkalbezeitpunkt erfordert eine strenge Planung des gesamten Ablaufes der Färsenaufzucht vom Kalb bis zur hochtragenden Färse. Dabei ist ein Erstkalbealter zwischen 24 und 27 Monaten anzustreben. An dieser Stelle kann darauf nicht weiter eingegangen werden. Es bleibt nur hervorzuheben, dass eine mangelhafte Färsenaufzucht ein weit verbreitetes Problem ist. Die damit im Zusammenhang stehende Überkondition ist ein wichtiger Faktor für den Kalbeverlauf und die Schwer- und Totgeburtenrate (Abb. 31).

*Abb. 32*

*Zusammenhang zwischen der Körperkondition (\* Rückenfettdicke) zum Kalbezeitpunkt und Geburtsverlauf bei Färsen (DAETZ, 2008)*

Kondition von Färsen zur Kalbung und Geburtsverlauf (n=81)				
Gruppe RFD* (Partus) (mm)	n	spontane Geburt (%)	leichte Hilfe (%)	Schweregeburten (%)
<14	25	48,0	16,0	36,0
14-16	26	46,2	11,5	42,3
17-19	16	56,2	18,8	25,0
20-22	7	14,3	14,3	71,4
>22	7	14,3	0,0	85,7
p	81	0,043		

Ein weiterer starker fütterungsabhängiger Faktor für den Geburtsverlauf ist die Fütterungsintensität im letzten Trächtigkeitsdrittel. In diesem Zeitraum werden ungefähr 75% der Kälbergeburtsmasse gebildet (Abb. 34). In den letzten 7 Trächtigkeitswochen werden zirka 50% und in den letzten 3 Trächtigkeitswochen 25% der Kälbergeburtsmasse aufgebaut. Die Fütterungsintensität in den letzten Trächtigkeitswochen nimmt Einfluss auf die Kälbergeburtsmasse. Bullenkälber reagieren dabei sehr viel intensiver als Färsenkälber. Die Kälbergeburtsmasse hat einen großen Einfluss auf den Kalbeverlauf von Färsen. Die Stärke dieses Zusammenhanges zeigt eine Untersuchung von SORGE (2005).

Trächtigkeitstage	Fetale Lebendmasse (g) (Sweet, 1948)	Fetale Lebendmasse (g) (Bereskin et al., 1967)
14	0,5	0,01
48	6	24
74	71	146
101	331	532
134	1 613	1 721
164	3 794	3 982
194	9 442	7 999
226	17 507	15 079
253	28 373	24 092
276	39 803	34 576

Abb. 33

Entwicklung der fetalen Lebendmasse im Verlauf der Trächtigkeit (BERESKIN und TOUCHBERRY, 1967; SWEET et al., 1948)

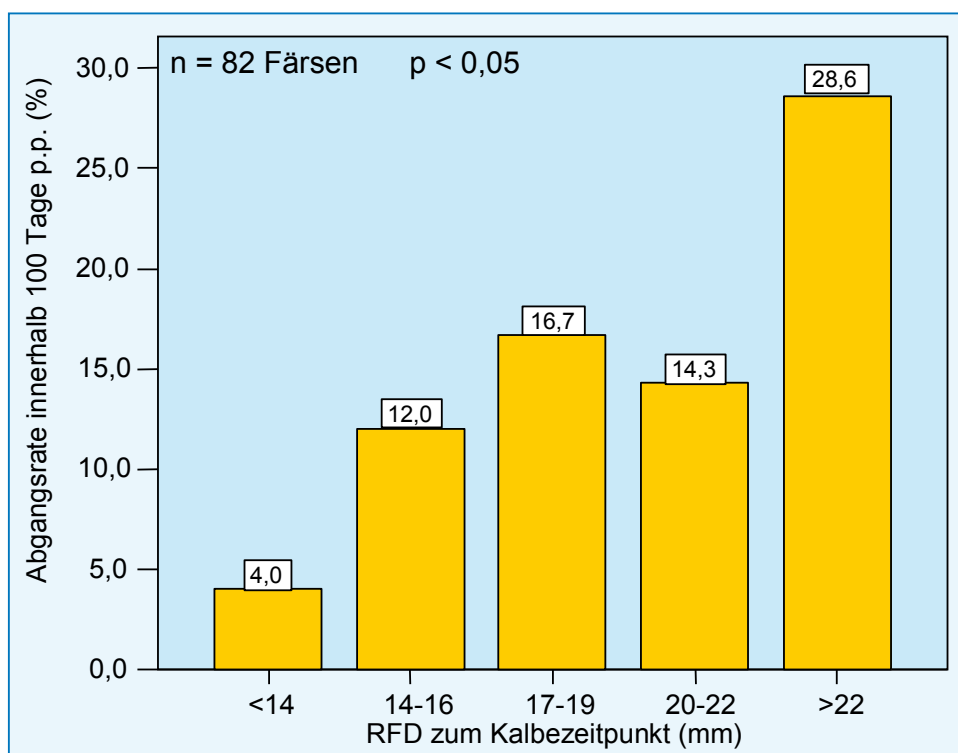


Abb. 34

Zusammenhang zwischen der Körperkondition von Färsen zur Kalbung und der Abgangsrate in den ersten 100 Laktationstagen (DAETZ, 2008)

Allein die Variation der Dauer der Vorbereitungsfütterung von Färsen zwischen 1 und 2 und 3 Wochen hat einen signifikanten Einfluss auf die Verteilung der Geburtsverläufe (Abb. 35). Als Schlussfolgerung sollen tragende Färsen im letzten Trächtigkeitstertel möglichst bedarfsgerecht gefüttert werden. Es ist auf eine intensive Fütterung zu verzichten. Ein frühes Einordnen der tragenden Färsen in die Vorbereitungsgruppe (oder in die Gruppe der Altmelker) ist nicht sinnvoll. Dennoch ist es notwendig, die tragenden Färsen in den Kuhbestand zu integrieren, um eine Adap-

tation an die Umweltbedingungen, an den Kuhbestand und an das Erregermilieu zu ermöglichen. Dafür eignet sich am besten die Einordnung der Färsen in die Gruppe der frühen Trockensteher (TS 1). 8 Wochen sind ein akzeptabler Kompromiss. Im Unterschied zu den Kühen sollen die Färsen möglichst kurz vorbereitet werden, um das fetale Wachstum nicht übermäßig anzuregen. Als Kompromiss zwischen Anpassung der Pansenfermentation und Beschränkung des fetalen Kälberwachstums kann für Färsen eine Vorbereitungs-dauer von 1 (bis 2) Woche(n) empfohlen werden (Abb. 36). Das Vorgehen kann aber nur Erfolg haben, wenn in der vorhergehenden Haltung in der Gruppe der frühen Trockensteher die Kennwerte eingehalten werden (Tab. 1).

Abb. 35

Zusammenhang zwischen der Vorbereitungs-dauer und dem Kalbeverlauf bei Färsen (SORGE, 2005)

**n = 433 Abkalbungen**

Vorbereitungs-dauer	Problemlose Geburt (Grad 0)	Leichte Geburtshilfe (Grad 1)	Schwere Geburtshilfe (Grad 2)
kurz = 1 Woche n = 191	58,1 %	38,7 %	3,1 %
mittel = 2 Wochen n = 119	47,1 %	47,1 %	5,9 %
lang = 3 Wochen n = 123	37,4 %	54,5 %	8,1 %

Chi<sup>2</sup>: p < 0,001

Abb. 36

Totgeburten bei Färsen-abkalbungen – Schluss-folgerungen 3

- Über die Dauer und Intensität der Vorbereitungs-fütterung (close up Fütterung, antepartale Transifütterung) wird der Abkalbeverlauf signifikant beeinflusst.
  - In Abhängigkeit von der Qualität der Geburtsüberwachung nimmt der Abkalbeverlauf einen direkten Einfluss auf die Totgeburtenrate.
  - Als Vorbereitungs-dauer für Färsen ist 1 Woche (5 bis 10 Tage) zu empfehlen.
  - Die Vorbereitungs-dauer hat keinen signifikanten Einfluss auf die Milchleistung, Fruchtbarkeit und Gesundheit in der ersten Laktation.
- Achtung, diese Aussagen gelten nicht für Mehrkalbskühe !**

## Postpartale Transitperiode oder Startperiode

Aus Sicht der Tiergesundheit kommt der Startperiode wie der Vorbereitungsperiode ein hoher Stellenwert zu. Deshalb ist die synonyme Bezeichnung postpartale Transitperiode sehr sinnvoll. Nachfolgende Besonderheiten sind bei der Rationsgestaltung zu berücksichtigen. Die Kühe beginnen mit einer sehr niedrigen Futteraufnahme um 10 kg TM pro Tag die Laktationsperiode. Im Unterschied dazu ist die Einsatzleistung hoch und die Milchleistung steigt in den ersten Laktationswochen relativ schneller als die Futteraufnahme. Der Peak der Milchleistung wird in den ersten 4 bis 7 Laktationswochen, der der Futteraufnahme in den ersten 8 bis 11 Wochen erreicht. Daraus folgt eine Phase mit negativer Energiebilanz in den ersten 5 bis 10, bei Hochleistungskühen teilweise bis 15 Laktationswochen (Abb. 37). Das ist eine physiologisch geregelte Situation. Dementsprechend gibt es einen physiologischen Ausgleichsmechanismus zur Deckung der sich zwangsläufig ergebenden Energielücke über die Mobilisation von Körperenergiedepots, in erster Linie von Körperfett.

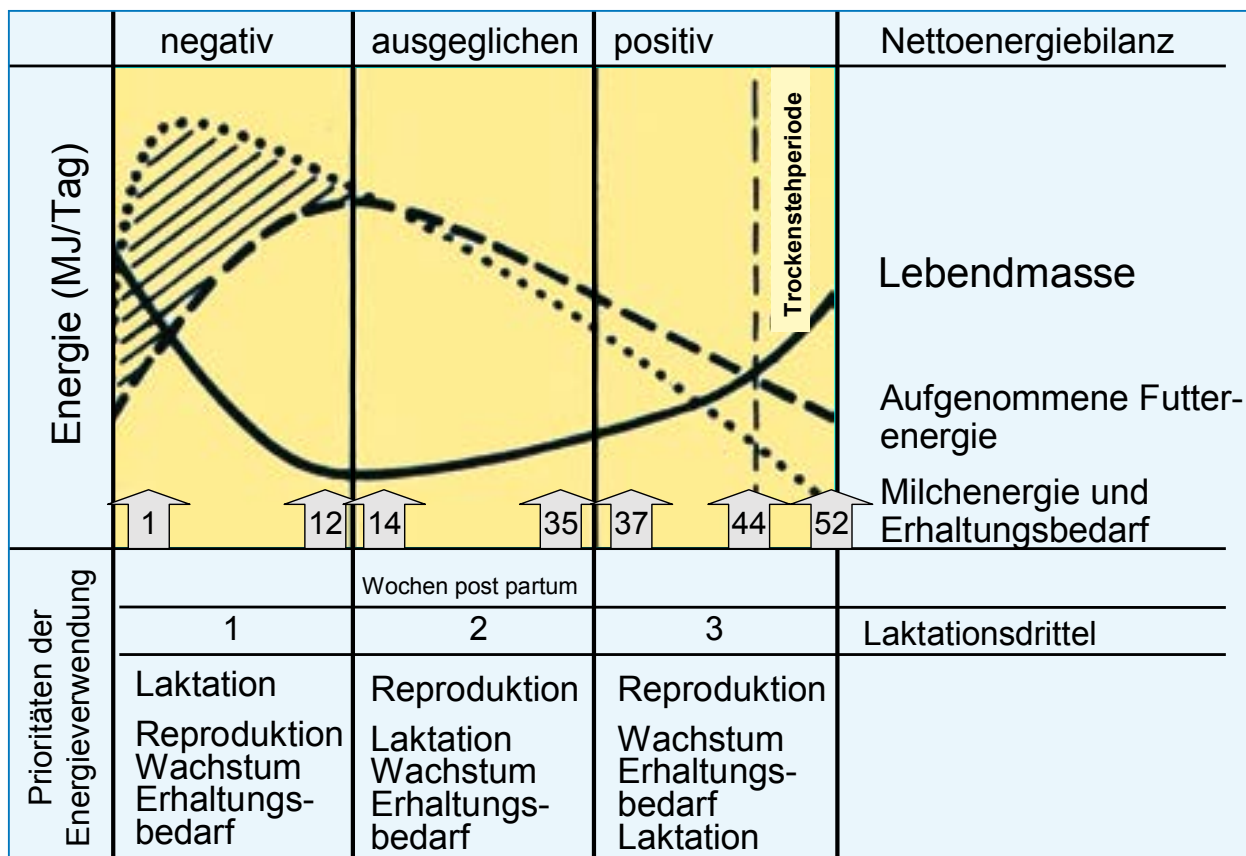


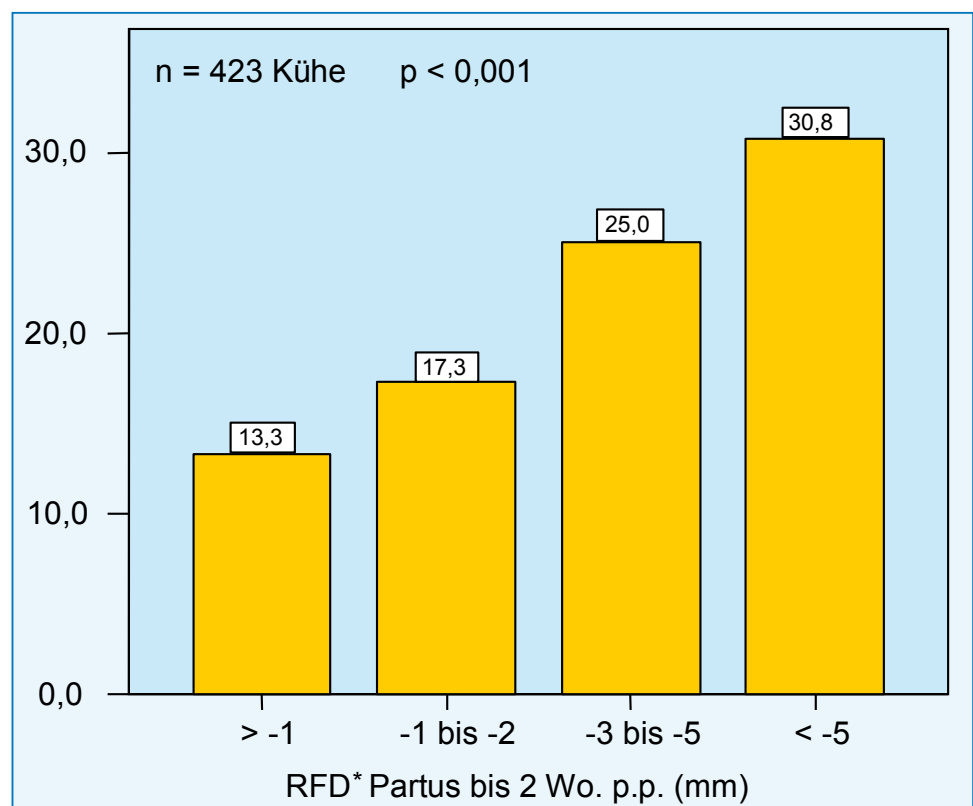
Abb. 37 Veränderung der Prioritäten in der Energieverteilung im Verlauf der Laktation

Dieser Vorgang ist grundsätzlich als biologisches Phänomen bei allen Säugetieren (und dem Menschen) zu akzeptieren. Für die Gesundheit und Leistungsfähigkeit



der Milchkuh ist wichtig, dass sich sowohl das Tempo der Steigerung wie auch der Gesamtumfang des Fettaufbaues in bestimmten Grenzen bewegen. Eine zu geringe Nutzung der Körperfettreserven in der Phase der negativen Energiebilanz in der Frühlaktation ist mit einer geringen Milchleistung und dem Risiko der Verfettung im Verlauf der Laktation verbunden. Ein zu schneller und übermäßiger Fettabbau stört das Ablaufen der fruchtbarkeitsrelevanten Abläufe und fördert das Auftreten von Erkrankungen. Das in der Frühlaktation mobilisierte Fett muss in der Mittel- und vor allem der Spätlaktation wieder aufgebaut werden, um für die nächste Laktation zur Verfügung zu stehen. Hier besteht vor allem das Risiko eines übermäßigen Fettansatzes mit der Folge einer Überkondition vor der nächsten Laktation. Deshalb kann die Konditionsentwicklung nicht isoliert für einen bestimmten Laktationsabschnitt betrachtet werden. Vielmehr muss die Konditionsentwicklung für den gesamten Laktationszyklus gesehen werden, was zum Begriff des Lebendmasse-Energie-Zyklus der Milchkuh geführt hat (Abb. 37). Der Abbau und der Wiederaufbau der Körperenergiegedepots müssen im Ablauf der Laktation systematisch unter Kontrolle bleiben. Dazu dient die Körperkonditionsbeurteilung mit dem BCS-System oder der Ultraschallmessung der Rückenfettdicke.

*Abb. 38  
Zusammenhang  
zwischen der  
Körperkonditi-  
onsabnahme  
(\*Rückenfettdicke)  
in den ersten  
beiden Laktati-  
onswochen und  
der Abgangsrate  
von Milchkühen  
in den ersten  
100 Laktations-  
tagen (DAETZ,  
2008)*



Ein Ziel der Startration ist die Einhaltung der optimalen Nutzung der Körperenergie-reserven in den ersten Laktationswochen. Eine zu schnelle Fettmobilisation in der Frühlaktation erhöht das Abgangsrisiko für die Kühe (Abb. 38). Wie bereits

dargestellt, hat die Vorbereitungsperiode einen großen Einfluss auf den Verlauf der Mobilisationsvorgänge in der Früh lactation (Abb. 28). Es wurde auch dargestellt, dass neben der Energiebilanz in der Vorbereitungsperiode die Rationszusammensetzung durch Auswahl bestimmter Futtermittel die Intensität der Lipolyse variiert. Die Lipolyserate bestimmt wiederum die Futteraufnahme bzw. die Geschwindigkeit der Futteraufnahmesteigerung in der Früh lactation. Das begründet, weshalb die Zusammensetzung und die Auswahl der Futtermittel für die Startration sich mehr an den Vorgaben der Vorbereiterration als an denen der Hochleistungsration ausrichten sollte. Das betrifft insbesondere den Rationseffekt auf die Insulinausschüttung. Die Kuh befindet sich um den Geburtszeitraum und in den ersten Laktationswochen auf einem Tiefpunkt der Insulinwirkung. Das erhöht das Risiko für Stoffwechsellagen. Insulin und verwandte Hormone sind darüber hinaus für eine ungestörte Fruchtbarkeit wichtig (KANITZ et al., 2003). Deshalb sollten auch für die Startration bevorzugt Futtermittel mit insulinsekretionsfördernder Wirkung ausgesucht werden. Das sind in erster Linie stärke- und zuckerhaltige Futterstoffe. Allerdings sind dieser Auswahl enge Grenzen durch Einhalten der Vorgaben für die Versorgung mit strukturwirksamer Rohfaser gesetzt. An erster Stelle muss zur Vermeidung von Pansenfermentationsstörungen der Bedarf an strukturwirksamer Rohfaser gedeckt werden. An zweiter Stelle kommt dann die Betrachtung der leicht fermentierbaren Kohlenhydrate (PENNER et al., 2007). Auf Grund des schnell steigenden Energiebedarfes soll die Energiekonzentration hoch sein. Leicht fermentierbare Kohlenhydrate auch unter pansenneutraler Nutzung der postruminalen Verdauung sind dafür an erster Stelle auszuwählen. Die verbleibende Lücke sollte durch Zugabe von energiereichen Zusatzfuttermitteln wie Propylenglykol und Glycerin vermindert werden. Geschütztes Fremdfett ist in der Startration in geringen Mengen bis maximal der halben Menge, bezogen auf die nachfolgende Hochleistungsration, einzusetzen. Auch bei der Proteinversorgung ist der nur langsam steigenden Futteraufnahme Beachtung zu schenken. Dies kann durch die Auswahl von Proteinträgern mit einem höheren Anteil an im Pansen nicht abbaubarem Protein erfolgen. In der gleichen Weise ist die Startration auch in Bezug auf die Versorgung mit Spurenelementen und Vitaminen hochwertig zu gestalten. Zur Unterstützung der Adaptation der Pansenmikroben kann auf weitere Ergänzungsstoffe zurückgegriffen werden (Abb. 19). Am Ende muss an der Kuh und am Bestand der Effekt der Startration kontrolliert werden. Es ist kein Zufall, dass zwischen den Milchkuhbeständen die Unterschiede in der Gestaltung der Startration am größten sind. Die Transitionen, die antepartale und die postpartale, sind die kostenintensivsten Rationen. Die Eckdaten für die Startration sind in Tab. 3 aufgelistet.

Tab. 3 Frischmelkration (0 bis 2...10 Wochen nach der Kalbung)-Herde-Datum

Parameter	Einheit	Zielwerte	Analysenwerte			Berechnung		
			▼	Ø	▲	▼	Ø	▲
Trockensubstanz	g / kg	400-500						
Trockenmasse	g			1000				
Rohasche	g / kg	< 100						
Energie NEL	MJ / kg	7,0-7,2						
Energie ME	MJ / kg							
Rohfaser	g / kg	160-170						
ADF	g / kg	210-250						
NDF	g / kg	300-360						
pe NDF	g / kg	200-240						
Strukturwert		> 1,2						
strukturwirksame RF	g / kg	> 120						
NFC	g / kg	320-380						
Zucker	g / kg	< 60						
Stärke	g / kg	180-230						
Zucker/Stärke	g / kg	240-290						
beständige Stärke	g / kg	40-60 <sup>a</sup>						
Rohprotein	g / kg	170-175						
nXP	g / kg	170-175						
RNB	g N / kg	0-0,5						
UDP	%	34-38						
Proteinlöslichkeit	%	30-34						
Rohfett	g / kg	30-40 (50 *)						
Kalzium	g / kg	7,0-8,5 **						
Phosphor	g / kg	3,8-4,5 **						
Magnesium	g / kg	2,2-3,3						
Kalium	g / kg	8-16 ***						
Natrium	g / kg	2-2,5 ***						
Chlorid	g / kg	2-8						
Schwefel	g / kg	2-2,4						
DCAB	meq / kg	200-350						
Eisen	mg / kg	50-100						
Kupfer	mg / kg	11-20						
Zink	mg / kg	70-100						
Mangan	mg / kg	50-100						
Selen	mg / kg	0,15 – 0,3						
Molybdän	mg / kg	< 1						
Cobalt	mg / kg	0,1 – 0,5						
Jod	mg / kg	0,5						
Vitamin A	IE / kg	4000 – 10 000 ****						
Vitamin D	IE / kg	1000 – 1650 ****						
Vitamin E	IE / kg	15 – 70 ****						
NH <sub>3</sub>	g / kg							
NH <sub>3</sub> -N	% ges.N	< 5						
pH		4-6						

<sup>a</sup> Gesamtmenge an Durchflussstärke 600 – 1000 g / Kuh und Tag  
\* einschließlich von geschütztem Fett  
\*\* Ca/P-Verhältnis soll zwischen < 2,0 und > 1,5 liegen  
\*\*\* K/Na-Verhältnis soll zwischen 4,0 bis maximal 8,0 liegen  
\*\*\*\* zugefügtes Vitamin

## Startration ja oder nein?

Das Einrichten einer eigenen Startgruppe ist mit einem erheblichen Mehraufwand verbunden. Die postpartale Transition ist aber die adäquate Antwort auf die hohe Stoffwechselbelastung der Kuh in der Frühlaktation. Diese Belastung kann durch den langsamen Übergang von der Vorbereiterration in die Hochleistungsration und durch die gezielte Auswahl verschiedener Ergänzungsfuttermittel wirksam reduziert werden. Mit Ausnahme von pansenpuffernden Substanzen sollten Ergänzungsstoffe gemeinsam in der antepartalen und in der postpartalen Transition eingesetzt werden. Auch aus Sicht der Ökonomie ist eine eigenständige Startration sinnvoll. In diesem Fall kann dann für die Hochleistungsration als die Ration für die Mehrzahl der Kühe eines Bestandes in erster Linie auf betriebseigene Futtermittel zurückgegriffen und auf kostenintensive Ergänzungsstoffe weitgehend verzichtet werden (Ausnahme geschütztes Futterfett). Wird das Mittel einer Startration nicht genutzt, dann zieht das einen Kompromiss in der Gestaltung der Hochleistungsration nach sich. Es wird mit Rücksicht auf die Startkühe auf einen maximalen Einsatz betriebseigener Futtermittel (z. B. Maissilage) verzichtet. Für die frühlaktierenden Kühe nützliche Zusatzfuttermittel werden an mehr Kühe länger als notwendig gefüttert.

Ein anderer wichtiger Aspekt betrifft den Kuhkomfort. Neben der Futterration haben die Haltungsbedingungen der Kühe nach dem Kalben einen großen Einfluss auf die Entwicklung der Futteraufnahme und die Tiergesundheit. Deshalb bietet es sich an, die positiven Effekte der postpartalen Transition mit einem überdurchschnittlichen Kuhkomfort zu verstärken. In den postpartalen Transitkuhgruppen soll wenigen Tieren viel Platz mit einem hohen Liege- und Bewegungs-, Licht-, Futter- und Wasserkomfort angeboten werden. Kleine Gruppen mit ausschließlich Startkühen ermöglichen eine gute Tierbeobachtung einschließlich der Einführung fester Kontrollmaßnahmen wie Messung der Körpertemperatur. Die Tierbeobachtung ist wiederum wichtig für die Festlegung der Dauer der Startperiode.

Als Orientierung sollen Jungkühe für 60 Tage und Mehrkalbskühe für 30 Tage in der Startgruppe bleiben. Die Aufenthaltsdauer soll jedoch am besten individuell festgelegt werden. Entscheidend für den Wechsel in die Hochleistungsgruppe ist die Fitness der Kuh und in dem Zusammenhang eine hohe Futteraufnahme. Die individuelle Futteraufnahme kann an der erreichten Milchmengenleistung unter Beachtung der Pansenfüllung und der Körperkondition eingeschätzt werden. Umstellungen von der Start- in die Hochleistungsgruppe können einmal wöchentlich erfolgen, um immer eine kleine Gruppe und nicht Einzeltiere zu bewegen.

## Sonderfall Jungkühe

Jungkühe unterscheiden sich in verschiedenen Merkmalen deutlich von Mehrkalbskühen. Diese Unterschiede müssen in der Rationsgestaltung beachtet werden, sie können aber auch im Management ausgenutzt werden.

Die Einsatzleistung der Jungkühe liegt nur bei zwei Dritteln der von Mehrkalbskühen, wobei sich die Einsatzleistung zwischen Mehrkalbskühen verschiedener Laktationszahlen nicht wesentlich unterscheidet. Dafür ist die Persistenz der Laktationskurve von Jungkühen deutlich höher im Vergleich zu älteren Kühen (Abb. 39). Das hat zur Folge, dass sich der Energiebedarf im Laktationsverlauf wenig ändert. Der geringe Abfall des Energiebedarfes mit Fortschreiten der Laktation wird zudem für die Deckung des im Vergleich zu Mehrkalbskühen hohen Wachstumsbedarfes benötigt, was einer Verfettung entgegenwirkt. Auf der anderen Seite ist das Futteraufnahmevermögen von Jungkühen signifikant um 20% niedriger. Zur Deckung des Bedarfes an strukturwirksamer Rohfaser muss deren Anteil in der Ration dementsprechend höher sein.

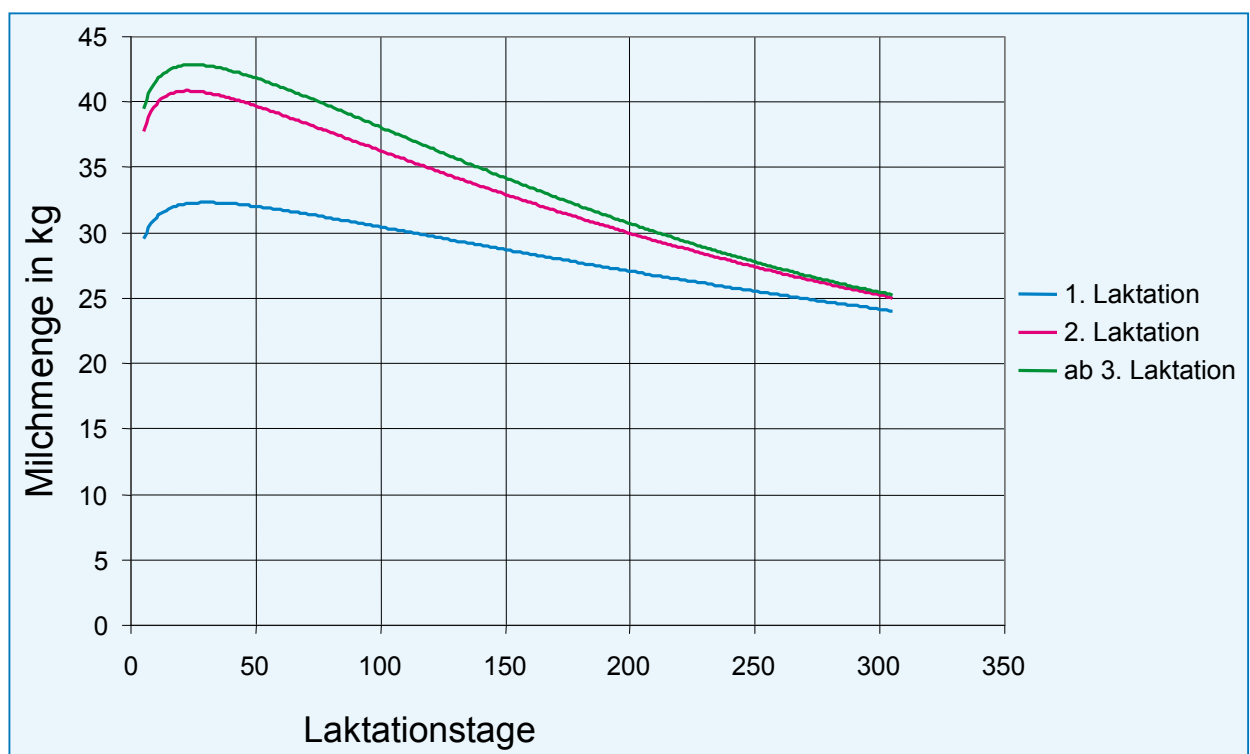


Abb. 39 Verlauf der Laktationskurven für Milchkühe in der ersten, zweiten und ab der dritten Laktation in einer Herde mit einem Leistungsniveau von 9500 kg/305 Tage

Als Schlussfolgerung ergibt sich, dass Jungkühe eine Ration mit einem höheren Anteil an strukturwirksamer Rohfaser und damit mit einer geringeren Energiekon-

zentration als Mehrkalbskühe benötigen. Aber ein großer Vorteil ist, Jungkühe kommen auf Grund der geringeren Einsatzleistung mit einer geringeren Energiekonzentration aus. Ein weiterer Vorteil, Jungkühe können auf Grund der hohen Persistenz der Laktationskurve in der gesamten Laktation mit einer Ration gefüttert werden, wobei nur ein geringes Verfettungsrisiko besteht. Werden solche Aspekte wie Rangkämpfe, Übertragung von Euterinfektionen mit in die Betrachtung einbezogen, kann es sinnvoll sein, die Jungkühe während der gesamten ersten Laktation in einer Fütterungsgruppe mit der gleichen Ration zu halten. Im günstigsten Fall wird eine eigenständige Jungkuhration berechnet. Unabhängig davon, soll eine intensive Tierbeobachtung nach dem Laktationsstart organisiert werden.

## Hochlaktationsgruppe

Unter der Voraussetzung des schrittweisen Überganges von der Trockenstehperiode in die Laktation unter Nutzung einer antepartalen und postpartalen Transition und dem Absortieren der Kühe mit einer guten Fitness in die sich anschließende Hochleistungsgruppe ist dieser Handlungsabschnitt ohne besondere Probleme. Der Pansen ist an die Ration adaptiert. Die Futteraufnahme ist hoch. Die Verfettungstendenz ist auf Grund der hohen Leistung gering. Die Hochleistungsration soll überwiegend aus betriebseigenen Futtermitteln bestehen, um einen hohen Gewinn zu erzielen. Im Hochleistungsbereich hat sich der Zusatz von geschütztem Fett als milchleistungssteigernde Komponente bewährt. Es muss betriebswirtschaftlichen Kalkulationen überlassen bleiben, über Dauer und Menge zu entscheiden. Fremdfett dient als Energielieferant und erhöht über diesen Weg die Milchmengenleistung. Tab. 4 enthält Richtwerte für die Hochleistungsration. In Herden mit hoher Leistung wird es möglich sein, die Hochleistungsration bis zum Laktationsende zu füttern. Eine wichtige Voraussetzung ist eine ungestörte Fruchtbarkeit, um eine kurze Laktationsdauer zu gewährleisten. Die Notwendigkeit einer Altmelkergruppe oder weiterer Laktationsgruppen mit abgestuften Gehaltswerten richtet sich aus Sicht des Energiestoffwechsels nach der Konditionsentwicklung der Herde. Solange keine über der Norm liegende Konditionszunahme beobachtet wird, kann die Kuh in der Hochleistungsgruppe verbleiben. Werden auf Herdenebene dagegen vermehrt Kühe mit einer unerwünschten Konditionszunahme gesehen, dann wird das Einrichten einer weiteren Fütterungsgruppe notwendig sein. Wichtig ist die Feststellung, dass die aktuell erreichte Körperkondition und weniger die Milchleistung über den Wechsel in die Altmelkergruppe entscheidet. Dazu ist die regelmäßige Anwendung der Konditionsbeurteilung als Maßnahme des Herdenmanagements notwendig.

Tab. 4 Hochlaktationsration-Herde-Datum

Parameter	Einheit	Zielwerte	Analysenwerte			Berechnung		
			▼	Ø	▲	▼	Ø	▲
Trockensubstanz	g / kg	400-500						
Trockenmasse	g			1000				
Rohasche	g / kg	< 100						
Energie NEL	MJ / kg	7,0-7,2						
Energie ME	MJ / kg							
Rohfaser	g / kg	150-160						
ADF	g / kg	190-220						
NDF	g / kg	300-360						
pe NDF	g / kg	200-240						
Strukturwert		> 1,1						
strukturwirksame RF	g / kg	> 115						
NFC	g / kg	320-380						
Zucker	g / kg	60-75						
Stärke	g / kg	180-230						
Zucker/Stärke	g / kg	240-290						
beständige Stärke	g / kg	30-60 <sup>a</sup>						
Rohprotein	g / kg	160-170						
nXP	g / kg	160-170						
RNB	g N / kg	0-1						
UDP	%	25-35						
Proteinlöslichkeit	%	30-40						
Rohfett	g / kg	30-40 (60 *)						
Kalzium	g / kg	7,0-8,0 **						
Phosphor	g / kg	3,6-4,1 **						
Magnesium	g / kg	2,0-3,0						
Kalium	g / kg	8-16 ***						
Natrium	g / kg	1,5-2,5 ***						
Chlorid	g / kg	2-8						
Schwefel	g / kg	2-2,2						
DCAB	meq / kg	200-350						
Eisen	mg / kg	50-100						
Kupfer	mg / kg	11-20						
Zink	mg / kg	70-100						
Mangan	mg / kg	50-100						
Selen	mg / kg	0,15-0,3						
Molybdän	mg / kg	< 1						
Cobalt	mg / kg	0,1-0,5						
Jod	mg / kg	0,5						
Vitamin A	IE / kg	4000-10 000 ****						
Vitamin D	IE / kg	1000-1650 ****						
Vitamin E	IE / kg	15-70 ****						
NH <sub>3</sub>	g / kg							
NH <sub>3</sub> -N	% ges.N	< 5						
pH		4-6						

<sup>a</sup> Gesamtmenge an Durchflussstärke 800-1200 g / Kuh und Tag  
\* einschließlich von geschütztem Fett  
\*\* Ca/P-Verhältnis soll zwischen < 2,0 und > 1,5 liegen  
\*\*\* K/Na-Verhältnis soll zwischen 4,0 bis maximal 8,0 liegen  
\*\*\*\* zugefügtes Vitamin

## Mittellaktationsgruppe

Ein zweiter Aspekt für einen Rationswechsel können die Kosten sein. Hochleistungsrationen enthalten häufig verschiedene Ergänzungen, die die Kosten relevant erhöhen. Aus dieser Sicht kann es sinnvoll sein, ab einem festzulegenden Punkt im abfallenden Abschnitt der Laktationskurve die Hochleistungsration in der Weise zu modifizieren, dass überwiegend auf wirtschaftseigene Futtermittel bei Verzicht auf kostenintensive Ergänzungsfuttermittel orientiert wird.

Jeder Rationswechsel nach Überschreiten des Laktationsgipfels ist mit der Tendenz behaftet, dass die Kühe mit einem übermäßigen Rückgang der Milchleistung zu Gunsten einer Beschleunigung des Fettansatzes reagieren. Häufig wird die Erfahrung gemacht, dass eine Anpassung der Ration an die vermeintlich aktuelle Milchleistung mit dem Ziel einer gezielten Konditionssteuerung genau das Gegenteil bewirkt, die Kühe entwickeln nach dem Rationswechsel eine Überkondition bei gleichzeitigem Abfall der Persistenz. Damit sind auch die Kontrollmöglichkeiten aufgezeigt. Die Konditionsentwicklung sollte durch die regelmäßig durchgeführte Konditionsbeurteilung und die Milchleistungsentwicklung durch Auswertung der Ergebnisse der monatlichen Milchleistungskontrolle (MLP-Daten) verfolgt werden. Für die Auswertung der MLP-Daten stehen aussagekräftige Computersimulationsprogramme zur Verfügung, die den tatsächlichen Verlauf der Laktationskurve einer Standardkurve gegenüberstellen.

Bei der Gestaltung des Wechsels von der Hochleistungsration in die Mittelleistungsration ist die sich ändernde Rolle von Insulin zu beachten. Bei der Auswahl der Rationskomponenten für die antepartale und postpartale Transition sollten solche Komponenten bevorzugt werden, die die Insulinsekretion fördern. Beim Wechsel zur Mittellaktationsration ist es genau umgekehrt. Rationskomponenten mit einer auf die Insulinausschüttung stimulierenden Wirkrichtung sind nach Möglichkeit zu reduzieren. Dabei soll die Energiekonzentration nur geringfügig abnehmen. Das kann durch eine Senkung des Gehaltes an Stärke und Zucker und eine Erhöhung des Anteils der Fraktion der Hemizellulosen und Pektine erreicht werden. In jedem Fall sind drastische Änderungen zu vermeiden (Tab. 5).



Tab. 5 Mittellaktationsration (20-30 kg Milch/Tag)-Herde-Datum

Parameter	Einheit	Zielwerte	Analysenwerte			Berechnung		
			▼	Ø	▲	▼	Ø	▲
Trockensubstanz	g / kg	400-500						
Trockenmasse	g			1000				
Rohasche	g / kg	< 100						
Energie NEL	MJ / kg	6,6-6,8						
Energie ME	MJ / kg							
Rohfaser	g / kg	170-190						
ADF	g / kg	190-220						
NDF	g / kg	330-350						
pe NDF	g / kg	200-240						
Strukturwert		> 1,1						
strukturwirksame RF	g / kg	> 120						
NFC	g / kg	320-380						
Zucker	g / kg	< 60						
Stärke	g / kg	150-200						
Zucker/Stärke	g / kg	180-220						
beständige Stärke	g / kg	20-30 <sup>a</sup>						
Rohprotein	g / kg	155-165						
nXP	g / kg	145-155						
RNB	g N / kg	0-1						
UDP	%	20-30						
Proteinlöslichkeit	%	30-40						
Rohfett	g / kg	30-40 *						
Kalzium	g / kg	6,0-7,0 **						
Phosphor	g / kg	3,4-3,9 **						
Magnesium	g / kg	2,0-2,5						
Kalium	g / kg	8-16 ***						
Natrium	g / kg	1,5-2,5 ****						
Chlorid	g / kg	2-8						
Schwefel	g / kg	2-2,2						
DCAB	meq / kg	200-350						
Eisen	mg / kg	50-100						
Kupfer	mg / kg	10-20						
Zink	mg / kg	50-100						
Mangan	mg / kg	50-100						
Selen	mg / kg	0,15-0,3						
Molybdän	mg / kg	< 1						
Cobalt	mg / kg	0,1-0,5						
Jod	mg / kg	0,5						
Vitamin A	IE / kg	3500-8000 ****						
Vitamin D	IE / kg	1000-1500 ****						
Vitamin E	IE / kg	15-50 ****						
NH <sub>3</sub>	g / kg							
NH <sub>3</sub> -N	% ges.N	< 5						
pH		4-6						

<sup>a</sup> Gesamtmenge an Durchflussstärke 400 - 800 g / Kuh und Tag  
\* kein Zusatz von geschütztem Fett  
\*\* Ca/P-Verhältnis soll zwischen < 2,0 und > 1,5 liegen  
\*\*\* K/Na-Verhältnis soll zwischen 4,0 bis maximal 8,0 liegen  
\*\*\*\* zugefügtes Vitamin

Tab. 6 Spätlaktationsration (unter 20 kg Milch/Tag) -Herde-Datum

Parameter	Einheit	Zielwerte	Analysenwerte			Berechnung		
			▼	Ø	▲	▼	Ø	▲
Trockensubstanz	g / kg	400-500						
Trockenmasse	g			1000				
Rohasche	g / kg	< 100						
Energie NEL	MJ / kg	6,0-6,5						
Energie ME	MJ / kg							
Rohfaser	g / kg	200-220						
ADF	g / kg	230-290						
NDF	g / kg	360-440						
pe NDF	g / kg	220-280						
Strukturwert		> 1,2						
strukturwirksame RF	g / kg	> 120						
NFC	g / kg	300-340						
Zucker	g / kg	< 60						
Stärke	g / kg	120-160						
Zucker/Stärke	g / kg	120-180						
beständige Stärke	g / kg	0-20 <sup>a</sup>						
Rohprotein	g / kg	140-160						
nXP	g / kg	130-140						
RNB	g N / kg	1-2,5						
UDP	%	20-30						
Proteinlöslichkeit	%	30-40						
Rohfett	g / kg	30-40 <sup>*</sup>						
Kalzium	g / kg	5,8-6,2 <sup>**</sup>						
Phosphor	g / kg	3,0-3,4 <sup>**</sup>						
Magnesium	g / kg	1,8-2,0						
Kalium	g / kg	8-16 <sup>***</sup>						
Natrium	g / kg	1,5-2,0 <sup>***</sup>						
Chlorid	g / kg	2-8						
Schwefel	g / kg	2-2,2						
DCAB	meq / kg	200-350						
Eisen	mg / kg	50-100						
Kupfer	mg / kg	10-20						
Zink	mg / kg	50-100						
Mangan	mg / kg	50-100						
Selen	mg / kg	0,15-0,3						
Molybdän	mg / kg	< 1						
Cobalt	mg / kg	0,1-0,5						
Jod	mg / kg	0,5						
Vitamin A	IE / kg	3500-5000 <sup>****</sup>						
Vitamin D	IE / kg	1000-1500 <sup>****</sup>						
Vitamin E	IE / kg	15-30 <sup>****</sup>						
NH <sub>3</sub>	g / kg							
NH <sub>3</sub> -N	% ges.N	< 5						
pH		4-6						

<sup>a</sup> Gesamtmenge an Durchflussstärke < 500 g pro Kuh und Tag  
<sup>\*</sup> kein Zusatz von geschütztem Fett  
<sup>\*\*</sup> Ca/P-Verhältnis soll zwischen < 2,0 und > 1,5 liegen  
<sup>\*\*\*</sup> K/Na-Verhältnis soll zwischen 4,0 bis maximal 8,0 liegen  
<sup>\*\*\*\*</sup> zugefügtes Vitamin

## Altmelkergruppe

Die Fütterung der Altmelker ist eine große Herausforderung, wenn das Ziel unterstellt wird, den Fettansatz unter Kontrolle zu halten. Das beim Wechsel von einer Hochleistungsration zur Mittelleistungsration dargestellte Problem wird noch verstärkt. Mit Fortschreiten der Laktation nimmt die ansatzfördernde Wirkrichtung von Insulin immer weiter zu. Das schlägt sich unter anderem in den kontinuierlich steigenden Milchproteinkonzentrationen nieder. Die Kühe reagieren zunehmend auf jeden Rationswechsel mit einer übermäßigen Reduktion der Milchleistung. Dabei ist der Rückgang der Milchleistung relativ stärker im Vergleich zur Senkung des Energieangebotes über die Ration. In der Bilanz kommt es immer noch zu einem erhöhten Fettansatz. Deshalb muss die Altmelkerration gut zusammengestellt sein. Das bedeutet, es ist den milchleistungssteigernden Komponenten zu Lasten der fettansatzfördernden Futterkomponenten der Vorrang zu geben. Es gelten die Prinzipien des Wechsels von der Hochleistungsration zur Mittellaktationsration. Zusätzlich kann eine Erhöhung der RNB helfen, dem Fettansatz entgegenzuwirken (Tab. 6). Eine weitere Managementmöglichkeit stellt das bereits aufgezeigte frühzeitige Trockenstellen dar.

## Multifaktorielle Problemstellung

Die Verschlechterung der Fruchtbarkeit, der Gesundheit und damit der Nutzungsdauer unserer Milchkuhherden ist ein allgemein beklagtes Problem. Die zunehmende Fokussierung auf diese Situation findet in dem Begriff der Lebensleistung einer Milchkuh ihren Niederschlag. Die Betrachtung der Lebensleistung einer Kuh oder einer Herde stellt zugleich die Brücke zur ökonomischen Bewertung der Milchproduktion dar.

Die bisherige Darstellung hat die Fütterung und die Auswirkungen auf den Stoffwechsel in den Mittelpunkt gestellt. Die abgeleiteten Empfehlungen werden nicht immer mit den persönlichen Erfahrungen mit der eigenen Herde übereinstimmen. Manche Forderung mag unnütz oder übertrieben erscheinen, andere sogar dem Erfahrungswissen widersprechen. So gibt es immer wieder Hinweise, dass eine extensiver basierte Vorbereitung die Tiergesundheitsprobleme in der Früh-laktation vermindern soll. Das kann durchaus sein, allerdings geht das immer zu Lasten anderer Funktionen und hier in erster Linie zu Lasten der Milchleistung. Die Ökonomie der Milchkuhhaltung hängt wesentlich von der Milchmengenleistung ab. Allerdings nur insoweit, wie die Herde gesund und fruchtbar ist. Genau darin ist die Kunst der

Milchkuhhaltung zu sehen, alle Leistungskomplexe harmonisch aufeinander abzustimmen, wozu die bisherige Darstellung und zusammenfassend die Abb. 11 einen Beitrag leisten sollen.

Dennoch bleibt hervorzuheben, dass Fütterung und Stoffwechsel mit anderen komplexen Einflüssen interagieren (Abb. 40). Hier sind an vorderer Stelle der gesamte Komplex Kuhkomfort, infektiöse Einflüsse, aber auch der Faktor Mensch zu nennen. Gerade dem Kuhkomfort kommt mit steigenden Leistungen eine große Bedeutung zu. Neben dem Komplex Stallbau, Klima, Fütterungstechnologie, Wasserangebot spielen solche Faktoren eine Rolle, die ein tierartgerechtes Kuhverhalten ermöglichen. Rangordnungsprobleme werden in ihren Auswirkungen häufig unterschätzt, da diese in der Gruppe nicht so auffällig wie erwartet ablaufen, sondern sich häufig subtil vollziehen.

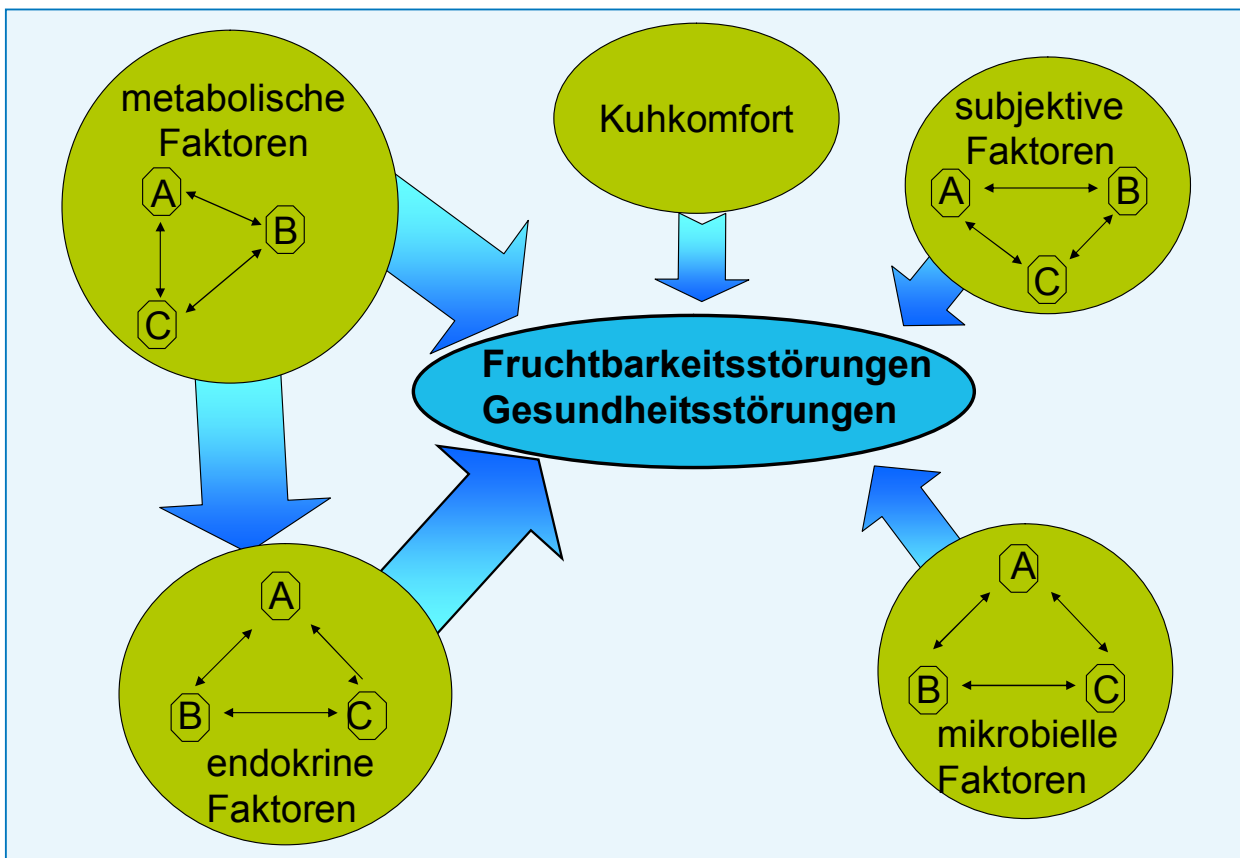


Abb. 40 Fruchtbarkeits- und Gesundheitsstörungen als multifaktorieller Komplex

Daraus lassen sich zwei Schlussfolgerungen ableiten. Erstens muss jede Empfehlung an die konkreten Umsetzungsbedingungen angepasst werden. Zweitens bedarf es einer ständigen Herdenüberwachung. Erkrankungen als Herdenproblem haben nicht nur komplexe Ursachen (Abb. 40), sie entwickeln sich über einen längeren Zeitraum zu einem Herdenproblem. Je früher ungünstige Entwicklungen erkannt werden, desto geringer sind die verursachten Schäden und der Korrekturaufwand.

## Methoden der routinemäßigen Herdenüberwachung

Die Früh-laktation bzw. die Transitperiode einer Kuh ist der Haltungsabschnitt mit dem höchsten Risiko für das Auftreten von Gesundheitsstörungen. Deshalb bedarf es in der Transitperiode einer besonders intensiven Überwachung der Milchkühe. Aber auch in den anderen Haltungsabschnitten werden Risikofaktoren mit Wirkung auf die Transitperiode ausgeprägt. Deshalb muss ein Überwachungsprogramm strategisch geplant werden und sich immer auf die ganze Herde und über alle Haltungsabschnitte erstrecken. Folgende Maßnahmen haben sich in der in Abb. 41 aufgezeigten Hierarchie bewährt:

- (1) Tierbeobachtung über die Erfassung der Kuhsignale
- (2) Fütterungskontrolle über die TMR-Analyse
- (3) Konditionsbeurteilung über die Erfassung des BCS oder die Rückenfettdickenmessung
- (4) Integrierte Auswertung der Herdendaten
- (5) Bestimmung der Konzentration der freien Fettsäuren und der  $\beta$ -Hydroxybuttersäure
- (6) Stoffwechselprofile.

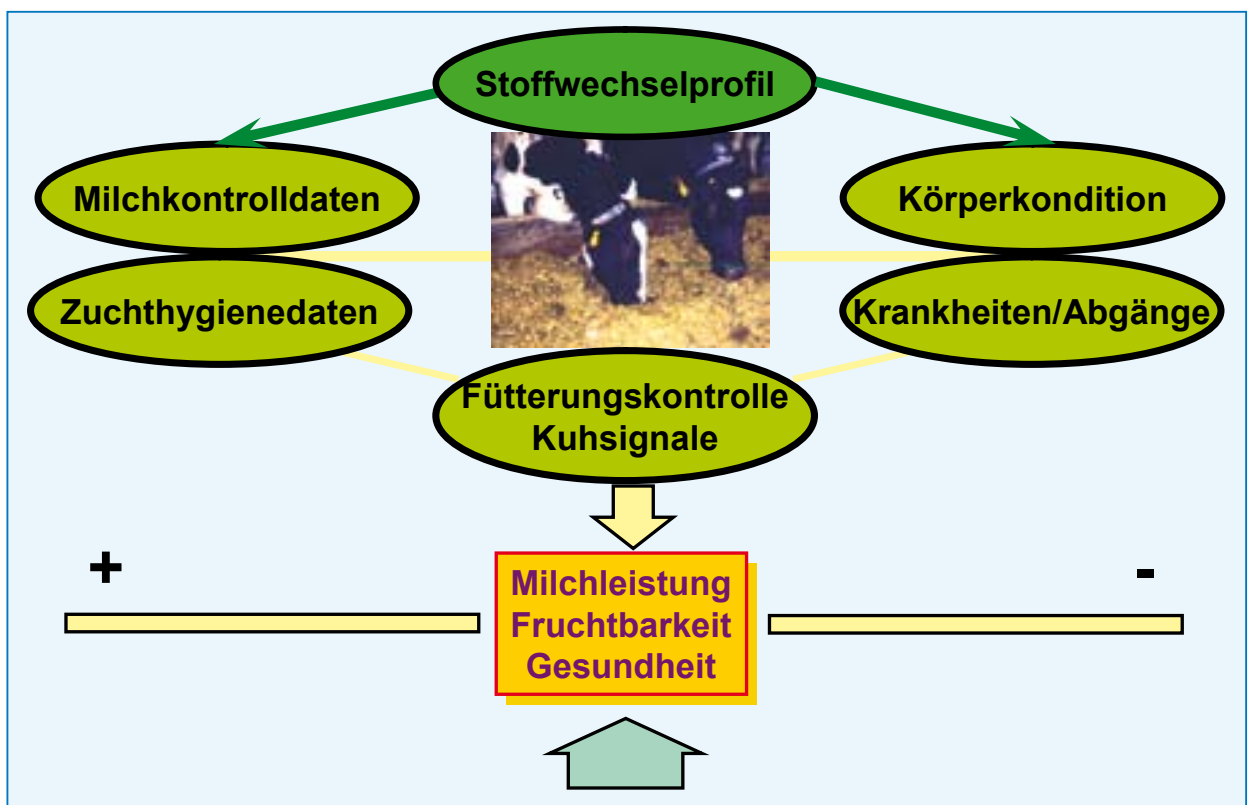


Abb. 41 Hierarchische Strukturierung der veterinärmedizinischen Bestandsüberwachung

## Tierbeobachtung und Kuhsignale

Der Begriff der Kuhsignale wurde von HULSEN (2004) eingeführt. Man versteht darunter nach einer vorgegebenen Systematik durch Beobachtung der Kuhherde erfasste Merkmale, die zur Beurteilung der Tiergesundheit dienen. Wichtige Kuhsignale sind die Kotkonsistenz, die Anzahl Wiederkauschläge pro Bissen, die Füllung der linken Hungergrube (HULSEN, 2004). Die erfassten Merkmale selbst sind seit langem Handwerkszeug der Landwirte und Herdenmanager. Die Weiterentwicklung, die mit der Einführung des Begriffes der Kuhsignale verbunden war, bezieht sich auf die Systematisierung der Beobachtungen und auf den Versuch einer objektiven Quantifizierung durch Einführung einer Vergabe von Noten auf Grundlage spezifischer Beurteilungsschlüssel. Damit wird versucht, den subjektiven Beobachtungen eine gewisse objektive Quantifizierbarkeit zu geben. In jedem Fall hat die Einführung des Begriffes der Kuhsignale das Bewusstsein von der Bedeutung der aufmerksamen Tierbeobachtung im Herdenmanagement erhöht.

In der Transitperiode kommt dem ungestörten Ablauf der Verdauungsprozesse und der Futteraufnahme eine besondere Bedeutung zu. Deshalb sollten die Pansenfüllung, das Wiederkauverhalten und vor allem die Kotbeschaffenheit beobachtet werden. Das trifft in gleicher Weise für die antepartale und postpartale Transitperiode zu. Darüber hinaus gehören zu den Kuhsignalen auch solche Beobachtungsmerkmale, die den gesamten Komplex des Kuhkomforts einschließen, Liegeverhalten, Bewegungsablauf, Verhalten am Futtertisch und bei der Wasseraufnahme, Rankkämpfe. Schließlich würde man zu den Kuhsignalen auch die tägliche Messung der Rektaltemperatur in den ersten 10 Laktationstagen rechnen.

All diese Maßnahmen sind gut bekannt und sollen deshalb hier nicht weiter erläutert werden (HULSEN, 2004). Der Wert einer aufmerksamen Tierbeobachtung für das frühzeitige Erkennen von Tiergesundheitsproblemen sollte aber nicht unterschätzt werden. Die Tierbeobachtung kann sehr sinnvoll durch verschiedene technisch erfasste Merkmale (Schrittzahl, Milchmenge ...) ergänzt werden. Beides setzt aber qualifizierte Personen und einen ausreichenden Zeitfonds voraus.

Die Kühe in der Vorbereitungsgruppe bedürfen einer besonders intensiven Beobachtung. Über die genannten Merkmale hinaus sollte auf den Verlauf und das Ausmaß des Aufeuterns geachtet werden. Zu große Euter (Abb. 42) oder Ödembildung (Abb. 43), besonders bei den hochtragenden Färsen, sind ein Hinweis auf eine zu lange und/oder zu intensive Vorbereitung und/oder falsche Rationszusammensetzung. Das intensive Aufeutern ist ein bedeutender Risikofaktor für die Entstehung von Euterinfektionen und für einen gestörten Geburtsablauf mit den Folgeproblemen

in der Frühlaktation. In diesen Fällen hat sich zur Ursachenklärung die Untersuchung der TMR der Vorbereiter bewährt.

*Abb. 42*

*Übermäßiges Aufeutern als Zeichen einer zu langen und/oder zu intensiven Vorbereitungs- fütterung von Färsen und als Ausgangspunkt eines gestörten Laktationsstartes und von Erkrankungen*



*Abb. 43*

*Euter- und Unterbauchödeme als Zeichen einer falschen Vorbereitungs- fütterung von Färsen und als Ausgangspunkt eines gestörten Laktationsstartes*



Tab. 7 Ergebnis der Analyse der Vorbereiterraion-Herde aaaaa-Datum

Parameter	Einheit	Zielwerte	Analysenwerte			Berechnung		
			▼	Ø	▲	▼	Ø	▲
Trockensubstanz	g / kg	400-500		486			401	
Trockenmasse	g			1000				
Rohasche	g / kg	< 100		92			76	
Energie NEL	MJ / kg	6,4-6,8		6,4			<b>7,1</b>	
Energie ME	MJ / kg			10,6				
Rohfaser	g / kg	180-190		<b>222</b>			<b>164</b>	
ADF	g / kg	230-280		249			220	
NDF	g / kg	320-380					373	
pe NDF	g / kg	>280						
Strukturwert		1,4						1,4
strukturwirksame RF	g / kg							122
NFC	g / kg	300-350						348
Zucker	g / kg	< 60				<b>71</b>		31
Stärke	g / kg	160-210		<b>126</b>				262
Zucker/Stärke	g / kg	200-230		<b>197</b>				293
beständige Stärke	g / kg	20-30 °						40
Rohprotein	g / kg	140-150		145				152
nXP	g / kg	140-150						151
RNB	g N / kg	0-0,5						+0,2
UDP	%	25-40						
Proteinlöslichkeit	%	30-35						
Rohfett	g / kg	30-40						35
Kalzium	g / kg	4-12* b		11,5				11,8
Phosphor	g / kg	3,5-4,5*		3,3 *(3,4)				3,8 *(3,1)
Magnesium	g / kg	2-3,5 (3,5-4,0****)		3,6				3,5
Kalium	g / kg	< 15**		13,0				15,0
Natrium	g / kg	1,5-2,0 **		<b>1,1</b> ** (9,3)				2,5 ** (6,0)
Chlorid	g / kg	2-3,0 (<10****)		5,6				8,9
Schwefel	g / kg	2 (<4****)		2,9				4,0
DCAB	meq / kg	100-200						
DCAB	meq / kg	(- 50 bis 50****)		+42				-7
Eisen	mg / kg	50-100				<b>452</b>		
Kupfer	mg / kg	10-20		<b>8</b>				<b>10</b>
Zink	mg / kg	50-100		95				81
Mangan	mg / kg	50-100		81				65
Selen	mg / kg	0,15-0,3		0,5				0,3
Molybdän	mg / kg	< 1		0,1				
Cobalt	mg / kg	0,1-0,5		0,7				0,5
Vitamin A	IE / kg	4500-10 000 ****						
Vitamin D	IE / kg	1500-3000 ****						
Vitamin E	IE / kg	15-100 ****						
NH <sub>3</sub>	g / kg			1,04				
NH <sub>3</sub> -N	% ges.N	< 5					<b>7,4</b>	
pH		4-6		4,7				

\* Ca/P-Verhältnis soll zwischen 0,75 und 1,0 liegen, außer bei einer Anionenration \*\* K/Na-Verhältnis soll zwischen 4,0 bis maximal 8,0 liegen \*\*\*\* zugesetztes Vitamin  
 a 250-300 g/Kuh und Tag b Kalziumgehalt ist abhängig von der DCAB (= (43,5 Na + 25,6 K) - (28,2 Cl + 62,3 S)) in der Endration



Tab. 8 Ergebnis der Analyse der Vorbereiterration-Herde bbbbb-Datum

\* Ca/P-Verhältnis soll zwischen 0,75 und 1,0 liegen, außer bei einer Anionenration \*\* K/Na-Verhältnis soll zwischen 4,0 bis maximal 8,0 liegen \*\*\*\*\* zugefügtes Vitamin a 250-300 g/Kuh und Tag b Kalziumgehalt ist abhängig von der DCAB (= (43,5 Na + 25,6 K) - (28,2 Cl + 62,3 S)) in der Endration \*\*\* bei Anionenration \*\*\*\*\* bei Anionenration

Parameter	Einheit	Zielwerte	Analysenwerte			Berechnung		
			▼	Ø	▲	▼	Ø	▲
Trockensubstanz	g / kg	400-500		420			408	
Trockenmasse	g			1000				
Rohasche	g / kg	< 100		61			52	
Energie NEL	MJ / kg	6,4-6,8		6,5			6,6	
Energie ME	MJ / kg			10,9				
Rohfaser	g / kg	180-190		199			203	
ADF	g / kg	230-280		239				
NDF	g / kg	320-380						
pe NDF	g / kg	>280						
Strukturwert		1,4					1,8	
strukturwirksame RF	g / kg						159	
NFC	g / kg	300-350						
Zucker	g / kg	< 60		42			26	
Stärke	g / kg	160-210		195			186	
Zucker/Stärke	g / kg	200-230		237			212	
beständige Stärke	g / kg	20-30 °					40	
Rohprotein	g / kg	140-150		139			147	
nXP	g / kg	140-150					141	
RNB	g N / kg	0-0,5					0,8	
UDP	%	25-40						
Proteinlöslichkeit	%	30-35						
Rohfett	g / kg	30-40					32	
Kalzium	g / kg	4-12* b		4,1			3,8	
Phosphor	g / kg	3,5-4,5*/****	(0,98*)	4,4		(0,83*)	4,6	
Magnesium	g / kg	2-3,5 (3,5-4,0****)		3,2			3,0	
Kalium	g / kg	< 15**		14,1				
Natrium	g / kg	1,5-2,0 **		2,8(5,0**)			2,4	
Chlorid	g / kg	2-3,0 (<10****)		5,0				
Schwefel	g / kg	2 (<4****)	<b>0,8</b>					
DCAB	meq / kg	100-200				<b>+293</b>		
DCAB	meq / kg	(- 50 bis 50****)						
Eisen	mg / kg	50-100						
Kupfer	mg / kg	10-20						
Zink	mg / kg	50-100						
Mangan	mg / kg	50-100						
Selen	mg / kg	0,15-0,3						
Molybdän	mg / kg	< 1						
Cobalt	mg / kg	0,1-0,5						
Vitamin A	IE / kg	4500 – 10 000 *****					13700	
Vitamin D	IE / kg	1500 – 3000 *****					2110	
Vitamin E	IE / kg	15 – 100 *****					89	
NH <sub>3</sub>	g / kg			0,7				
NH <sub>3</sub> -N	% ges.N	< 5		4,9				
pH		4-6		4,2				
	DCAB	>200 mequ/kg TM		Ca < 4,0 g/kg TM				
	DCAB	100-200 mequ/kg TM		Ca 4,0 g/kg TM				
	DCAB	50-100 mequ/kg TM		Ca 6,0 g/kg TM (unsicher, nicht anstreben)				
	DCAB	-50 bis 50 mequ/kg TM		Ca 9,0-12 g/kg TM				

## TMR-Untersuchung

Das bekannte Phänomen der drei unterschiedlichen Milchkurationen – der berechneten, der gefütterten und der gefressenen – trifft besonders für die Gruppe der Vorbereiter und der Startkühe zu. Deshalb bedarf die zuverlässige Kontrolle der Fütterung der Kühe in der Transitperiode besonderer Aufmerksamkeit. Solche Methoden wie die sensorische Bewertung der Ration auf dem Futtertisch, die Anwendung der Schüttelbox und die Bestimmung der Trockensubstanz sind bekannt. Ihre Aussage wird mit Rückkopplung auf die Kuhsignale verbessert.

Einen enormen Informationszuwachs in der Rationskontrolle liefert die Analyse einer TMR-Probe in einem dafür geeigneten Futtermittellabor. Von besonderer Bedeutung ist die Untersuchung der Ration der Vorbereiter und der Startkühe. In diesen Rationen treten die größten Abweichungen auf, und die Transitskühe reagieren am empfindlichsten auf Fütterungsfehler. Darüber hinaus können in Abhängigkeit von den vorhandenen Problemen auch TMR-Proben anderer Fütterungsgruppen zur Untersuchung gegeben werden.

Für die Auswertung sind die Tabellen 1 bis 6 hilfreich. Die Auswahl der Untersuchungsparameter hängt von der Fragestellung ab. Für die Versorgung mit Energie, Rohfaser und Protein stehen verschiedene Parameterkombinationen zur Verfügung. In Abstimmung mit dem Futtermittellabor, dem Fütterungsberater und mit Rücksicht auf die Fragestellung und die Kosten sollte man eine geeignete Auswahl treffen. Die Parameterzusammenstellung in den Tabellen 1 bis 6 ist als Anregung zu verstehen. Bei der Analyse der Vorbereiterration müssen immer alle der aufgeführten Mengenelemente und die DCAB bestimmt werden.

Für die Auswertung sind die Analysenwerte in die Tabelle, in die Spalte der Analysenwerte, zu übertragen. Abweichungen von den Zielwerten können durch Fettdruck hervorgehoben werden. Werden Abweichungen als relevant beurteilt, dann werden sie als Fettdruck hervorgehoben und nach links oder rechts als Hinweis einer bedeutsamen Normüber- oder Normunterschreitung verschoben. In der rechten Spalte können die berechneten Werte ergänzt und bei Abweichungen von der Norm ebenfalls fett markiert und verschoben werden. Zusätzlich können durch Graumarkierung in den Zeilen als bedeutsam eingeschätzte Differenzen zwischen der berechneten und der untersuchten Ration markiert werden.

Auf einen Blick werden dann die relevanten Abweichungen sichtbar (Tab. 7, 8). Der Vergleich zwischen der analysierten und der berechneten Ration (Graumarkierung in der Zeile) spiegelt die Mischgenauigkeit der TMR oder Probenentnahmefehler wider. Für beide Beanstandungen wäre die Richtung der Fehlersuche vorgegeben.

Verschobene fett gedruckte Werte in der Spalte der Berechnung sind fachlich zu diskutieren. Sie lenken den Blick in Richtung einer von den üblichen Auffassungen abweichenden Rationsberechnung. Der Ansprechpartner ist der Fütterungsberater. Am häufigsten kommen verschobene fett gedruckte Werte in der Spalte der Analysenwerte vor. Es muss die Zuverlässigkeit der Probenentnahme hinterfragt werden. Eine zuverlässige Probenentnahme vorausgesetzt, liegen Fehler bei der Zusammenstellung der TMR vor. Diese umfassen in erster Linie eine falsche Beladung/Bedienung des Futtermischwagens und/oder fehlerhafte Ausgangswerte bei der Rationsberechnung. In jedem Fall geben diese Werte die tatsächlich der Kuh angebotene Ration wieder. Es fällt immer wieder auf, dass sich die berechnete Ration eng mit den Kennwerten deckt, was sich einfach aus der Nutzung von computergestützten Rationskalkulationsprogrammen ergibt. Die gefütterte Ration weist dagegen häufiger große Abweichungen auf (Tab. 7). Daraus resultiert der große Wert der TMR-Untersuchung.

Tab. 7 ist ein Beispiel für eine Vorbereitungs fütterung mit stark negativen Effekten auf die Tiergesundheit. Die fett gedruckten und nach links verschobenen Zahlen in der rechten Spalte weichen gravierend von den Zielwerten in der dritten Spalte ab und zeigen, dass schon die Rationsberechnung in den Punkten Energiekonzentration, Rohfasergehalt und Kupferangebot kritisch zu hinterfragen ist. Wäre die Ration tatsächlich so gefüttert worden, ergäben sich daraus Herdenprobleme. Die vielen grau unterlegten Zeilen zeigen, dass zwischen der berechneten Ration (rechte Spalte) und der untersuchten Ration (vierte Spalte) relevante Abweichungen bestehen. Zunächst muss kontrolliert werden, ob eine repräsentative Probenentnahme der frisch vorgelegten TMR erfolgt ist. Kann das als gesichert gelten, dann liegen gravierende Mängel in der Herstellung der Mischration vor. Es muss sich eine Ursachensuche anschließen, die oftmals langwierig aber unverzichtbar ist. Diese beginnt bei der Überprüfung der Ausgangsdatenlage für die einzelnen Rationskomponenten bis hin zur Bedienung des Mischwagens. In jedem Fall muss dafür gesorgt werden, dass die untersuchte Ration annähernd der berechneten Ration entspricht. In diesem Beispiel bestehen gravierende Abweichungen im Angebot an Energie, Rohfaser, Stärke, Zucker, Natrium, Chlorid, Schwefel. Die nach rechts und links verschobenen fett gedruckten Zahlen in der vierten Spalte zeigen, dass eine Reihe an gesundheitsrelevanten Abweichungen der tatsächlich vorgelegten Ration von den Zielwerten aus der dritten Spalte bestehen. Ein sehr hohes Zuckerangebot steht einem geringen Stärkegehalt gegenüber. Der Natriumgehalt ist absolut zu niedrig und bedingt ein zu weites K/Na-Verhältnis. Der sehr hohe Eisengehalt verstärkt die negativen Effekte der absoluten Kupferunterversorgung. Ergebnisprotokolle mit

einer solchen Häufung von Abweichungen sind nicht selten. Die wiederholte TMR-Analyse dient der Ursachenfindung und der Ursachenbeseitigung. Tab. 8 ist im Kontrast dazu ein Beispiel mit einer hohen Übereinstimmung als Ausdruck eines guten Fütterungsmanagements. Als Optimierung sollte über eine Absenkung der DCAB in den Bereich zwischen +100 und +200 mequ/kg TM über das Anheben des Schwefelgehaltes nachgedacht werden.

Die TMR-Analyse ist ein Kontrollinstrument. Sie kann weder die Rationsberechnung noch die dafür notwendige Untersuchung der Einzelfuttermittel als die Basis der Rationsberechnung ersetzen.

## Konditionsbeurteilung

Die Konditionsbeurteilung kann zu den Kuhsignalen gezählt werden. Auf Grund ihrer großen Bedeutung erscheint es sinnvoll, diese als eine eigene Kontrollgröße herauszustellen (Abb. 41). Die Methodik der Konditionsbeurteilung mit Hilfe des BCS oder der Ultraschallmessung der Rückenfettdicke wurde auf dem 3. Symposium ausreichend beschrieben (STAUFENBIEL, 1999). Darüber hinaus liegen eine Reihe allgemein verfügbarer Publikationen vor (STAUFENBIEL, 2003; STAUFENBIEL und SCHRÖDER, 2004a, b, c, 2005a, b; SCHRÖDER und STAUFENBIEL, 2002, 2006).

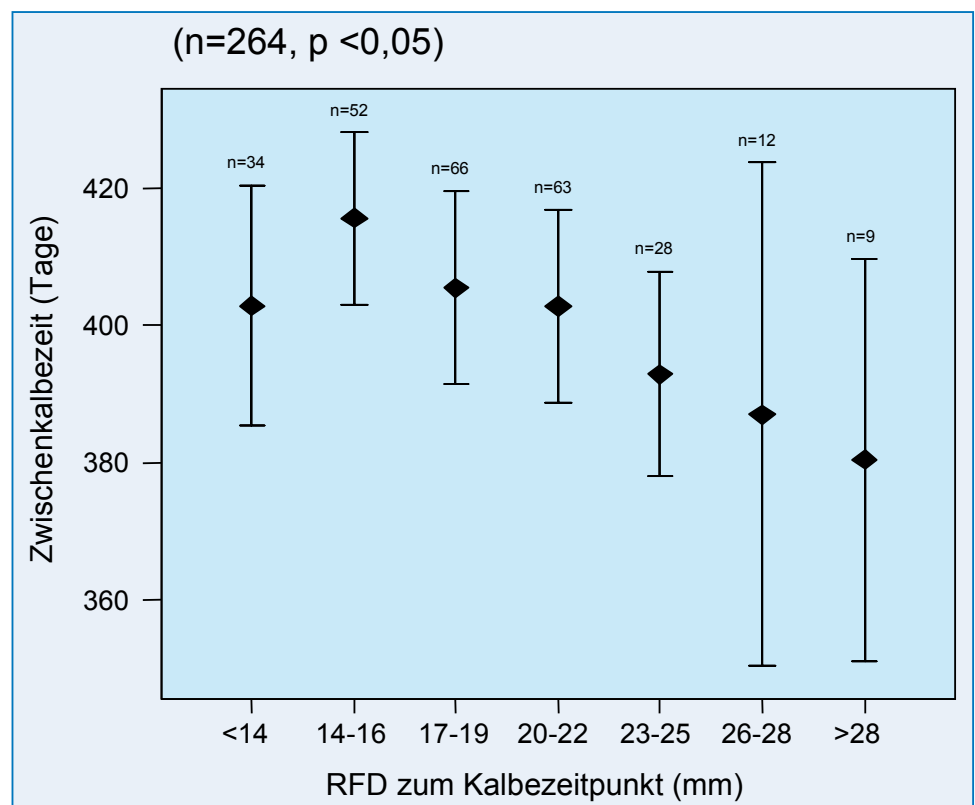
Hauptziel der Konditionsbeurteilung ist das Einhalten der optimalen Kondition der hochtragenden Färsen und Kühe vor dem Abkalben. Zu geringe Körperenergiereiserven vor der Abkalbung gehen zu Lasten der Milchleistung und Fruchtbarkeit (Abb. 44). Umgekehrt steigt mit der zunehmenden Körperkondition vor dem Kalben das Erkrankungsrisiko (Abb. 45). Die optimale Kondition vor dem Abkalben ist deshalb ein Kompromiss verschiedener Wirkrichtungen der Körperenergiereiserven. Hochtragende Färsen sollen vor der Abkalbung über eine Rückenfettdicke zwischen 15 und 20 mm (BCS 2,5 bis 3,0), Kühe zwischen 19 und 27 mm (BCS 3,0 bis 3,5) verfügen.

Damit kommt dem Zeitpunkt des Trockenstellens und/oder der Kalbung die größte Bedeutung bei der Anwendung der Konditionsbeurteilung zu. Bewegt sich die Mehrzahl der Herde im genannten Optimalbereich, besteht kein dringender Handlungsbedarf. Der in Abb. 37 dargestellte Verlauf der Abnahme und des Wiederaufbaus der Kondition wird eingehalten. Das spricht dafür, dass die Rationsgestaltung und die Zuordnung der Kühe zu den Fütterungsgruppen optimal verlaufen. Werden Abweichungen vom optimalen Konditionsbereich der Trockensteher festgestellt, dann müssen auch die Kühe in der Laktation beurteilt werden. Dabei stehen die

Kühe ab der Laktationsmitte im Vordergrund. Auf Basis der zu diesem Zeitpunkt erreichten aktuellen Kondition sind die Kühe differenzierten Fütterungsgruppen zuzuordnen. Die zweite Laktationshälfte ist der Zeitraum für die Konditionsregulation, nicht die Trockenstehperiode. Darüber hinaus kann über die Konditionsbeurteilung in der Frühlaktation das Ausmaß und die Intensität der negativen Energiebilanz eingeschätzt werden (Abb. 38). Die Konditionsbeurteilung im letzten Laktationsdrittel liefert Informationen zum Wiederaufbau der Körperenergieserven. Das kann als Entscheidungsgrundlage für die Notwendigkeit der Bildung einer Altmelkergruppe oder des vorzeitigen Trockenstellens dienen.

Abb. 44

Zusammenhang zwischen der Körperkondition zum Kalbezeitpunkt und dem Konzeptionszeitpunkt in der Folgelaktation (DAETZ, 2008)



Eine spezifische Anwendung der Konditionsbeurteilung ergibt sich aus der Abb. 28. Eine wichtige Zielgröße der Trockensteh- und Vorbereitungsfütterung ist eine leicht positive Energiebilanz. Wird dieses für die Ausprägung der negativen Energiebilanz in der Frühlaktation wichtige Ziel erreicht, dann bleibt die Körperkondition in der Trockenstehperiode gleich. Diese Information kann durch den Vergleich der Kondition der Kühe zum Trockenstellen mit der erreichten Kondition der gleichen Tiere zum Abkalben abgelesen werden. Der BCS ist für diese Anwendung zu ungenau, besser ist die Messung der Rückenfettdicke. Da sowohl das Trockenstellen als auch die Kalbung zeitlich genau definiert sind und die Kühe und Färsen ohnehin weiteren Untersuchungen unterliegen, kann die wiederholte Konditionsbeurteilung über die Messung der Rückenfettdicke gut in ein systematisches Herdenmanage-

ment eingeordnet werden. Der Informationsgewinn zur tatsächlichen Energieaufnahme in der Trockenstehperiode ist von sehr großem Wert (Abb. 28) und hat unmittelbare praktische Bedeutung für die Korrektur der Fütterung und/oder der Haltungssysteme.

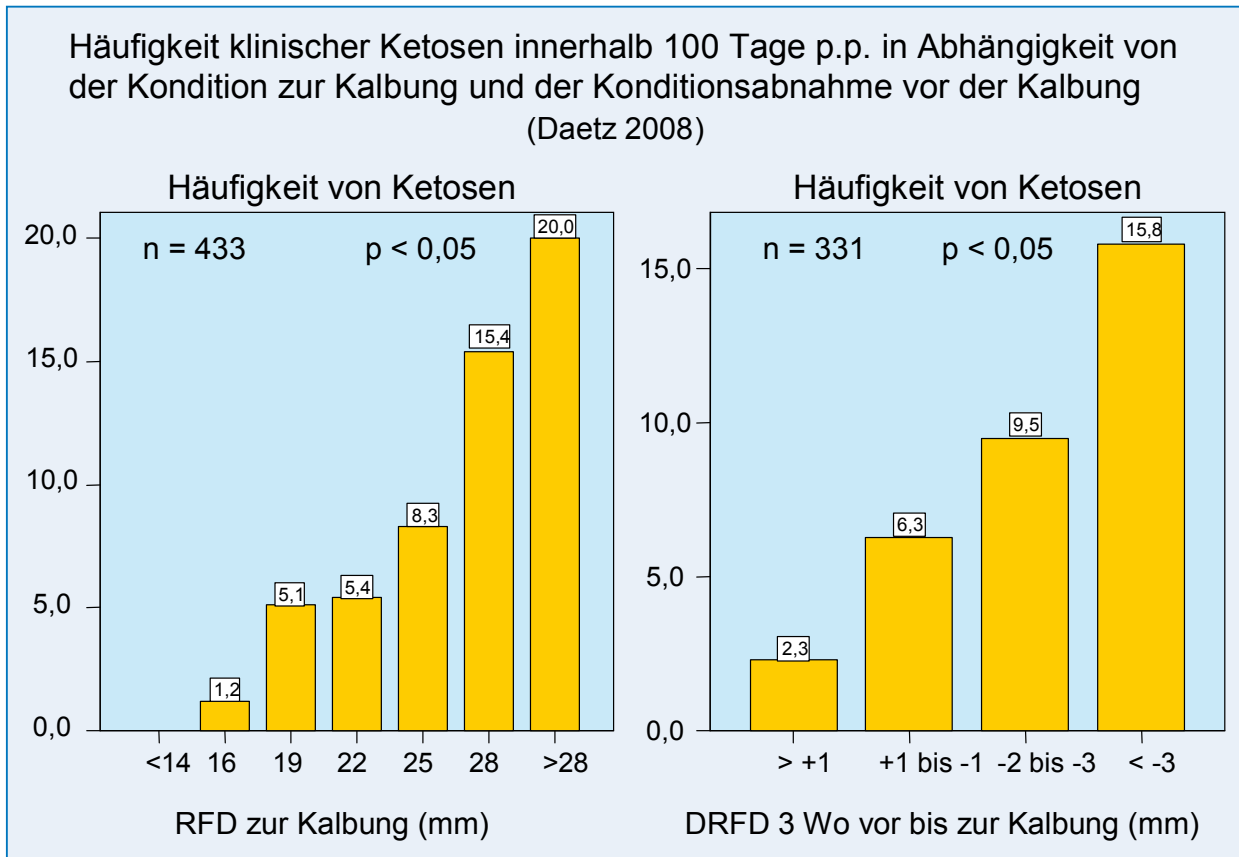


Abb. 45 Zusammenhang zwischen der Körperkondition zum Kalbezeitpunkt bzw. der Konditionsabnahme in der antepartalen Transitperiode und der Häufigkeit von Ketoseerkrankungen bei Milchkühen in der Folgelaktation (DAETZ, 2008)

## Integrierte Auswertung der Herdendaten

Auf der einen Seite wächst mit der Tierzahl pro Herde und den Informationsquellen die Datendichte zu Vorgängen in einer Herde explosionsartig. Die Verknüpfung (Integration) der Fütterungsdaten, Konditionsdaten, der Milchleistungsdaten, der Fruchtbarkeitsdaten, der Daten über die Erkrankungen und Abgänge schafft über die ursprünglichen Daten hinausgehende Informationen zur Produktivität und Gesundheit der Herde (Abb. 41). Die integrierte Auswertung der Herdendaten bildet im Vergleich zur Einzeldatenbetrachtung eine neue Qualität mit einem wesentlichen Informationsgewinn. Dafür stehen gut entwickelte Auswertungsprogramme für die Anwendung durch den Landwirt, Fütterungsberater und Tierarzt zur Verfügung. Die

monatliche Milchleistungskontrolle gibt den Zeittakt vor, nach dem sich die für die Gesundheit, Fruchtbarkeit und Leistung der Herde Verantwortlichen gemeinsam über die systematische Auswertung der aktualisierten Herdendaten über den erreichten Stand, über aktuelle Herdenprobleme und über die Lösungsansätze verständigen sollten. Da die Mehrzahl der Daten ohnehin erfasst wird, verkörpert die integrierte Auswertung der Herdendaten ein kosteneffektives Instrument im Herdenmanagement. Einzelheiten der Anwendung solcher Herdenprogramme müssen speziellen Unterweisungen und Schulungen überlassen bleiben.

### **Bestimmung der Konzentrationen der freien Fettsäuren und der $\beta$ -Hydroxybuttersäure**

Die Konzentrationen der freien Fettsäuren und der  $\beta$ -Hydroxybuttersäure im Blutserum folgen einer fest geprägten Laktationsdynamik (Abb. 15). Die freien Fettsäuren steigen wenige Tage vor der Abkalbung an und erreichen dann zum Kalbezeitpunkt ihren Maximalwert. Eine wichtige Eigenschaft besteht darin, dass die Konzentration der freien Fettsäuren in der ersten Laktationswoche annähernd auf einem Niveau verbleibt, um dann ab der zweiten Laktationswoche abzufallen. Die Konzentration des Ketonkörpers  $\beta$ -Hydroxybutyrat (gleich  $\beta$ -Hydroxybuttersäure) erzielt ihre Maximalwerte nach den freien Fettsäuren in der zweiten bis dritten Laktationswoche. Für beide Parameter stehen Schnelltestmethoden für die Anwendung im Stall bzw. in einem stallnahen Raum zur Verfügung. Der Schnelltest zur Bestimmung der freien Fettsäuren ist relativ aufwendig und dürfte der Anwendung durch den Tierarzt vorbehalten bleiben. Der Schnelltest zur Bestimmung der Konzentration der  $\beta$ -Hydroxybuttersäure ist ein sehr einfacher Test für die Anwendung am Tier im Stall. Er liefert dennoch genaue Ergebnisse (Precision Xceed®, Abbodt Diabetes Care). Beide Parameter geben mit einer differenzierten Gewichtung eine Aussage zur Anpassung der Kuh an die Umstellung des Energiestoffwechsels während des Wechsels von der Trockenstehperiode/Vorbereitungsperiode in die Laktation. Sie spiegeln weniger das Ausmaß des postpartalen Energiedefizits wider, sondern die Fähigkeit der Milchkuh zur Adaptation des Stoffwechsels an die Auswirkungen des Energiedefizits. Die absolute Ausprägung der negativen Energiebilanz kann durch die Änderung der Körperkondition quantifiziert werden, am genauesten durch die Änderung der Rückenfettdicke. Das Durchlaufen einer Phase mit negativer Energiebilanz ist ein physiologischer Prozess für die Milchkuh, an den sie sich mehr oder weniger gut adaptieren kann. Mit steigendem Leistungsniveau und/oder mit schlechteren Umweltbedingungen einschließlich der Fütterung steigt das Risiko,

dass die Anpassungsfähigkeit überfordert wird. Parallel dazu nimmt dann das Erkrankungsrisiko zu.

Die Konzentration der freien Fettsäuren hat zur Beurteilung der Herdengesundheit die größte Aussagekraft in Blutproben, die in den ersten Laktationstagen bis maximal in der ersten Laktationswoche gewonnen werden. Erhöhte Konzentrationen (Werte über 800  $\mu\text{mol/l}$ ) weisen auf Fehler in der Vorbereitungsfütterung und im unmittelbaren Zeitraum der Abkalbung hin. Erhöhte Konzentrationen wirken sich weit über diesen Zeitraum hinaus in der folgenden Früh-laktation negativ aus. Sie signalisieren eine schlechte Futteraufnahme und einen vermehrten Körperfettabbau. Auf eine mögliche negative (toxische) Wirkung auf die Eierstocks-funktion wurde bereits hingewiesen. Systematische Untersuchungen zeigen bei mehr als 50% der untersuchten Bestände in der ersten Laktationswoche erhöhte Konzentrationen an freien Fettsäuren (Abb. 46). Neben der großen Aussagekraft ist der frühe Untersuchungszeitpunkt ein weiterer Vorteil. Nachteil bleibt die aufwendigere Bestimmungsmethode.

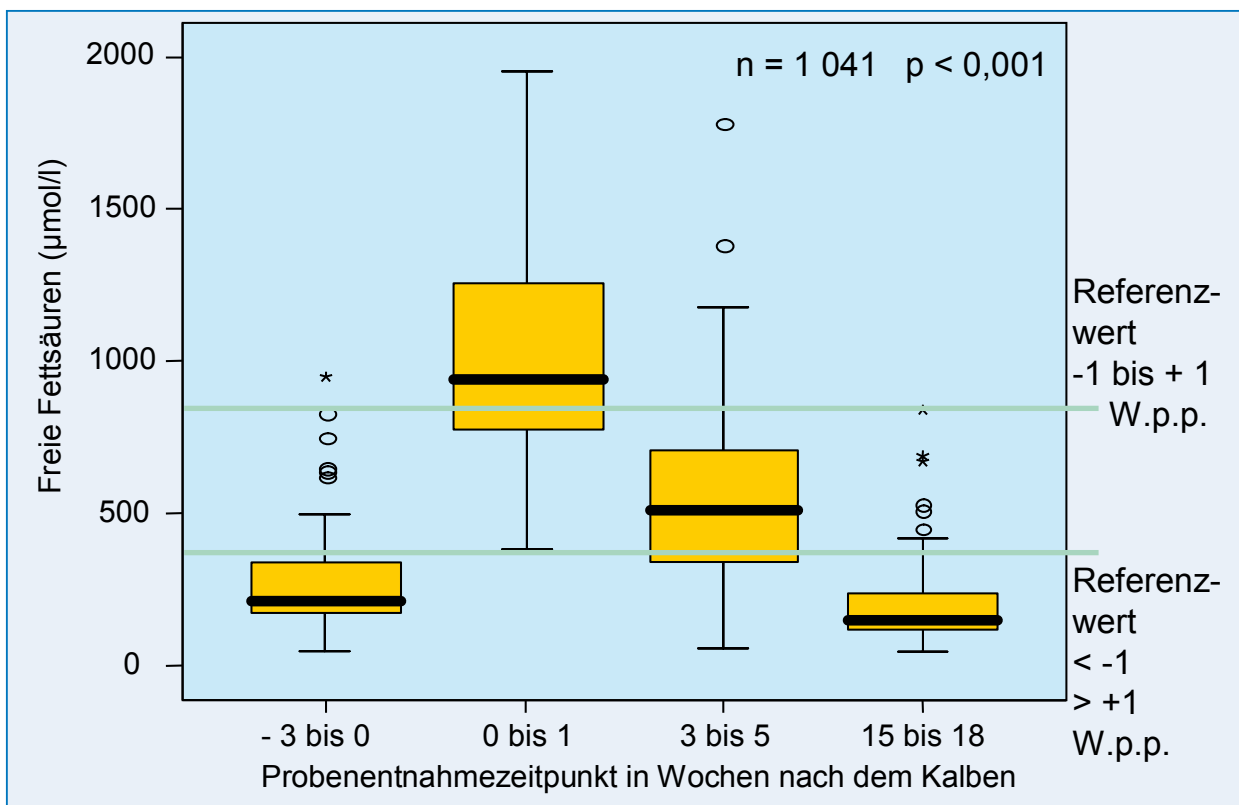


Abb. 46 Verlauf der Konzentrationen an freien Fettsäuren in Stoffwechselprofiluntersuchungen in 274 Herden

Die Bestimmung von  $\beta$ -Hydroxybutyrat hat alle Vorteile eines praxistauglichen Schnelltests. Im Vergleich zu den freien Fettsäuren ist mit der zweiten bis dritten Woche der spätere Untersuchungszeitpunkt ein gewisser Nachteil. Darüber hinaus



ist eine etwas andere Aussage zu beachten. Im Mittelpunkt steht die gestörte Anpassung der Kuh an die Startperiode. Auf der anderen Seite bestehen zwischen den freien Fettsäuren und  $\beta$ -Hydroxybutyrat enge Beziehungen (Abb. 15). Deshalb muss bei erhöhten Werten der  $\beta$ -Hydroxybuttersäure nach Fehlern in der gesamten Transitperiode gesucht werden.

## Stoffwechselprofile

Die Auswertung der in Abb. 41 fünf grün markierten Felder als Basis der kontinuierlichen Bestandsüberwachung liefert allgemeine Informationen zu Imbalancen in der Versorgung mit Energie, Protein und strukturwirksamer Rohfaser. Sie kann darüber hinaus die erreichten Herdenleistungen diffizil aufschlüsseln und über diesen Weg Defizite aufzeigen oder zur Formulierung von in die Zukunft gerichteten Zielen beitragen. Die inneren Zusammenhänge der verschiedenen Stoffwechselkreisläufe (Energie-, Fett-, Kohlenhydrat-, Protein-, Vitamin-, Mengenelement-, Spurenelementstoffwechsel, Wasser-, Säuren-Basen-Haushalt) als Folge von Fütterungsfehlern und als Ursache von Bestandsproblemen kann sie nicht aufzeigen. Dazu sind Stoffwechselprofile notwendig.

Es gibt verschiedene Auffassungen zur Durchführung von Stoffwechselprofilen. Unsere Erfahrungen aus den ständig in den neuen Bundesländern routinemäßig durchgeführten Stoffwechseluntersuchungen in Milchkuhbeständen wurden in ein spezifisches Stoffwechselprofil eingearbeitet. Die Grundzüge wurden auf dem 3. Symposium (STAUFENBIEL, 1999) und bei STAUFENBIEL et al. (2004) dargestellt. Die Grundprinzipien haben bis heute ihre Gültigkeit behalten, im Detail findet eine ständige Weiterentwicklung statt, auf die an dieser Stelle nicht eingegangen werden kann. Wichtig ist herauszustellen, dass Stoffwechselprofiluntersuchungen zur Beurteilung der Versorgungslage einer Herde und zur Ursachenklärung von Herdenproblemen unverzichtbar sind. Sie dürfen aber nicht losgelöst von den anderen Informationsquellen, sondern müssen, im Sinne der integrierten Datenauswertung, unter Einbeziehung der anderen Datenquellen aus Abb. 41 interpretiert werden. Stoffwechselprofile verursachen Zusatzkosten. Sie werden nur in großen Abständen (einmal pro Jahr) oder bei einer Häufung von Herdenproblemen ermittelt. Fällt die Entscheidung, eine Stoffwechseluntersuchung durchzuführen, dann sollte dies umfassend unter Nutzung der heute vorhandenen Möglichkeiten erfolgen.

Abschließend sei der Hinweis erlaubt, dass wir uns dieser Aufgabe für die Milchviehbetriebe in den neuen Bundesländern verpflichtet fühlen. Neben der Bewertung der Herde, der Analyse von Problemschwerpunkten und dem Aufzeigen von

Lösungsansätzen dienen die dabei erhobenen Ergebnisse der Weiterentwicklung der Methoden zur Diagnostik und Prophylaxe von Bestandsproblemen in Milchkuhherden.

## Literatur

**BERESKIN U., T.A. TOUCHBERRY (1967):** Some effects of pregnancy on body weight and pounce girth. J. Dairy Sci. 50, 220-224

**BERTICS, S.J., R.R. GRUMMER, C. CADORNIGA-VALINO, E.E. STODDARD (1992):** Effects of prepartum dry matter intake on liver triglyceride concentration in early lactation. J. Dairy Sci. 75, 1914-1922

**BICALHO, R.C., K.N. GALVAO, S.H. CHEONG, R.O. GILBERT, L.D. WARNICK, C.L. GUARD (2007):** Effect of stillbirths on dam survival and reproduction performance in Holstein dairy cows. J. Dairy Sci. 90, 2797-2803

**BREDFORD, B.J., M.S. ALLEN (2007):** Depression in feed intake by a highly fermentable diet is related to plasma insulin concentration and insulin response to glucose infusion. J. Dairy Sci. 90, 3838-3845

**CHAGAS, L.M., P.J.S. GORE, S. MEIER, K.A. MACDONALD, G.A. VERKERK (2007):** Effect of monopropylene glycol on luteinizing hormone, metabolites, and postpartum anovulatory intervals in primiparous dairy cows. J. Dairy Sci. 90, 1168-1175

**DAETZ, C. (2008):** Untersuchungen zum Verlauf der Rückenfettdicke bei Milchkühen in der Trockensteherperiode und Früh lactation und zu den Beziehungen zu Produktionsergebnissen und Erkrankungen. Berlin, Freie Universität, Diss. (im Druck)

**DEGARIS, P.J., I.J. LEAN, A.R. RABIEE, C. HEUER (2008):** Effects of increasing days of exposure to prepartum transition diets on milk production and milk composition in dairy cows. Aust. Vet. J. 86, 341-351

**ENGELHARD, T., A. MEYER, R. STAUFENBIEL (2007):** Versuch zum Vergleich von ein- und zweiphasiger Trockensteherfütterung. Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung, Verband der Landwirtschaftskammern und Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V., Fulda, 28.-29.03.2007, Tagungsband, 34-38

**GELFERT, C.-C., R. STAUFENBIEL (2008):** The role of dietary calcium concentration in the use of anionic salts to prevent parturient paresis in dairy cows. Berl. Münch. Wochenschr. 121, 256-262

**HERNANDEZ-MENDO, O., M.A.G. van KEYSERLINGK, D.M. VEIRA, D.M. WEARY (2007):** Effects of pasture on lameness in dairy cows. J. Dairy Sci. 90, 1209-1214

**HULSEN, J. (2004):** Kuh-Signale. Krankheiten und Störungen früher erkennen. Landwirtschaftsverlag GmbH Münster-Hiltrup

**KANITZ, W., F. BECKER, G. DIETL, N. REINSCH, R. STAUFENBIEL, R. (2003):** Beziehungen zwischen Milchleistung, Energieversorgung und Fruchtbarkeit unter den Bedingungen von Hochleistung beim Rind. Züchtungskunde, 75, 489-498

**KNEGSEL, A.T.M., H. van den BRAND, J. DIJKSTRA, W.M. van STRAALEN, M.J.W. HEETKAMP, S. TAMMINGA, B. KEMP (2007a):** Dietary energy source in dairy cows in early lactation: energy partitioning and milk composition. J. Dairy Sci. 90, 1467-1476

**KNEGSEL, A.T.M., H. van den BRAND, E.A.M. GRAAT, J. DIJKSTRA, R. JORRITSMA, E. DECUYPERE, S. TAMMINGA, B. KEMP (2007b):** Dietary energy source in dairy cows in early lactation: metabolites and metabolic hormones. J. Dairy Sci. 90, 1477-1485

**KUHN, M.T., J.L. HUTCHISON, H.D. NORMAN (2007):** Dry period length in US Jerseys: Characterization and effects on performance. J. Dairy Sci. 90, 2069-2081

**MOALLEM, U., M. KATZ, H. LEHRER, L. LIVSHITZ, S. YAKOBY (2007a):** Role of peripartum dietary propylene glycol or protected fats on metabolism and early postpartum ovarian follicles. J. Dairy Sci. 90, 1243-1254

**MOALLEM, U., M. KATZ, A. ARIELI, H. LEHRER (2007b):** Effects of peripartum propylene glycol or fats differing in fatty acid profiles on feed intake, production, and plasma metabolites in dairy cows. J. Dairy Sci. 90, 3846-3856

**ODENSTEIN, M.O., K. HOLTENIUS, K. PERSSON WALLER (2007):** Effects of two different feeding strategies during dry-off on certain health aspects of dairy cows. J. Dairy Sci. 90, 898-907

**OSMAN, M.A., P.S. ALLEN, N.A. MEHYAR, G. BOBE, J.F. COETZEE, K.J. KOEHLER, D.C. BEITZ (2008):** Acute metabolic responses of postpartal dairy cows to subcutaneous glucagon injections, oral glycerol, or both. J. Dairy Sci. 91, 3311-3322

**PENNER, G.B., K.A. BEAUCHEMIN, T. MUTSVANGWA (2007):** Severity of ruminal acidosis in primiparous Holstein cows during the periparturient period. J. Dairy Sci. 90, 365-375

**PIRES, J.A.A., R.R. GRUMMER (2007):** The use of nicotinic acid to induce sustained low plasma nonesterified fatty acids in feed-restricted Holstein cows. J. Dairy Sci. 90, 3725-3732

**PIRES, J.A.A., A.H. SOUZA, R.R. GRUMMER (2007):** Induction of hyperlipidemia by intravenous infusion of tallow emulsion causes insulin resistance in Holstein cows. J. Dairy Sci. 90, 2735-2744

**RASTANI, R.R., N. SILVA del RIO, T.F. GRESSLEY, G.E. DAHL, R.R. GRUMMER (2007):** Effects of increasing milking frequency during the last 28 days of gestation on milk production, dry matter intake, and energy balance in dairy cows. J. Dairy Sci. 90, 1729-1739

**SMITH, K.L., S.E. STEBULIS, M.R. WALDRON, T.R. OVERTON (2007):** Prepartum 2,4-Thiazolidinedione alters metabolic dynamics and dry matter intake of dairy cows. J. Dairy Sci. 90, 3660-3670

**SCHRÖDER, U., R. STAUFENBIEL (2002):** Konditionsbeurteilung per Ultraschall in der Herdenbetreuung. Teil 1: Rückenfettdicke und Milchleistung. Tierärztl. Praxis 30 G, 362-368

- SCHRÖDER, U., R. STAUFENBIEL (2006):** Methods to determine body fat reserves in the dairy cow with special regard to ultrasonographic measurement of backfat thickness. *J. Dairy Sci.* 89, 1-14
- SORGE, U. (2005):** Untersuchungen zum Einfluss einer variierten Vorbereitungsdauer auf das Auftreten von Schweregeburten und der perinatalen Mortalität bei Kälbern primiparer Kühe. Berlin, Freie Universität, Diss.
- STAUFENBIEL, R. (1999):** Stoffwechselüberwachung der Milchkuhherde als Mittel zur Stabilisierung von Leistung und Gesundheit. 3. Symposium zu Fragen der Fütterung und des Managements von Hochleistungskühen, Neuruppin, 13.01.1999, Tagungsbericht, 18-65
- STAUFENBIEL, R. (2003):** Konditionsbeurteilung per Ultraschall. *Elite*, Heft 1, 44-48.
- STAUFENBIEL, R., U. SCHRÖDER (2004a):** Körperkonditionsbeurteilung durch Ultraschallmessung der Rückenfettdicke. Teil 1 Methodische Grundlagen. *Veterinärspiegel*, Heft 2, 149-155.
- STAUFENBIEL, R., U. SCHRÖDER (2004b):** Körperkonditionsbeurteilung durch Ultraschallmessung der Rückenfettdicke. Teil 2 Physiologische Grundlagen. *Veterinärspiegel*, Heft 3, 227-230
- STAUFENBIEL, R., U. SCHRÖDER (2004c):** Körperkonditionsbeurteilung durch Ultraschallmessung der Rückenfettdicke. Teil 3 Referenzwerte. *Veterinärspiegel*, Heft 4, 264-266
- STAUFENBIEL, R., A. LÖPTIEN, N. MONTAG, M. PASSFELD, M. GOEBBELS (2004):** Aktualisierte Empfehlungen zur Anwendung von Anionen-Rationen (saure Salze) zur Prophylaxe der Hypokalzämie (Gebärparese) der Milchkuh. 8. Symposium zu Fragen der Fütterung und des Managements von Hochleistungskühen, Neuruppin, 28.10.2004, Tagungsbericht, 121-169
- STAUFENBIEL, R., U. SCHRÖDER (2005a):** Körperkonditionsbeurteilung durch Ultraschallmessung der Rückenfettdicke. Teil 4 Anwendung im Herdenmanagement. *Veterinärspiegel*, Heft 1, 31-40
- STAUFENBIEL, R., U. SCHRÖDER (2005b):** Körperkonditionsbeurteilung durch Ultraschallmessung der Rückenfettdicke. Teil 5 Informationsgewinn über die Kalkulation der Rückenfettdickenänderung. *Veterinärspiegel*, Heft 2, 31-35
- STAUFENBIEL, R., C.-C. GELFERT, L. PANICKE (2004):** Prophylaktische veterinärmedizinische Bestandsbetreuung als Maßnahme im Management von Milchkuhherden. *Züchtungskunde* 76, 475-493
- SWEET, W.W., C.A. MATTHEWS, M.H. FOHRMAN (1948):** Development of the fetus in the dairy cow. *Techn. Bull. No. 964*, US Depart. Agriculture., Washington, 1948, 1-34
- VALDE, J.P., M.L. LYSTAD, E. SIMENSEN, O. OSTERAS (2007):** Comparison of feeding management and body condition of dairy cows in herds with low and high mastitis rates. *J. Dairy Sci.* 90, 4317-4324



# deukalac balance 47



## Das ausbalancierte Protein für Dünndarm und Pansen!

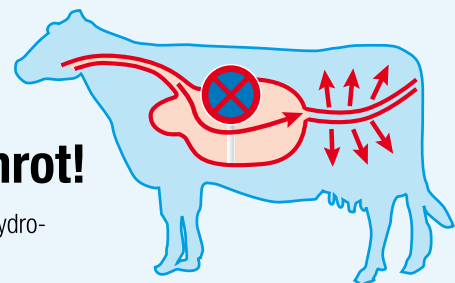
**deukalac balance 47** ist maßgeschneidert für die Aufwertung  
eiweißarmer Grund- und Mischrationen!

- ▶ Mit **deukalac UDP 39\*** als pansenstabiler Proteinkomponente - für hohe Milchproteingehalte, Entlastung der Leber und Schonung der Umwelt.
- ▶ Mit hohem Proteingehalt zum Ausgleich energiebetonter Rationen (viel Maissilage und / oder Getreideeinsatz).
- ▶ Mit Harnstoff zur Förderung der mikrobiellen Pansenfermentation.
- ▶ Arbeitstechnische Vorteile im Fütterungsablauf durch Einsatz einer Komponente zur leistungs- und bedarfsgerechten Proteinergänzung der Grundfütterration



## deukalac balance 47 die beste Alternative zu Sojaschrot!

\* 50 % HP-Sojaextraktionsschrot, 50 % Rapsextraktionsschrot; druckhydrothermisch geschützt über das patentierte deuka opticon®-Verfahren



Ihr deuka-Beratungsdienst

Weizenmühlenstraße 20 • 40221 Düsseldorf

Telefon: 0211/ 30 34-0 • Telefax: 0211/ 30 34-224

www.deuka.de • e-mail: [futterkonzepte@deutsche-tiernahrung.de](mailto:futterkonzepte@deutsche-tiernahrung.de)



**Berg+Schmidt**  
*Functional Lipids*

# **BERGAFAT**

## **Natürliche FettEnergie aus Palmöl**

**ohne Härtung - ohne Transfettsäuren**

freifließend • oxidationsstabil • einfache Lagerung • leichte Handhabung



Auch verfügbar mit Lecithin:  
Bergafat HPL-106, HTL-306, HTL 316

## **Gesundheit & Leistung**

**Bergafat T-300 pansengeschützt**

**Bergalac T-310 pansengeschützt**

**Fett-Kohlenhydrat-Komplex**

Berg+Schmidt (GmbH & Co.) KG  
An der Alster 81 • D-20099 Hamburg  
Tel.: +49 (0) 40 / 284 039-0 • Fax: +49 (0) 40 / 284 039-33  
E-mail: info@berg-schmidt.de • www.berg-schmidt.de



**STERNWYWIOL**  
Gruppe

# Ernährungsphysiologische Aspekte der Selenversorgung von Nutztieren



*Prof. Dr. Annette Zeyner*

*Professur für Ernährungsphysiologie und Tierernährung, Institut für Nutztierwissenschaften und Technologie, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Universität Rostock*

## Zusammenfassung

Die Bedeutung des essentiellen Spurenelements Selen für den Organismus wird durch seine Verteilung und Funktionalität erklärt. Im Tier existieren drei Verteilungsräume: (1) ein austauschbarer metabolischer Pool, (2) funktionelle Selenoproteine und (3) ein in Körperproteinen angelegtes Depot. Selen aus Verteilungsraum (1) kann auch für funktionelle Zwecke rekrutiert werden. Selen in tierischen Produkten und der Nachzucht landwirtschaftlicher Nutztiere wird als externer Pool betrachtet. Tatsächliche metabolische Effekte gehen ausschließlich von funktionellen Selenoproteinen aus, wie den Glutathionperoxidasen (Enzyme der GPx-Familie). So wirkt Selen als integraler Bestandteil der klassischen GPx beim Abbau gewebezerstörender Peroxide mit. Die Versorgungsempfehlungen für landwirtschaftliche Nutztiere liegen zwischen 0,10 und 0,25 mg Se/kg Futtertrockensubstanz. Unter den Bedingungen in Deutschland ist der Bedarf bei ausschließlicher Verwendung nativer Futtermittel oft nicht gedeckt. Dies kann Leistungseinbußen oder manifeste Krankheiten zur Folge haben. Aufgrund der hohen Toxizität sollte eine Selenergänzung nur sehr gezielt erfolgen. Die Absorbierbarkeit von Selen variiert stark und ist bei monogastrischen Spezies offenbar höher als bei Polygastrern. Organisch gebundenes Selen und verschiedene anorganische Formen benutzen unterschiedliche Absorptionswege. Eine Vielzahl von Faktoren hemmt die Selenabsorption teils spezifisch (z. B. Schwefel und schwefelhaltige Aminosäuren). Aufgrund unterschiedlicher postabsorptiver Prozesse dient anorganisches Selen (z. B. Selenat, Selenit) bevorzugt der Bildung funktioneller Selenoproteine, während absorbierte Selenoaminosäuren besonders effektiv in Körperproteine und tierische Produkte (z. B. Milch, Eier) eingebaut werden.

## Summary

### Nutritant physiological aspects of selenium supply of farm animals

The importance of the essential trace element selenium can be explained by its distribution within the organism and the metabolic functions. Three different selenium pools exist in vital organisms: (1) a metabolizable pool which contains easily exchangeable selenium, (2) a pool of functional selenoproteins, and (3) selenium that has been deposited in body proteins. Pool (1) may provide selenium for pool (2). Selenium in products from farm animals including the offspring is thought to form an external pool. Actual metabolic effects are carried out exclusively by functional selenoproteins like glutathione peroxidases (enzymes of the GPx-family). As an integral part of the classical GPx, selenium assists in the breakdown of tissue-damaging peroxides. Recommended selenium allowances for farm animals varied between 0,10 and 0,25 mg/kg of dry matter. In Germany, native feeding stuffs are often poor in selenium and, thus, when fed alone are not able to cover the demand. A lack of selenium may induce poor performance or illness. Supplementation must be done carefully because the element is highly toxic. The absorption of supplemented selenium is obviously higher in monogastric animals than ruminants. Organic and inorganic selenium use individual mechanisms to be absorbed. Multifarious factors (e.g. sulphur and sulphur-containing amino acids) specifically depress absorption. Particular post-absorptive metabolism causes that inorganic selenium (e.g. selenate, selenite) highly contributes to functional selenoproteins. Absorbed selenium-containing amino acids are especially effectively used to store the element in body proteins and products like milk and eggs.

## Резюме

### Аспекты физиологии питания обеспечения хозяйственно полезного скота селеном

Значение микроэлемента селен для организма объясняется своим распределением и функциональностью. В организме животных существуют три места для распределения: (1) заменимый метаболический пул, (2) функциональные селеносодержащие протеины и (3) в протеинах животных заложенный депо. Селен из первого места нахождения (1) можно и для функциональных целей активировать. Селен в продуктах животноводства и в потомстве сельскохозяйственного скота рассматривается как



внешний пул. Настоящие метаболические эффекты исходят исключительно от функциональных селеносодержащих протеинов, как, например, от глутатионпероксидаз (энзимы семейства GPx). Таким образом участвует селен, например, как интегральная составная часть при разложении разрушающих ткани пероксидов.

Рекомендации для обеспечения сельскохозяйственного скота селеном составляют от 0,10 до 0,25 мг селена/кг кормовой сухой массы. При условиях Германии потребность в селене при исключительном потреблении нативных кормовых средств часто не покрывается. Последствием этого могут быть снижения продуктивности скота и очевидные болезни. Из-за высокой токсичности добавление селена к корму следует провести только целесонаправленно. Способность к абсорбции селена сильно варьирует и очевидно более сильнее выражен у моногастридных чем у полигастридных видов скота.

Органически связанный селен и его разные аорганические формы абсорбируются по разному. Множество факторов тормозят отчасти специфически поглощение селена (например, сера и серосодержащие аминокислоты). Из-за различных процессов, протекающих после абсорбции селена неорганические формы селена (например, селенат и селенит) служат преимущественно образованию функциональных селеносодержащих протеинов, в то время как абсорбированные селеносодержащие аминокислоты встраиваются особенно эффективно в протеины тела и в животноводческие продукты (например, в молоко и яйца).

## Selen aus historischer Sicht

Selen wurde zuerst im Jahre 1817 in Klärschlamm identifiziert und beschrieben. Seitdem hat die Würdigung dieses Spurenelements einen bedeutenden Wandel erfahren. 1930 wurde Selen als hoch toxisch eingestuft. 1943 glaubte man gar von einer karzinogenen Wirkung ausgehen zu müssen. Tatsächlich kamen erste Berichte über Selenosen jedoch aus der Tierernährung. So wurde bereits im Jahre 1857 die sog. »Alkali Disease« an Pferden beschrieben. Auslöser war die Aufnahme extrem selenreicher Pflanzen von Grünlandstandorten in Nebraska. 1957 kamen zunächst von SCHWARZ und FOLTZ und danach in rascher Folge von verschiedenen Arbeitsgruppen Berichte über die protektive Wirkung von Selen gegenüber verschiedenen Erkrankungen, wie der Lebernekrose bei Ratten, der Exsudativen Diathese beim Küken, der Hepatitis dietetica beim Schwein und Jungtiermyopathien bei verschiedenen Spezies, was zur Einstufung von Selen als essentielles Spurenelement führte. Obwohl bereits 1965 gezeigt wurde, dass Selen in der Lage ist die Wachstumsdepression von Kindern mit Kwashiorkor zu mildern, wurde das Element für Menschen

erst etwa 20 Jahre später als in der Tierernährung als essentiell anerkannt. Anlass war die Entdeckung, dass die sogenannte Keshan-Disease, eine Erkrankung primär von Kindern aber auch Frauen in extrem selenarmen Gebieten Westchinas, eindeutig eine Selenmangelerkrankung darstellt. Während in der Tierernährung vor allem die antioxidative Wirkung den Einsatz von Selen als Futterzusatzstoff begründet, führte in der Humanernährung die Entdeckung eines scheinbar antikarzinogenen Effektes vergleichsweise hoher Dosierungen zu dem verbreiteten Einsatz als Nahrungsadditiv.

### Verteilungsräume für Selen im Organismus

Die Bedeutung von Selen für den Organismus wird durch dessen Verteilung und Funktionalität bedingt. Nach den gegenwärtigen Kenntnissen existieren im tierischen Organismus drei Verteilungsräume, welche mit Hilfe eines 3-Pool-Modells zusammenfassbar sind (Abb. 1). Diese Pools seien wie folgt benannt:

1. austauschbarer metabolischer Pool
2. funktionelle Selenoproteine und
3. Depot.

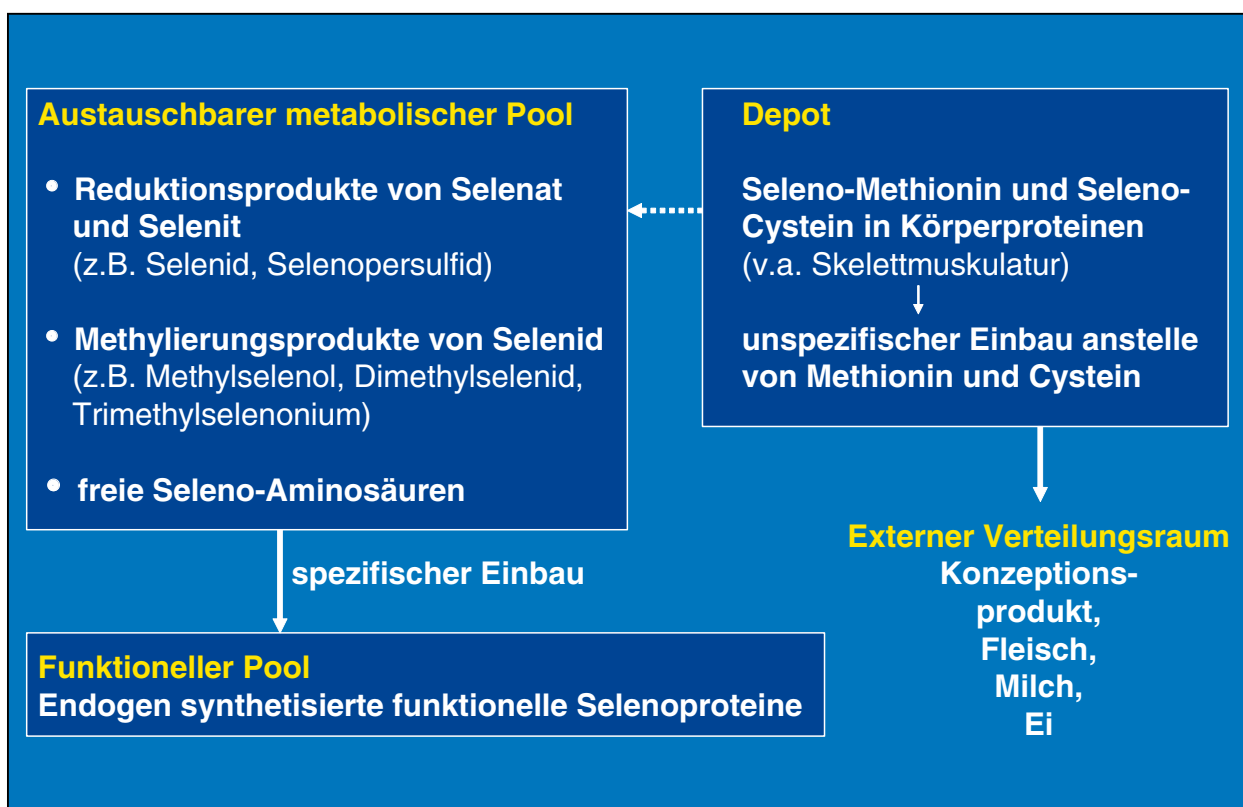


Abb. 1 3-Pool-Modell zur Verteilung von Selen im Makroorganismus

## Die Pools sind im Einzelnen wie folgt zu charakterisieren:

1. Der austauschbare metabolische Pool beinhaltet Reduktionsprodukte von Selenat und Selenit. Dazu zählen Selenid und Selenopersulfid, Methylierungsprodukte des Selenids, wie Methylselenol, Dimethylselenid, welches den knoblauchartigen Odor nach umfangreicher Selenaufnahme verursacht, und Trimethylselenonium, welches über die Niere ausgeschieden wird.
2. Selen aus dem metabolischen Pool kann über die Zwischenstufe Selenid spezifisch in funktionelle Selenoproteine eingebaut werden. Diese repräsentieren den eigentlichen funktionellen, d.h. metabolisch aktiven Selenpool.
3. Selenoaminosäuren, welche anstelle der schwefelhaltigen Analoga unspezifisch in Körperproteine eingebaut werden, bilden das Depot. Eine funktionelle Bedeutung des so deponierten Selens ist bisher nicht bekannt. Allerdings dient das Depot der Rekrutierung von Selen für den austauschbaren metabolischen Pool.

In vom Tier stammenden Erzeugnissen, einschließlich dem Konzeptionsprodukt, wird Selen quantitativ angereichert. Dieses Kompartiment wird als externer Verteilungsraum betrachtet.

## Externer Verteilungsraum

Extern verteiltes Selen dient der Nachzucht bzw. im Rahmen der Nahrungskette der menschlichen Ernährung.

## Selen für den Neonaten

Der Fetus wird mit Selen direkt im Mutterleib ausgestattet. Besonders hohe Selenkonzentrationen liegen in der fetalen Niere und Leber vor, deutlich weniger hohe in der Skelettmuskulatur. Die Konzentrationen variieren auffallend weit, wobei offenbar eine positive Beziehung zur Selenversorgung des Muttertieres während der Trächtigkeit besteht. Der Neonat erhält das Element zunächst ausschließlich über die Kolostralmilch. Deren Selenkonzentration ist höher als die reifer Milch.

Die mögliche funktionelle Bedeutung von Selen für die Nachzucht wird durch eine Untersuchung von STÖHRER et al. (2002) zur Entwicklung der Trolox-äquivalenten

antioxidativen Kapazität (TEAC) von Fohlen und Kälbern in einer frühen nachgeburtlichen Phase verdeutlicht. Die TEAC stellt ein Maß für die Ausstattung mit wasserlöslichen Antioxidantien dar. Während die Neonaten mit einer dem Muttertier vergleichbaren TEAC geboren wurden, nahm diese innerhalb der ersten Woche post natum deutlich ab. Ähnliche Ergebnisse sind vom Menschen bekannt. Als mögliche Ursache werden Ischämien und Reperfusionstörungen unter der Geburt und in der Folge die Freisetzung von Eisen aus fetalem Hämoglobin angesehen. Selen als Bestandteil des wasserlöslichen antioxidativen Schutzsystems wird diesbezüglich eine protektive Funktion zugesprochen.

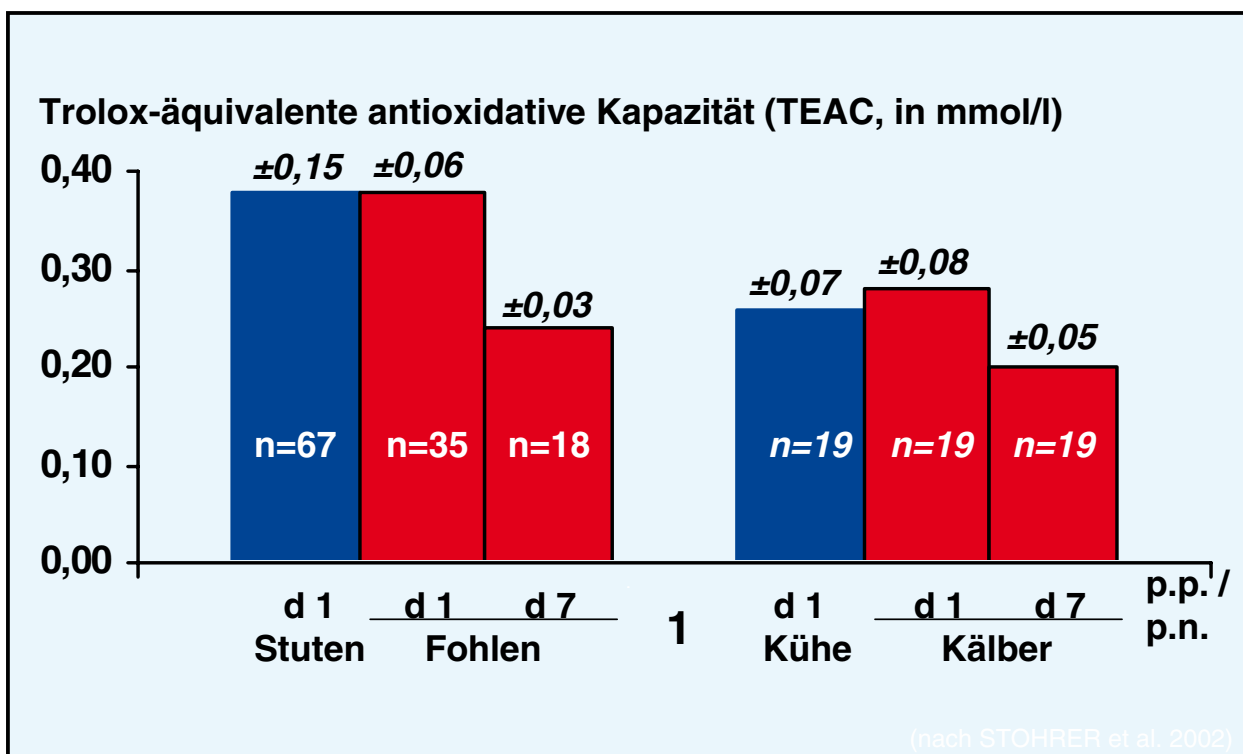


Abb. 2 Trolox-äquivalente antioxidative Kapazität im Blutserum von Stuten und Kühen sowie deren Nachzucht in einer frühen nachgeburtlichen Phase

### Selen für die menschliche Ernährung

Die unspezifische Deponierung von Selen in Körperproteinen landwirtschaftlicher Nutztiere ist von Bedeutung für die Selenversorgung des Menschen. Abb. 3 veranschaulicht die Selenaufnahme des Menschen im internationalen Vergleich nach einer etwa 10 Jahre alten Erhebung (PFANNHAUSER et al. 1997). Danach war mit einem Konsum von etwa 30 bzw. 40 µg pro Tag der unterstellte Selenbedarf von Frauen und Männern in Deutschland knapp gedeckt. 66% des aufgenommenen Selen entstammten Lebensmitteln tierischer Herkunft, davon nur etwa die Hälfte Produkten monogastrischer Nutztiere.

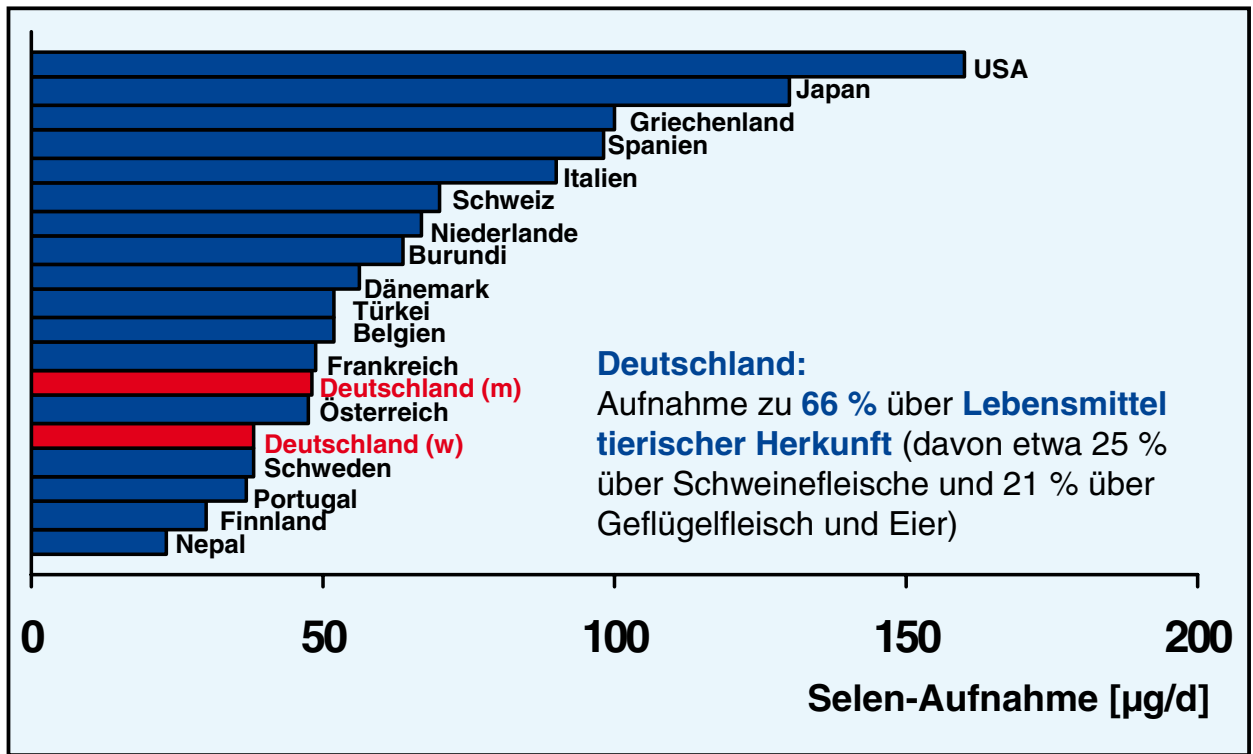


Abb. 3 Selenaufnahme des Menschen im internationalen Vergleich

Selen liegt in tierischen Produkten überwiegend organisch gebunden vor. Die Selenkonzentration innerhalb einzelner Lebensmitteln tierischer Herkunft ist außerordentlich variabel, bei positiver Korrelation zur Versorgung des Herkunftstieres. Im Ei wird das Element vor allem im Dotter deponiert, bei deutlicher Selenübersversorgung der Henne findet eine Verschiebung zugunsten des Eiklars statt.

### Funktionelle Selenoproteine

Die Funktionalität von Selen im Organismus ist an Selenoproteine gebunden, in welche das Element spezifisch eingebaut wird. Einen Überblick über Selenoproteine in Bakterien, Hefen und Wirbeltieren gibt Tab. 1.

Tab. 1 Selenoproteine bei Bakterien, Hefen und Wirbeltieren

Vorkommen	Selenoprotein
<b>Bakterien</b> <i>Escherichia coli</i> <i>Methanococcus vanielii</i> <i>Methanococcus voltae</i> <i>Desulfovibrio baculatus</i> <i>Cl. sticklandii</i> <i>Cl. purinolyticum</i>	Format-Dehydrogenase H, N und O Hydrogenase Hydrogenase Hydrogenase Glycin-Reduktase (Selenoprotein A) Glycin-Reduktase (Selenoprotein A)
<b>Hefen</b> <i>S. uvarum</i>	Selenoprotein 1, 2 und 3
<b>Fische,                      Säugetiere,                      Menschen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Glutathionperoxidasen 1 - 4</li> <li>• Dejodase I - III</li> <li>• Thioredoxin-Reduktasen</li> <li>• Selenoprotein P</li> <li>• Selenoprotein W</li> </ul>

(nach HAAS 1993)

Bei höheren Tieren dienen Selenoproteine jeweils spezifisch unterschiedlichen Funktionen. Dazu zählen

- die »Entgiftung« von Wasserstoffperoxiden und freien Fettsäurehydroperoxiden,
- die Dejodierung von Thyroxin zu Trijodthyronin,
- eine Signalwirkung hinsichtlich Apoptose und Zellproliferation,
- die Beteiligung an der Regulation des Glutathionstoffwechsels und des zellulären Kalziumstoffwechsels.

Die Glutathionperoxidase (GPx) stellt das wohl bekannteste Selenoprotein dar. Dabei handelt es sich nicht um ein singuläres Protein, sondern um verschiedene Vertreter einer Enzymfamilie. Gegenwärtig sind vier Isoformen der GPx-Familie bekannt:

- Die GPx-1 oder cytosolische (»klassische«) GPx dient der »Entgiftung« von Wasserstoffperoxiden und freien Fettsäurehydroperoxiden sowie als Zwischenspeicher von Selen.

- Die GPx-2 oder Plasma-GPx repräsentiert die einzige extrazelluläre GPx. Eine antioxidative Funktion gilt als nahezu ausgeschlossen. Wahrscheinlich dient sie als »Oxidations-Signal« für Thiolgruppen anderer Enzyme.
- Die GPx-3 oder gastrointestinale GPx stellt eine weitere cytosolische Isoform dar, die in verschiedenen Geweben des Gastrointestinaltraktes vorkommt und dort offenbar die von der klassischen GPx bekannte antioxidative Funktion ausübt. Die GPx-3 übernimmt bis zu 50% der gesamten selenabhängigen GPx-Aktivität.
- Die GPx-4 oder Phospholipid-Hydroperoxid-GPx kommt vor allem in endokrinen und reproduktiven Geweben vor. Sie weist eine sehr niedrige Affinität zu Glutathion (GSH) auf und verfügt über kein GSH im katalytischen Zentrum. Die GPx-4 ist an der Regulation der Leukotriensynthese und der Spermienreifung beteiligt. Nach Inaktivierung im reifen Spermium dient sie als Strukturprotein und stellt zur mechanischen Stabilisierung >50% des Kapselmaterials um die Mitochondrienhelix im Mittelteil der Spermien.

Die Funktionsweise der cytosolischen GPx-Isoformen ist in Abb. 4 dargestellt.

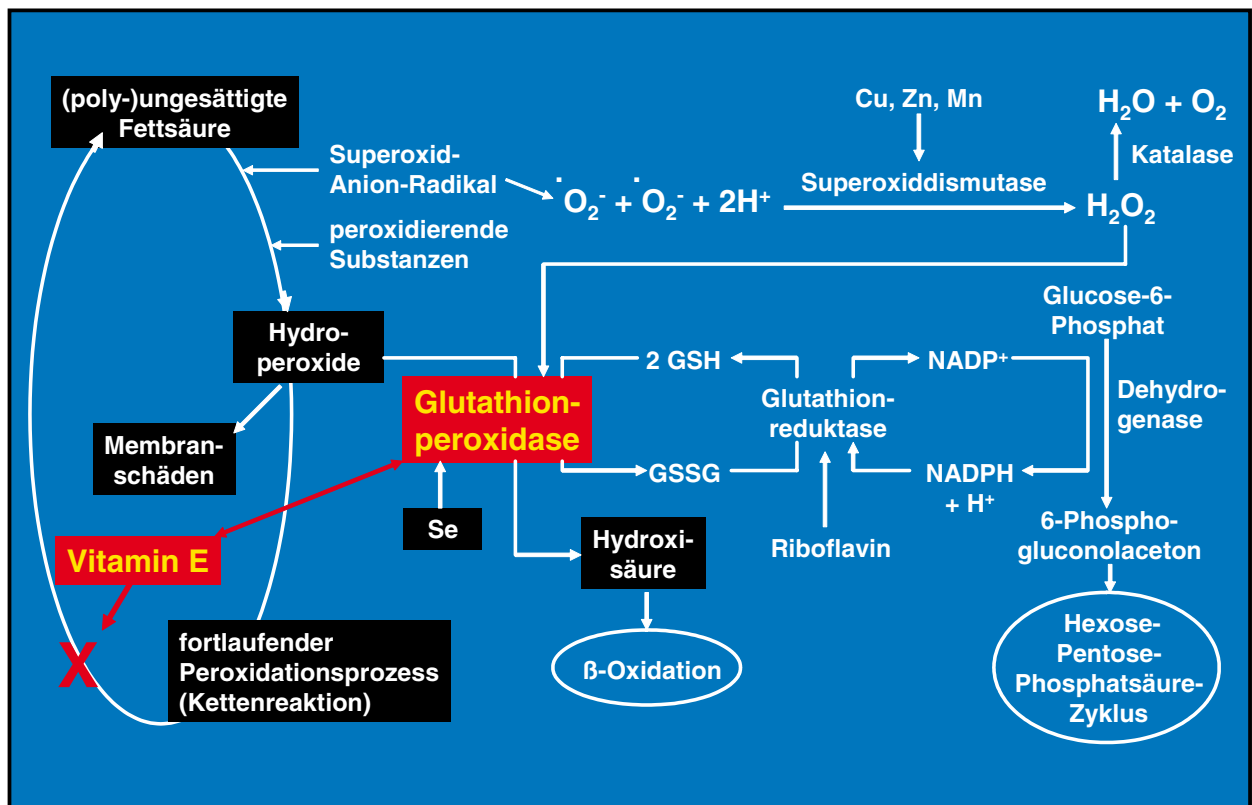


Abb. 4 Oxidationsschutz durch die selenhaltige Glutathionperoxidase und Vitamin E

Ungesättigte Fettsäuren aus biologischen Membranen und anderen Strukturen unterliegen durch Einwirkung reaktiver Sauerstoffspezies einem peroxidierenden Einfluss. So können u. a. Membranschäden ausgelöst werden. Den als Kettenreaktion fortlaufenden Peroxidationsprozess vermag Vitamin E mit Hilfe seiner chiralen Arme zu unterbrechen. Bereits entstandene Fettsäurehydroperoxide (FSHP) können durch die selenhaltige GPx zu Hydroxisäuren reduziert und im weiteren Verlauf der  $\beta$ -Oxidation zugeführt werden. Zur Reduktion der FSHP muss Glutathion (GSH) oxidiert und wieder durch eine riboflavinabhängige Glutathionreduktase regeneriert werden. Die Regeneration der Glutathionreduktase erfolgt in Abhängigkeit von einer Dehydrogenase, welche Glucose-6-Phosphat in  $\delta$ -Phosphogluconolaceton überführt. Letzteres mündet in den Hexose-Pentose-Phosphatsäure-Zyklus (HPPC). Die Integrität dieses Weges ist vor allem für Erythrozyten bedeutsam, da in diesen Zellen die Energiegewinnung primär über den HPPC erfolgt. Alternativ können Superoxid-Anion-Radikale mittels kupfer-, zink- und manganabhängiger Superoxiddismutase in Wasserstoffperoxid überführt und entweder mittels Katalase zu Wasser und Sauerstoff abgebaut oder ebenfalls unter Einwirkung der GPx reduziert werden.

## Selenbedarf und Selenversorgung

Die von der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie für landwirtschaftliche Nutztiere formulierten Versorgungsempfehlungen liegen zwischen 0,10-0,25 mg pro Kilogramm Futtertrockensubstanz (Tab. 2). Die Empfehlungen zur Versorgung mit Vitamin E sind in Tab. 2 parallel aufgeführt.

Bei einem Vergleich mit Angaben zur Selenkonzentration in ausgewählten Futtermitteln (Tab. 3) wird deutlich, dass unter praktischen Bedingungen bei ausschließlicher Verwendung von Einzelfuttermitteln häufig eine unbefriedigende Bedarfsdeckung erwartet werden muss. Bei Grünfutareinsatz sollte die besondere Selenarmut der Aufwüchse von sauren Standorten beachtet werden. Eine gezielte Supplementation ist über Mischfuttermittel möglich. Aus futtermittelrechtlicher Sicht stehen dafür Selenat und Selenit als Zusatzstoffe zur Verfügung. Aufgrund der hohen Toxizität des Elements (siehe »Gesundheitliche Relevanz einer Fehlversorgung von Tieren«) ist eine Überversorgung durch Mischfutterabusus zu vermeiden.



Tab. 2 Empfehlungen zur Versorgung landwirtschaftlicher Nutztiere mit Selen und Vitamin E (GfE 1994, 1995, 1999, 2001, 2006)

Tierart	Nutzungsrichtung, Leistungskategorie	Selen [mg/kg TM]	Vitamin E <sup>1)</sup> [mg/kg TM]
Huhn	Küken, Junghennen, Legehennen, Broiler Zuchthennen	0,15	6 <sup>2)</sup>
		0,15	10 <sup>2)</sup>
Schwein	Zuchtsau und -eber	0,15 - 0,20	30 (Sau <sup>3)</sup> )
	Ferkel	0,20 - 0,25	15
	Mastschwein (MS), Zuchtläufer	0,15 - 0,20	15 (MS)
Pferd	Fohlen	0,15 - 0,20	50
	Zuchtstute	0,15 - 0,20	50
	Reit- und Rennpferde	0,15	50 - 100 <sup>4)</sup>
Rind	Aufzuchtrinder	0,15	15 <sup>5)</sup>
	Milchkühe: - trockenstehend	0,20	50
		- laktierend	0,20
	Mastrinder	0,10 - 0,15	0,5 (/kg LM)

TM = Trockenmasse  
<sup>1)</sup> dl- $\alpha$ -Tocopherolacetat (all-rac); <sup>2)</sup> + 0,6 mg/g polyungesättigter Fettsäuren; <sup>3)</sup> laktierend; <sup>4)</sup> Hochleistungspferde bis 200; <sup>5)</sup> 2 Monate ante partum 50 mg/kg TM

Tab. 3 Selenkonzentration in ausgewählten Futtermitteln in Deutschland (in mg/kg Futtertrockensubstanz)

Futtermittel	n	Min - Max	MW	FVFI <sup>1)</sup>
Gras	542	0,006 - 0,070	0,050	0,040
Luzerne	40	0,021 - 0,260	0,170	0,120
Rotklee	o.A.	0,015 - 0,080	0,050	-
Futterrübe	o.A.	0,019 - 0,050	0,040	0,030
Kartoffel	o.A.	0,012 - 0,055	0,035	0,050
Weizen	o.A.	0,013 - 0,130	0,069	0,100
Gerste	o.A.	0,024 - 0,110	0,065	0,060
Roggen	o.A.	0,019 - 0,100	0,067	0,070
Mais	o.A.	0,025 - 0,100	0,050	0,100
Mischfutter	41	0,262 - 0,480	0,357	-
Mineralfutter	34	2,197 - 33,00	14,25	-

o.A. = ohne Angabe, MW = Mittelwert  
(nach <sup>1)</sup> Fachverband der Futtermittelindustrie 1999 und KOLB 2001)

## Gesundheitliche Relevanz einer Fehlversorgung von Tieren

Selen gehört zu den Nährstoffen, bei welchen bereits bei vergleichsweise geringer Abweichung der Versorgung vom Optimalbedarf das Kompensationsvermögen des Organismus überschritten wird. Akute toxische Effekte sind ab etwa dem 20-fachen des Bedarfes zu erwarten, Symptome einer chronischen Überversorgung bereits eher. Im Vergleich dazu treten Vergiftungserscheinungen bei Fluorid bereits beim etwa 4-fachen und bei B-Vitaminen – wenn überhaupt – erst bei einem bis dato unbekanntem Vielfachen des Bedarfs auf. Die Grenze zur Mangelsymptomatik ist für Selen weniger gut bekannt. Die Spanne dürfte hier weiter sein und in vielen Fällen durch Interaktionen mit Vitamin E und weiteren Faktoren (Alter des Tieres, Verzehr ungesättigter Fettsäuren etc.) beeinflusst werden. Generell gilt, dass sowohl eine Über- als auch eine Unterversorgung zu massiver klinischer Symptomatik und beachtlichen Produktionsausfällen führen können.

### Selenmangel

In Deutschland verwendete Einzelfuttermittel sind in der Regel vergleichsweise selenarm, so dass eine Unterversorgung mit Selen durchaus Bedeutung erlangen kann. Ausgesprochene Selen-Mangel-Erkrankungen sind Tab. 4 zu entnehmen. Aufgrund der engen funktionalen Verflechtungen sind diese häufig nicht von Erkrankungen durch einen Mangel an Vitamin E abgrenzbar. Daher finden auch diese in Tab. 4 Beachtung.

### Selenintoxikation

In Deutschland stellen Selenosen bei der Verwendung nativer Futtermittel kein praktisch relevantes Problem dar. Dennoch kann es durch den Abusus von Mischfuttermitteln und außerordentlich selten durch Fehler bei der Mischfutterherstellung zu einer klinisch relevanten Überversorgung kommen. Dabei werden chronische, subakute und akute Verlaufsformen unterschieden. Formen chronischer Selenintoxikation wurden an Rind, Pferd und Schwein nach der Aufnahme nativ selenreichen Futters bzw. nach einem fehlerhaften Gebrauch selenreicher Mischfuttermittel beschrieben. Selenreiche Futterpflanzen, sog. Selenspeicherpflanzen, kommen auf bestimmten Standorten im Mittelwesten der USA vor. Zusätzlich gewährleisteten alkalische Böden die notwendige hohe Selenverfügbarkeit, weshalb die Erkrankung die Bezeichnung »Alkali Disease« erhielt. Auf Grünlandstandorten in Deutschland

sind Selenspeicherpflanzen nicht zu erwarten. Typisch für eine chronische Selenintoxikation ist die übermäßige Anreicherung des Elements im Haar, in Huf- bzw. Klauenhorn und anderen Organen bzw. Geweben. Ein erstes sensibles Kennzeichen ist der Verlust von Langhaar. Aufgrund des dann spärlichen Schweifhaares wurde die Erkrankung bei Pferden auch als »Bobtail-Disease« bezeichnet. Weiterhin werden Entzündungen am Kronsaum sowie Schäden am Huf- und Klauenhorn mit reueähnlicher Deformation des Hornes bis hin zum Ausschuhlen beobachtet. Schäden an Leber, Niere, Herz und seltener an Gallenblase und Intestinum wurden beschrieben. Effekte auf Futteraufnahme und Fruchtbarkeit werden kontrovers diskutiert. Subakute und akute Selenintoxikationen wurden bisher für Rinder, Schafe, Pferde und Schweine beschrieben. Die Tiere fallen durch Koordinationsstörungen und abnorme zentralnervale Reaktionen auf. Die möglicherweise auftretende scheinbare Blindheit wird als »Blind stagger« bezeichnet. Die akute Phase wird durch allgemeine Schwäche, Dyspnoe, blutig infiltriertes Expirat, Tachykardie und Fieber eingeleitet. Zum Spektrum möglicher klinischer Erscheinungen zählen dunkel gefärbte Diarrhoe, Erbrechen (außer bei Equiden), kolikartige Schmerzäußerung, Polyurie sowie blasse bzw. cyanotisch verfärbte Schleimhäute. Der Tod der hilflosen Tiere tritt durch Versagen der äußeren Atmung ein. Die Diagnosestellung wird durch die unspezifische Klinik und hohe Variabilität von Schweregrad, Progression und Symptomatik erheblich erschwert.

Tab. 4 Wichtige Erkrankungen durch Mangel an Selen und Vitamin E

Reine Se-Mangelkrankheiten	Auf Se und VE ansprechbare Erkrankungen	Echte VE-Mangelkrankheiten
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Fruchtbarkeitsstörungen bei Kühen, Schafen, Ziegen, Hühnern, Ratten</b></li> <li>• <b>lebensschwache Neonaten (↓ Saugaktivität, ↓ Schilddrüsenfunktion)</b></li> <li>• <b>Wachstumsverminderung</b></li> <li>• <b>Pankreasdegeneration beim Küken</b></li> <li>• <b>Steatitis bei wachsenden Tieren (Schweine, Pferde, Pelztiere, Katzen)</b></li> <li>• <b>Immunsuppression</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Lebernekrose (Hepatitis diaetetica) beim Schwein</b></li> <li>• <b>Mikroangiopathien, Maulbeerherzkrankheit beim Schwein</b></li> <li>• <b>Exsudative Diathese bei Küken</b></li> <li>• <b>Weißmuskelkrankheit bei Kalb, Lamm, Fohlen</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>↓ Fruchtbarkeit bei Geflügel, Schwein, Kaninchen und Pelztieren</b></li> <li>• <b>Resorptionssterilität bei Schweinen und Ratten</b></li> <li>• <b>Encephalomalazie bei Küken</b></li> <li>• <b>Erythrozytenhämolyse</b></li> <li>• <b>Gelbfettkrankheit bei Adulten</b></li> </ul>
<p>VE = Vitamin E   evtl. reine Se-Mangelkrankheit</p>		

## Absorbierbarkeit von Selen

Bei speziesübergreifender Betrachtung variiert die Absorbierbarkeit von Selen sehr weit. Obwohl die Absorption des Elements bei unterschiedlicher chemischer Form bzw. Bindung grundsätzlich verschieden abläuft und auch gehemmt wird, (siehe »Mechanismen der Selenabsorption«) ist dies, ebenso wie die Wirksamkeit weiterer Antagonismen (Fe, Cu, Zn, Cd, Hg, As, S, Cr, Mo, W, V, Oxalate, Fettsäureperoxide), im Vergleich zum Effekt des Aufbaus des Verdauungstraktes offenbar von untergeordneter Bedeutung. Das stark negative Oxidoreduktionspotential (Eh) im Pansen (rd. -350 mV) kann noch vor dem Ort der eigentlichen Absorption die Entstehung von schwer löslichem Selenid begünstigen. Beim Monogaster ist das Eh dagegen erst im terminalen Ileum schwach negativ.

## Mechanismen der Selenabsorption

Die Selenabsorption findet in den mittleren und hinteren Dünndarmabschnitten, und hier überwiegend im Ileum statt. Die bisherigen Kenntnisse (CANTOR et al. 1975, CARDIN und MASON 1975, ANUNDI et al. 1984, ARDÜSER et al. 1985, WOLFFRAM et al. 1985, ARDÜSER et al. 1986, WOLFFRAM et al. 1986, 1988, MYKKÄNEN und WASSERMANN 1989, SCHARRER et al. 1989, WOLFFRAM et al. 1989ab, WÜRMLI et al. 1989) werden in Abb. 5 an einem Ausschnitt der Bürstensaummembran des Ileums modellhaft für anorganisches und an Aminosäuren gebundenes Selen dargestellt.

## Selenat

Selenat wird nur im Ileum Na-stimuliert, aktiv durch die Bürstensaummembran transportiert. Der Transportmechanismus ist offenbar nicht auf Selenit übertragbar. Der Co-Transporter wird auch durch Sulfat sowie durch physikalisch und chemisch verwandte Oxianionen wie Thiosulfat, Molybdat, Chromat und Wolframat benutzt, was zu Antagonismen führt. Es erfolgt auch ein Austausch von Selenat – und konkurrierend Sulfat – gegen intrazelluläre Hydroxianionen. Dieser Transportweg ist jedoch nicht von einem Co-Transport mit Protonen differenzierbar. Über die molekularen Mechanismen einer Ausschleußung von Selenat über die serosale Membran gibt es bislang keine gesicherten Kenntnisse.

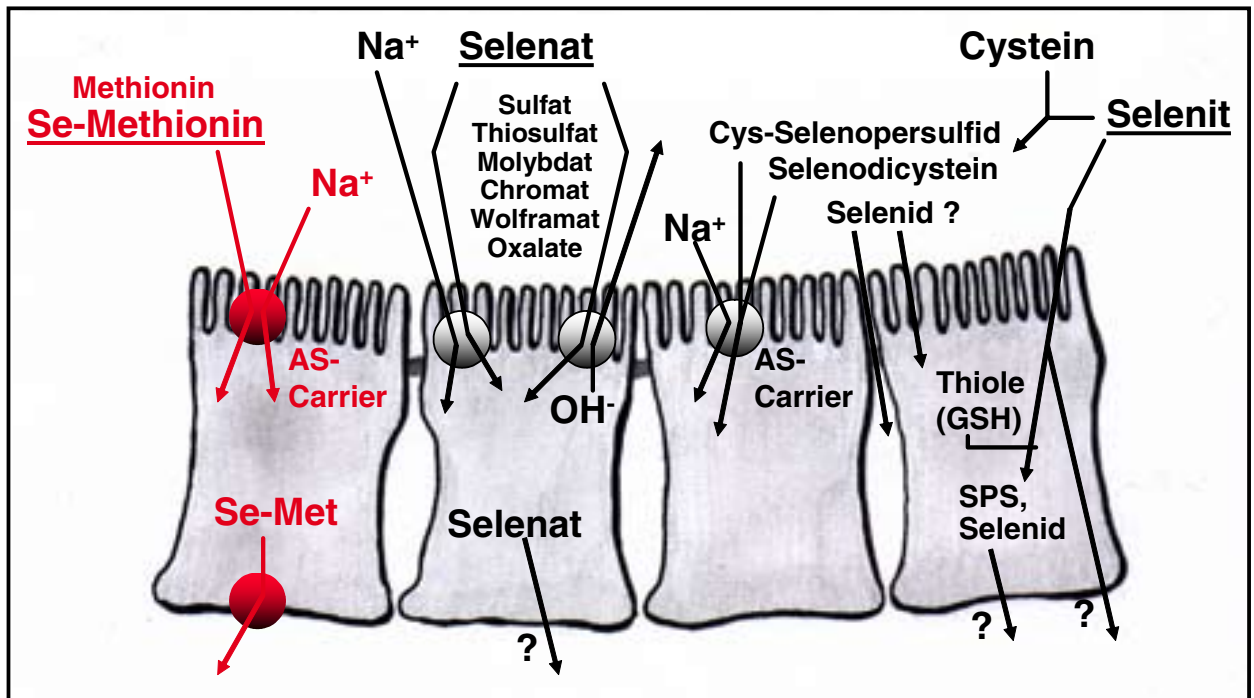


Abb. 5 Modellhafte Darstellung der Absorption anorganischen (Selenat, Selenit) und an Aminosäuren gebundenen Selen (hier: Se-Methionin) an der Bürstensaummembran des Ileums

## Selenit

Selenit transloziert per se Na-unabhängig und scheinbar mittels einfacher Diffusion. Die häufig als generalisiert postulierte Hemmung durch Sulfat und verwandte Oxianionen konnte experimentell nicht bestätigt werden. Offenbar erfolgt eine umfangreiche Bindung von Selenit an die Membranoberfläche über eine durch membranständige Thiolgruppen vermittelte Reduktion zu Selenopersulfiden und Selenid. So ist z. B. Glutathion als das häufigste intrazelluläre Thiol mit 0,5 bis 10 mmol/l in Säugerzellen vorhanden. Auf die beschriebene Weise wird Selenit dem intrazellulären Milieu entzogen, was offenbar die Aufnahme durch die Aufrechterhaltung eines Konzentrationsgradienten stimuliert. Auch hier sind die Prinzipien der serosalen Ausschleußung des Selenits bzw. der reduzierten Verbindungen nicht geklärt. Aber auch extrazellulär, d. h. im Darmlumen, haben Thiole einen Einfluss auf die Selenitabsorption. Dies ist in Abb. 5 am Beispiel von Cystein dargestellt. Neben Cystein ist z. B. auch Glutathion über Gallen- u. a. Sekrete intraluminal verfügbar. Über eine Reaktion von Selenit mit Thiolen werden spontan aminosäureähnliche Reaktionsprodukte, wie z. B. Cystein-Selenopersulfid oder Selenodicystein, formiert, welche Na-abhängig, d. h. sekundär aktiv, über Aminosäuren-Carrier in den Enterozyten gelangen. Die Aufnahme wird durch L-Alanin, L-Lysin, L-Leucin und L-Glutaminsäure gehemmt. Weiterhin wird ein durch die Glutamintransferase vermittelter, ak-

tiver Selenitransport vermutet sowie eine weitere fördernde Wirkung intraluminarer Thiole auf die Selenitabsorption. So wird das thiolinduziert entstandene Selenid offenbar erleichtert durch einfache Diffusion und möglicherweise auch parazellulär aufgenommen, wobei die Bedeutung der Integrität der »Tied junctions« und deren Beeinflussung, z. B. durch Ischämien, noch nicht geklärt sind.

## Selenoaminosäuren

Die Mechanismen der Absorption von Selenoaminosäuren soll am Beispiel von Se-Methionin verdeutlicht werden. Se-Methionin wird aktiv über einen oder mehrere Na-abhängige Aminosäuren-Carrier transportiert. Dieser Weg wird gleichfalls von Methionin benutzt, was zu einer gegenseitigen Hemmung führt. Auf gleiche Weise werden Se-Cystein bzw. Se-Cystin transportiert, dann allerdings über einen Transporter für basische AS, wobei es zu einer kompetitiven Hemmung durch Cystin, Lysin und Arginin kommen kann. Der Abtransport von Selenoaminosäuren auf der serosalen Seite erfolgt offenbar durch spezifische Transporter.

## Postabsorptive Metabolisierung von Selen

Verantwortlich dafür, ob Selen unspezifisch in Geweben deponiert oder als Bestandteil spezifischer Proteine funktionell aktiv wird, ist die postabsorptive Metabolisierung. Diese wiederum wird davon beeinflusst, in welcher chemischen Form bzw. Bindung Selen im Stoffwechsel vorliegt (Abb. 6).

Im austauschbaren metabolischen Pool wird anorganisches Selen via Selenodiglutathion bzw. Glutathionselenopersulfid in Selenid überführt. Selen in Form von Selenid kann die Position von Schwefel in den entsprechenden Aminosäuren einnehmen und die daraus entstehenden selenhaltigen Aminosäuren dem unspezifischen Einbau in Körperproteine dienen. Gebildetes Se-Cystein ist jedoch auch die essentielle Vorstufe für den Einbau von Selen in funktionelle Proteine. Absorbierte Selenoaminosäuren können direkt unspezifisch in Körperproteine eingebaut werden und so effektiv der Anreicherung von Selen in vom Tier stammenden Produkten dienen. Auf diese Weise dient in anorganischer Form absorbiertes Selen primär dem funktionellen Pool, während die Anreicherung von Selen in tierischen Produkten besonders effektiv über Selenoaminosäuren erfolgt (Abb. 7).

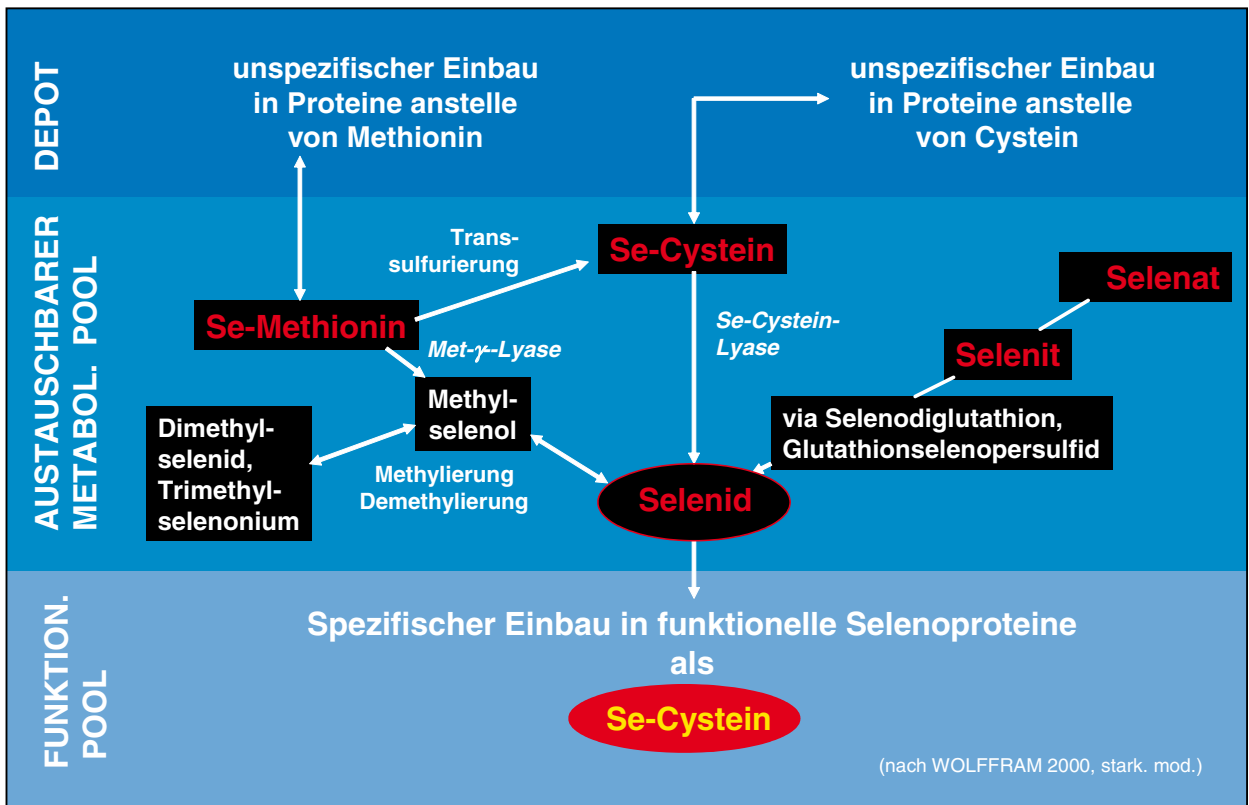


Abb. 6 Postabsorptive Metabolisierung von Selen

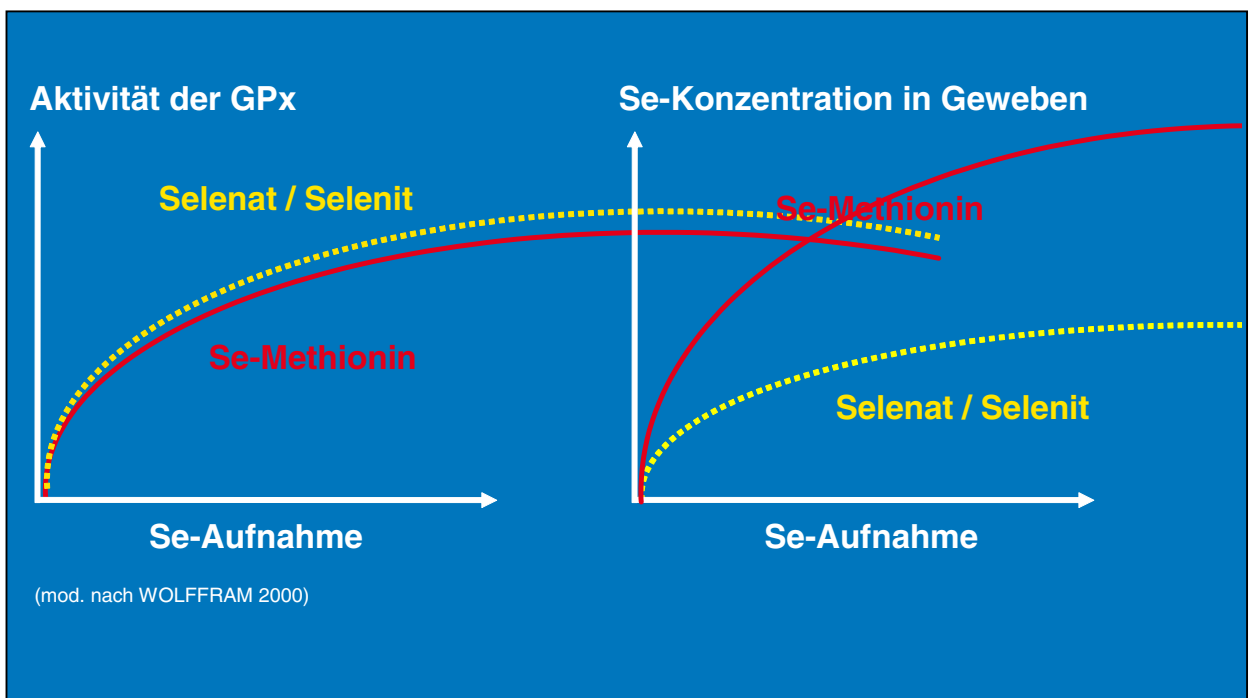


Abb. 7 Modellhafte Darstellung der Aktivität der cytosolischen Glutathionperoxidase (GPx) und der Selenanreicherung in Geweben nach Aufnahme von Selen in organischer Form oder als Selenoaminosäure

## Literatur:

- ANUNDI, I., HÖGBERG, J., STAHL, A. (1984):** Absorption of selenite in the rat small intestine: Interactions with glutathione. *Acta Pharmacol. Toxicol.* 54, 273-277
- ARDÜSER, F., WOLFFRAM, S., SCHARRER, E. (1985):** Active absorption of selenate by rat ileum. *J. Nutr.* 115, 1203-1208
- ARDÜSER, F., WOLFFRAM, S., SCHARRER, E., SCHNEIDER, B. (1986):** Transport of selenate and selenite across the brush border membrane of rat and sheep small intestine. *Biol. Trace Elem. Res.* 9, 281-290
- CANTOR, A.H., SCOTT, M.L., NOGUCHI, T. (1975):** Biological availability of selenium in feedstuffs and selenium compounds for prevention of exudative diathesis in chicks. *J. Nutr.* 105, 96-105
- CARDIN, C.J., MASON, J. (1975):** Sulphate transport by rat ileum. Effect of molybdate and other anions. *Biochim. Biophys. Acta* 394, 46-54
- GfE (1994):** Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie, Nr. 2, Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Pferde. DLG-Verlag Frankfurt (Main)
- GfE (1995):** Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie, Nr. 6, Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Mastriinder. DLG-Verlag Frankfurt (Main)
- GfE (1999):** Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie, Nr. 7, Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Legehennen und Masthühner (Broiler). DLG-Verlag Frankfurt (Main)
- GfE (2001):** Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie, Nr. 8, Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchtriinder. DLG-Verlag Frankfurt (Main)
- GfE (2006):** Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie, Nr. 10, Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Schweinen. DLG-Verlag Frankfurt (Main)
- HAAS, H.J. (1993):** Selenoproteine in Bakterien, Hefen, Tieren und Menschen, 13. Arbeitstagung Mengen- und Spurenelemente, Jena, S. 438-450
- KOLB, E. (2001):** Selenmangel in Deutschland, Bedeutung und Verhütung. In: *Handlexikon der Tierärztlichen Praxis* (Hrsg. E. Wiesner), Enke Verlag Stuttgart, Lieferung 2009, S. 742 a-1 – 742 a-4
- MYKKÄNEN, H.M., WASSERMANN, R.H. (1989):** Uptake of <sup>75</sup>Se-selenite by brush border membrane vesicles from chick duodenum stimulated by vitamin D. *J. Nutr.* 119, 242-247
- PFANNHAUSER, W., WILPINGER, M., HEUMANN, S., SIMA, A., SCHALLER, U., ZÖCHLING, S. (1997):** Spurenelementversorgung in Österreich im Vergleich mit anderen Ländern Europas. 17. Arbeitstagung Mineralstoffe und Spurenelemente. S. 557-573



- SCHARRER, E., WÜRMLI, R., WOLFFRAM, S. (1989):** Stimulation of intestinal absorption of selenite by cystein and glutathione. In: Selenium in Medicine and Biology. Proc. 2nd Int. Congr. Trace Elements in Medicine and Biology. Avoriaz, France (Eds. J. Nève, A. Favier). Walter de Gruyter, Berlin and New York, pp. 55-58
- SCHWARZ, J.R., FOLTZ, C.M. (1957):** Selenium as an integral part of Factor 3 against liver degeneration. J. Am. Chem. Soc. 79, 3292-3293
- STOHRER, M., LUTZ, S., STANGASSINGER, M. (2002):** Antioxidant status of animals is weakened after birth. Proc. Soc. Nutr. Phys. 11, 35
- WOLFFRAM, S. (2000):** Der Stoffwechsel ernährungsphysiologisch relevanter anorganischer und organischer Selenverbindungen. Übers. Tierernährg. 28, 65-94
- WOLFFRAM, S., ANLIKER, E., SCHARRER, E. (1986):** Uptake of selenate and selenite by isolated brush border vesicles from pig, sheep and rat. Biol. Trace Elem. Res. 10, 293-306
- WOLFFRAM, S., ARDÜSER, F., SCHARRER, E. (1985):** In vivo intestinal absorption of selenate and selenite by rats. J. Nutr. 115, 454-459
- WOLFFRAM, S., BERGER, B., GRENACHER, B., SCHARRER, E. (1989a):** Transport of selenoamino acids and their sulfur analogues across the intestinal brush border membrane. J. Nutr. 119, 706-712
- WOLFFRAM, S., BERGER, B., SCHARRER, E. (1989b):** Transport of selenomethionine and methionine across the intestinal brush border membrane. In: Selenium in Biology and Medicine (Ed. A. Wendel). Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, Hong Kong, pp. 109-113
- WOLFFRAM, S., GRENACHER, B., SCHARRER, E. (1988):** Transport of selenate and sulphate across the intestinal brush-border membrane of pig jejunum by two common mechanism. Quart. J. Exp. Physiol. 73, 103-111
- WÜRMLI, R., WOLFFRAM, S., STINGELIN, Y., SCHARRER, E. (1989):** Stimulation of mucosal uptake of selenium from selenite by L-cysteine in sheep small intestine. Biol. Trace. Elem. Res. 20, 75-85



## ROVIMIX® β-Carotin und

- ein einzigartiges Paket zur Verbesserung der Fruchtbarkeit
- die maßgeschneiderte ROVIMIX® β-Carotinversorgung für Milchviehherden



[www.rovimixbetacarotene.com](http://www.rovimixbetacarotene.com)  
[www.dsmnutritionalproducts.com](http://www.dsmnutritionalproducts.com)

DSM Nutritional Products Europe Ltd.  
P.O. Box 2676, CH-4002 Basel,  
Switzerland

**Unlimited. DSM**

# Bedeutung der Spurenelemente für die Hochleistungskuh und Hinweise zur Bedarfsdeckung



*Prof. Dr. Klaus Männer*

*Institut für Tierernährung,  
Fachbereich Veterinärmedizin, Freie Universität Berlin*

*E-Mail: [katmaenn@zedat.fu-berlin.de](mailto:katmaenn@zedat.fu-berlin.de)*

## Zusammenfassung

Die Spurenelemente sind trotz ihres geringen Anteils in der Ration ein essentieller Faktor im Gesamtkomplex der Rationsoptimierung. Negative gesundheits- und leistungsrelevante Effekte können sowohl bei defizitärer als auch bedarfsüberschreitender Aufnahme mit der Folge antagonistischer Effekte auf andere Mineralstoffe auftreten. Die zur Bedarfsdeckung erforderlichen Ergänzungen sollten sich deshalb immer an den bereits über die Einzelfuttermittel aufgenommen Spurenelementen orientieren. Die Aufnahme an Spurenelementen über Einzelfuttermittel liegt bei üblichen Rationen für Milchkühe, auf die Durchschnittsgehalte bezogen, in der Regel für Eisen oberhalb, für Mangan innerhalb und für die Elemente Zink, Kupfer, Jod bzw. Kobalt um durchschnittlich 20% unterhalb der Bedarfsempfehlungen. Im Gegensatz hierzu muss für Selen mit einer deutlichen Bedarfsunterschreitung von durchschnittlich 80% gerechnet werden. Die über das Mineralfutter zu supplementierenden Spurenelemente ergeben sich aus der Differenz zwischen Aufnahme über die Einzelfuttermittel und dem jeweiligen Bedarf. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Bedarfsempfehlungen bereits ausreichende Sicherheitszuschläge enthalten. Entsprechend sind von gezielten Überdosierungen einzelner Spurenelemente bei insgesamt bedarfsgerechter Versorgung in der Regel keine weiteren gesundheitsrelevanten Vorteile zu erwarten. Nur unter Einbeziehung der Einzelfuttermittel können die Risiken negativer Wechselwirkungen von Mineralstoffen soweit als möglich vermindert und überschüssige Ausscheidungen über den Wirtschaftsdünger, hohe Futterkosten und überhöhte Anreicherungen von Spurenelementen in tie-

rischen Produkten reduziert werden. Unter den Bedingungen unvermeidbarer Verfügbarkeitsbeeinträchtigungen von Spurenelementen durch andere oberhalb der Toleranzschwelle aufgenommene Mineralstoffe über Einzelfuttermittel bzw. Tränke zeigen die entsprechenden organisch gebundenen Spurenelemente eine bessere Bioverfügbarkeit als die anorganisch gebundenen Elemente. Inwieweit bei Verwendung von organischen Bindungsformen möglicherweise auch die in den Versorgungsempfehlungen berücksichtigten Sicherheitszuschläge vermindert werden können, bedarf allerdings noch der weiteren Absicherung.

## Summary

### The importance of trace elements in diets for high yielding dairy cows and remarks for ensuring the supply

Trace elements are in spite of their small dietary amounts an important part of the overall diet conception for ensuring optimal diet conditions. Negative effects on health and performance will be expected when the supply with trace elements will be either below or above the dietary requirement for particular trace elements. Consequently when calculating the supplementing amounts of trace elements in order to reach the recommended levels, the native amounts of trace elements in the feedstuffs used for the diets have to be taken into account. On average native amounts of trace minerals will be above (Fe) within (Mn) or in the range of 80% of the recommended levels with exception of Se (20%). Additionally official recommendations are including sufficient safety when using normal diets for dairy cows. Consequently overdose effects of minerals are still controversial stressing out no positive effects with feeding diets within the recommended levels of trace elements. Only with involving the native amounts, deficiencies or negative interactions among minerals caused by element concentrations that exceed requirements as well as excessive concentrations in manure, high feed costs and high accumulations in animal products can be avoided. Under conditions of reduced bioavailability of particular elements caused by antagonists organic trace mineral formulations are less affected by such interactions than inorganic sources. However, whether they are offering the possibility to reduce safety margins in diets for high yielding dairy cows will require further precise investigations.

## Резюме

### Значение микроэлементов для коровы с высокой молочной продуктивностью и указания для удовлетворения потребности

Микроэлементы являются существенным фактором в общем комплексе оптимизации рациона несмотря на их маленькую долю в пайке. В случае как недостаточного, так и превышающего нужное количество приёма микроэлементов могут появиться отрицательные следствия для здоровья и молочной продуктивности коровы с последствием враждебных воздействий на другие минеральные вещества. Поэтому при добавлении микроэлементов, нужных для удовлетворения потребности, надо принимать в учёт количество микроэлементов, которое уже содержится в отдельных кормах. При обычной даче фуража молочным коровам приём микроэлементов из отдельных кормов, учитывая средние содержания, как правило, что касается железа (Fe) - выше рекомендаций, что касается марганца (Mn) - в норме, а что касается элементов цинк (Zn), медь (Cu), иод (I), кобальт (K) - в среднем на 20 % ниже рекомендаций. В противоположность этому надо считать на то, что приём селена (Se) в среднем составляет только 80 % нужного количества. Микроэлементы, которые должны быть добавлены путём дачи минерального корма и их количества вытекают из разности приёма микроэлементов из отдельных кормов и соответствующей потребности. При этом надо учитывать, что в рекомендациях, касающихся потребности, уже содержатся достаточные количества для гарантии безопасности. Это значит, что в случае нормального кормления согласно потребностям, как правило, от целенаправленных передозировок отдельных микроэлементов нельзя ожидать других преимуществ для здоровья. Только с учётом отдельных кормов можно уменьшать по возможности риск отрицательных взаимодействий минеральных веществ и снизить излишние концентрации в органических удобрениях, получаемых в хозяйстве, высокую стоимость кормов и чрезмерно повышенные концентрации микроэлементов в животных продуктах. В условиях неизбежного снижения возможности располагать микроэлементами вследствие приёма других минеральных веществ свыше предельного допуска из отдельных кормов или через водопой микроэлементы с органической связью показывают лучшую возможность располагать ими, чем элементы с неорганической связью. Надо ещё точнее выяснить можно ли снизить высшие пределы безопасности, принятые в учёт в рекомендациях потребности в случае употребления органических форм связывания.

## Problemstellung

Spurenelemente sind für die Aufrechterhaltung der Tiergesundheit und damit Leistung aufgrund ihrer strukturellen, physiologischen, biochemischen und regulatorischen Funktionen im Stoffwechsel ein wichtiger Baustein im Gesamtkomplex der Rationskonzeption und -optimierung bei Milchkühen. Die Aufnahme erfolgt sowohl über die Einzelfuttermittel als auch über mineralisierte Ergänzungsfuttermittel (z. B. Kraffttermischungen, Milchleistungsfuttermittel, Mineralfutter, Lecksteine). Bei der Konzeption der mineralischen Ergänzung finden die nativen Spurenelementgehalte der Einzelfuttermittel (Grund-, Krafftfutter) und weitere für die Spurenelementaufnahme relevanten betriebsbedingten Besonderheiten, wie z. B. Düngung, Standort und Tränkwasserqualität, nach wie vor nur geringe Berücksichtigung. Als mögliche Folgen können dabei sowohl Über- als auch Unterschreitungen der Bedarfsempfehlungen auftreten. Auf die Problematik bei der Realisierung der Bedarfsdeckung mit Spurenelementen bei Hochleistungskühen soll deshalb nachfolgend unter besonderer Berücksichtigung der Optimierung der Spurenelementversorgung und Minimierung der -ausscheidung eingegangen werden.

## Bedeutung und Bedarf an Spurenelementen

In Abbildung 1 sind neben den lebensnotwendigen Mengenelementen die derzeit 18 als essentiell eingestuft Spurenelemente ausgewiesen, wobei allerdings über die Einzelfuttermittel (Grundfutter, Krafftutterkomponenten) nur Mangan, Zink, Kupfer, Jod, Kobalt und Selen in zu geringem Umfang aufgenommen werden können und somit möglicherweise einer Ergänzung bedürfen. Im Gegensatz hierzu ist Eisen in der Regel nur bei saugenden Kälbern supplementierungsbedürftig. Die Bedarfsbereiche der ergänzend ausgewiesenen essentiellen Spurenelemente, die auch als Ultraspurenelemente bezeichnet werden, liegen in Einzelfuttermitteln in Gehaltsbereichen vor, die ein Vielfaches über den Aufnahmemengen liegen, so dass eine Supplementierung nicht erforderlich ist.

Die supplementierungsbedürftigen Spurenelemente zählen zu den sog. Übergangsmetallen, die aufgrund ihrer speziellen Elektronenkonfiguration im Stoffwechsel mit Liganden Komplexbildungen eingehen können, die erst durch den spezifischen Einbau ihre biologischen Funktionen erhalten. Einige dieser Funktionen sind in Abbildung 2 ausgewiesen.

Abb. 1

Essentielle  
Mineral-  
stoffe in der  
Rinderfüt-  
terung

- 7 Mengenelemente (> 100 mg/kg Lebendmasse)
  - Calcium (Ca), Phosphor (P), Kalium (K), Natrium (Na), Chlorid (Cl), Magnesium (Mg), Schwefel (S)
- 18 Spurenelemente (< 100 mg/kg Lebendmasse)
  - supplementierungsbedürftig  
Eisen (Fe), Mangan (Mn), Zink (Zn), Kupfer (Cu), Jod (J), Kobalt (Co), Selen (Se)
  - nicht supplementierungsbedürftig (Ultraspurenelemente)  
Molybdän (Mo), Chrom (Cr), Zinn (Zn), Vanadium; (Vd), Fluor (F), Silizium (Si), Nickel (Ni), Arsen (Ar), Aluminium (Al), Blei (Pb), Rubidium (Rb)

Abb. 2

Gesund-  
heits- und  
leistungs-  
relevante  
element-  
spezifische  
Funktionen  
der Spuren-  
elemente

- Eisen – Blutbildung, Sauerstofftransport, Energieumsatz
- Mangan – Skelettentwicklung, Fortpflanzung, Kohlenhydrat-, Fettstoffwechsel, Immunfunktion
- Zink – Zell-Stoffwechsel, Wachstum, Hautbildung, Wundheilung, Hormonhaushalt, Wasser-Kationenbilanz, Immunfunktion
- Kupfer – Skelettentwicklung, Blutbildung, Pigmentierung und Keratinisierung von Haar/Wolle, Fruchtbarkeit
- Selen – Fortpflanzung, Schilddrüsenfunktion, Entgiftung
- Jod – im Schilddrüsenhormon, Regulierung des Stoffwechsels und Energiehaushaltes

Insgesamt übernehmen die Spurenelemente damit spezifische Aufgaben im Stoffwechsel, die bei unzureichender Versorgung zu erheblichen gesundheits- und leistungsrelevanten Beeinträchtigungen führen können. Die dabei auftretenden Symptome sind allerdings meist überwiegend subklinisch und leider selten element-spezifisch (z. B. Immunsuppression, Leistungsrückgang, Fruchtbarkeitsstörungen). Aufgrund ihrer Elektronenkonfiguration können die auch als 2wertige Kationen auftretenden Spurenelemente jedoch bereits in den Vormägen und im Dünndarm, dem hauptsächlichen Resorptionsort, Komplexbildungen mit anderen chymalen Substraten eingehen, wie z. B. Strukturkohlenhydrate, Phosphate, Sulfide, Oxalate, die auf-

grund ihrer Größe bzw. geringeren Löslichkeit zum Teil nicht mehr resorptionsfähig sind (HENNING, 1972). Die bekanntesten Beispiele sind Sulfide, die mit Kupfer und Molybdän schwerlösliche Kupfer-Komplexe bilden können, die offensichtlich durch gleichzeitig hohe Eisengehalte in der Ration bzw. Tränke noch verstärkt werden (SPIEKERS et al. 1991). Entsprechend liegen die gemittelten Resorptionsraten der supplementierungsbedürftigen Spurenelemente aus Einzelfuttermitteln mit Ausnahme von Jod (25-55%) nur zwischen 1 und 10% und damit deutlich niedriger als die anderer Nährstoffe. Andererseits weisen Spurenelemente aufgrund ihrer Eigenschaft als Übergangsmetalle auch ein erhebliches toxisches Potential auf, da die spezifischen funktionellen Proteine bei übermäßiger Zufuhr durch unkontrollierte Komplexbildungen ihre physiologische Funktion einbüßen können. Entsprechend müssen auch Obergrenzen für die Toxizität Berücksichtigung finden. Diese spielen aber in der praktischen Fütterung keine Rolle, da die hierfür ausgewiesenen Schwellenwerte unter normalen Fütterungsbedingungen fast nie erreicht werden.

Zur weitestgehenden Minimierung möglicher, durch die variierende Aufnahme bedingter funktioneller Störungen unterliegen die Wechselwirkungen der spezifischen Trägerproteine einer strengen Regulation, die vor allem durch Anpassung der Absorption sowie der Deponierung und Mobilisation bzw. der Ausscheidungskapazität in begrenztem Umfang erzielt werden kann. Die Zusammenhänge sind in Abbildung 3 schematisiert dargestellt. Diese homöostatischen Regulationsmechanismen (KIRCHGESSNER, 1993) erschweren allerdings das Controlling der aktuellen Versorgungslage insbesondere über das Blut, da die Gehalte auch bei unzureichender Aufnahme innerhalb eines begrenzten elementspezifischen Zeitfensters zunächst noch innerhalb der jeweiligen Referenzbereiche gehalten werden können. Eine zu geringe Aufnahme an Spurenelementen spiegelt sich damit zunächst nicht unmittelbar in klinischen Symptomen wider, was den Nachweis marginaler bzw. defizitärer Versorgungslagen zusätzlich erschwert.

Die Aufnahme an Spurenelementen erfolgt in erster Linie über die Futtermittelpflanzen. Die Spurenelementgehalte der Futtermittelpflanzen werden von Art und Umfang der im Boden verfügbaren Mineralstoffe sowie weiteren geogenen, klimatischen, botanischen und anthropogenen Faktoren (z. B. pH-Wert Düngung, Niederschlag, Emissionen, Pflanzenart, Nutzungszeitpunkt) beeinflusst. Entsprechend lassen die Gehaltsbereiche in den Futtermittelpflanzen eine große Schwankungsbreite erkennen.



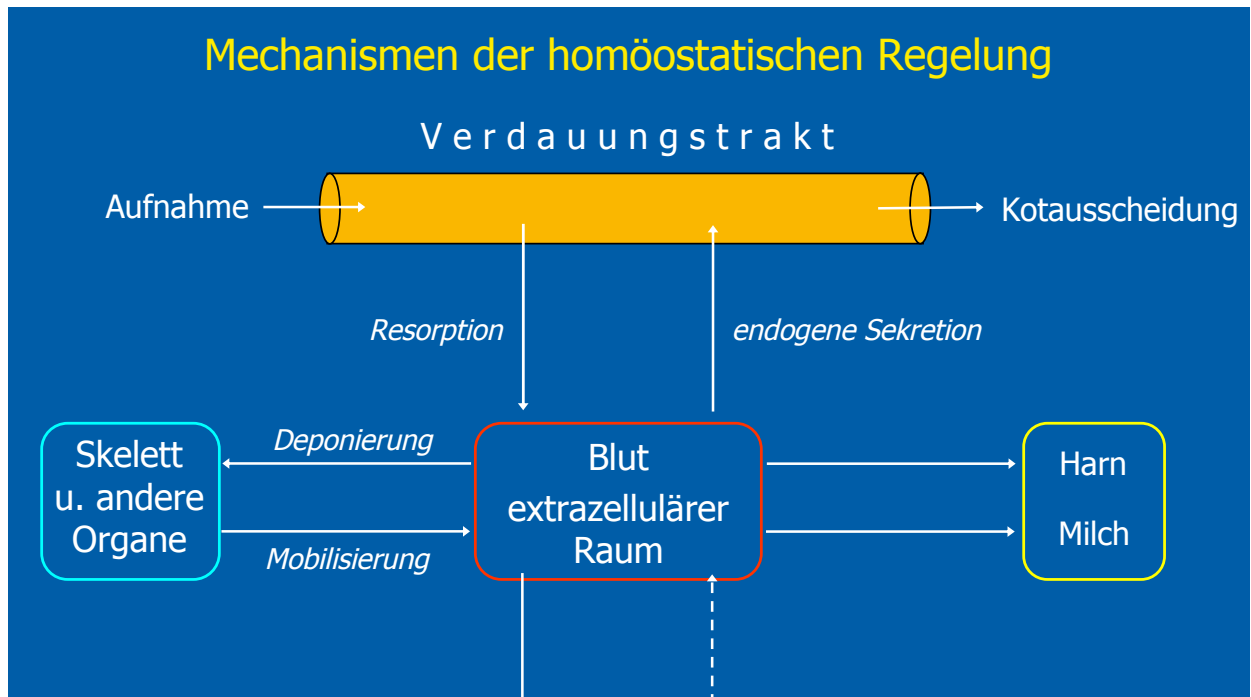


Abb. 3 Mechanismen der homöostatischen Regelung

Da die Aufnahme an essentiellen Spurenelementen über die Futterpflanzen, von wenigen Ausnahmen abgesehen, nicht den Bedarfsempfehlungen entspricht, bedürfen die fehlenden Anteile einer Supplementierung. Diese orientiert sich an den Bedarfsempfehlungen, die überwiegend über Dosis-Wirkungsuntersuchungen unter Verwendung anorganisch gebundener Bindungsformen abgeleitet wurden. Da die Effekte aber sowohl von der Art des gewählten Kriteriums (z. B. Milchleistung, Futterverwertung, Enzymaktivität, Retention) als auch von der zugrunde gelegten Rationsformulierung, der Elementbindungsform und dem gewählten Dosierungsrahmen beeinflusst werden, können keine exakten Angaben sondern nur Empfehlungen unter Einbeziehung von Sicherheitszuschlägen zum Ausgleich modifizierender Faktoren angegeben werden. Diese schließen fütterungsbedingte (z. B. Strukturkohlenhydrate, Passagerate, Phytate, Polyphenole, Glukosinolate, pH-Wert, Redoxpotential im Pansen und Dünndarm), elementspezifische (z. B. Verfügbarkeit der Bindungsform) sowie tier- und haltungsbedingte Faktoren (z. B. Alter, Leistungsstatus, Stallklima, Besatzdichte) ein, die in den aktuellen Bedarfsempfehlungen für Aufzuchtrinder und Milchkühe (trockenstehend, laktierend) der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE, 2001) ausreichend berücksichtigt wurden (Tab. 1). Allerdings gelten diese Empfehlungen nicht für erkrankte Tiere und nicht unter deutlich von der Norm abweichenden Haltungs- und Fütterungsbedingungen (z. B. mangelnder Kuhkomfort, Hygienemängel, Strukturmängel, Nährstoffdefizite). Der dabei u. a. durch oxidativen Stress bedingte Mehrbedarf wurde bisher nicht systematisch untersucht. Man unterstellt, dass hohe Stressbelastungen (z. B. Krankheit) einen um das 1,5

bis 2fache höheren Spurenelementbedarf zur Folge haben können. Inwieweit der durch Stressfaktoren bedingte Mehrbedarf bei der Fütterung zu berücksichtigen ist, hängt von der Dauer der Erkrankung bzw. Stresswirkung und der Effizienz der homöostatischen Regulationsmechanismen ab und muss im Einzelfall entschieden werden.

	Aufzuchtrinder	Milchkühe trockenstehend/laktierend
Eisen	50	50
Kobalt	0,20	0,20
Kupfer	10	10
Mangan	40 - 50	50
Zink	40 - 50	50
Jod	0,25	0,50
Selen	0,15	0,20

Tab. 1

Empfehlungen zur Versorgung von Aufzuchtrindern und Milchkühen mit Spurenelementen in mg/kg Futter-Trockenmasse (GfE, 2001)

### Realisierung der Bedarfsdeckung

Die Realisierung der Bedarfsempfehlungen in der Fütterungspraxis setzt die in der folgenden Übersicht (Abb. 4) ausgewiesenen Arbeitsschritte voraus.

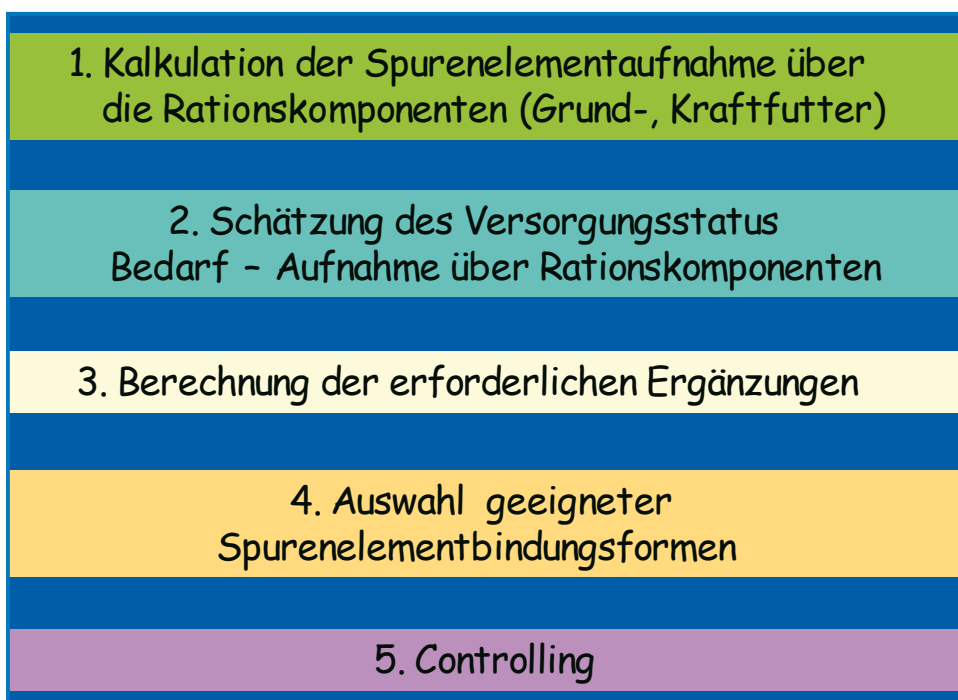


Abb. 4

Schritte zur Realisierung der Bedarfsdeckung an Spurenelementen

Problematisch ist die Einschätzung der Spurenelementaufnahme über die jeweils in den Rationen eingesetzten Einzelfuttermittel. Betriebsspezifische Analysendaten wären dafür ideal, sie werden aber leider bisher nur von wenigen Betrieben routinemäßig erfasst. Aktuelle Werte aus der Region schränken die üblicherweise vorliegenden Gehaltsschwankungen zwar ein, sie können jedoch für den jeweiligen Betrieb nur als Orientierungshilfe dienen. Entsprechendes trifft auch für die Tabellenwerte zu. In Tabelle 2 sind auszugsweise die Mittelwerte und Variationsbereiche für ausgewählte Einzel- und Mischfuttermittel ausgewiesen.

*Tab. 2 Spurenelementgehalte in Einzel- und Mischfuttermitteln, auf der Grundlage von Tabellenwerten (DLG, 1973; JEROCH et al., 1993; 1999; KIRCH-GESSNER, 2004)*

Futtermittel	Mn (mg/kg TM)	Zn (mg/kgTM)	Cu (mg/kg TM)
Grassilage 1. Schnitt	91 (34 - 246)	33 (16 - 152)	6 (2,1 - 14)
Grassilage Folgeschnitte	121 (21 - 1281)	34 (17 - 74)	6 (2 - 11)
Maissilage	21 (12 - 55)	27 (12 - 69)	5 (0,7 - 9)
Getreide - GPS	55 (16 - 204)	37 (18 - 161)	11 (4 - 89)
Heu 1. Schnitt	74 (32 - 228)	24 (18 - 33)	4 (1 - 8)
Heu Folgeschnitte	75 (27 - 168)	31 (15 - 45)	5 (2 - 18)
Getreide (Weizen, Gerste, Mais)	20 (7 - 30)	28 (15 - 78)	4 (2 - 10)
Sojaextraktionsschrot	33 (22 - 55)	70 (45 - 88)	19 (14 - 25)
Rapsextraktionsschrot	75 (58 - 85)	74 (60 - 80)	6 (4 - 12)
Milchleistungsfutter	40 - 150	50 - 150	9 - 35
Mineralfutter (g/kg)	0,8 - 7,5	1,8 - 10,0	0,6 - 2,0

Die Einschätzung der nativen Spurenelementaufnahme ist entscheidend für die Berechnung der Versorgungslage und des sich hieraus ergebenden Supplementierungsbedarfes. Die Auswirkungen der jeweiligen tabellierten Bezugsgrößen (Mittelwerte, untere bzw. obere Gehaltsbereiche) auf die Zusammensetzung des Mineralfutters sind in Tabelle 3 modellhaft am Beispiel einer TMR, berechnet für eine Milchkuh mit 30 Litern Milchleistung und einer Mineralfuttermittelaufnahme von 150 g je Tier und Tag, zusammengefasst. Diesen auf die native Aufnahme ausgerichteten Spurenelementgehalten im Mineralfutter sind die Gehalte in empfohlenen bzw. in von uns analysierten praxisüblichen Mineralfuttermitteln ohne Berücksichtigung

der nativen Spurenelementaufnahme gegenübergestellt. Die Verwendung der Mittelwerte als Datengrundlage bietet zwar ausreichende Sicherheit für die Versorgungslage im oberen Gehaltsbereich, führt aber zu einer bedarfsunterschreitenden Versorgung im unteren Gehaltsbereich. Die üblichen Empfehlungen für die Zusammensetzung der Mineralfutter unter besonderer Berücksichtigung umweltrelevanter Aspekte (SPIEKERS, 2007) decken die Versorgung im oberen und mittleren Gehaltsbereich teilweise deutlich bedarfsüberschreitend, im unteren Gehaltsbereich aber nur bedarfsunterschreitend ab. Zur Absicherung der Versorgung erscheint es daher zunächst nur konsequent, dass bei der Konzeption der Spurenelementgehalte in den praxisüblichen Mineralfuttermitteln für Rinder die unteren Gehaltsbereiche unterstellt werden, bzw. grundsätzlich Ausgleiche ohne Berücksichtigung der nativen Spurenelementaufnahme vorgenommen werden. So erklären sich die teilweise sehr hohen Spurenelementgehalte in den von unserem Institut stichprobenartig geprüften Mineralfuttermitteln für Milchkühe.

Vereinfachend wurde bei der Modellrechnung unterstellt, dass alle Spurenelemente gleichmäßig auf die jeweiligen Gehaltsebenen verteilt sind. Dies ist jedoch in der Fütterungspraxis nur selten der Fall. Häufig liegen einige Spurenelemente im oberen, andere dagegen im unteren oder im mittleren Gehaltsbereich. Wie sich diese zusätzlichen Modifikationen auf die Spurenelementaufnahme insgesamt auswirken, ist in Abbildung 5 auf der Grundlage der Untersuchungsergebnisse von STEINHÖFEL (2007) für verschiedene leistungsspezifische TMR (einschließlich Mineralfutterergänzung) von insgesamt 44 Milchkuhbetrieben dokumentiert.

Danach ist aufgrund der unzureichenden Berücksichtigung der nativen Spurenelementgehalte bei der Mineralfutterkonzeption, von wenigen Ausnahmen abgesehen, überwiegend eine deutliche bedarfsüberschreitende Aufnahme an Spurenelementen festzustellen. Zur Einschätzung der damit verbundenen Überversorgung sind in Tabelle 4 die Rahmenbedingungen für die Fütterung von Spurenelementen bei Rindern zusammengefasst.

Tab. 3 Mineralfutterkonzepation ohne und mit Berücksichtigung der nativen Spurenelementgehalte am Beispiel einer TMR\* für Milchkühe mit 150 g Mineralfutter je Tier und Tag

	Fe	Mn	Zn	Cu	I	Co	Se
• mit Berücksichtigung nativer Spurenelementgehalte							
- untere Gehalte	(0)	2700	3300	870	38	17	25
- obere Gehalte	(0)	0	0	0	0	0	15
- gemittelte Gehalte	(0)	0	760	160	10	4	20
• ohne Berücksichtigung nativer Spurenelementgehalte							
- Fütterungsberatung	(0)	1300	2000	470	33	14	20
- Fütterungspraxis	1500 bis 6000	1500 bis 5000	2000 bis 10000	500 bis 2000	15 bis 50	8 bis 35	15 bis 50

\* 650 kg LM, 30 Liter Milch: 6 kg TM Grassilage, 7 kg TM Maissilage, 2 kg Weizenkleie, 1,5 kg Trockenschnitzel, 2,5 kg Raps-, 2 kg Sojaextraktionsschrot

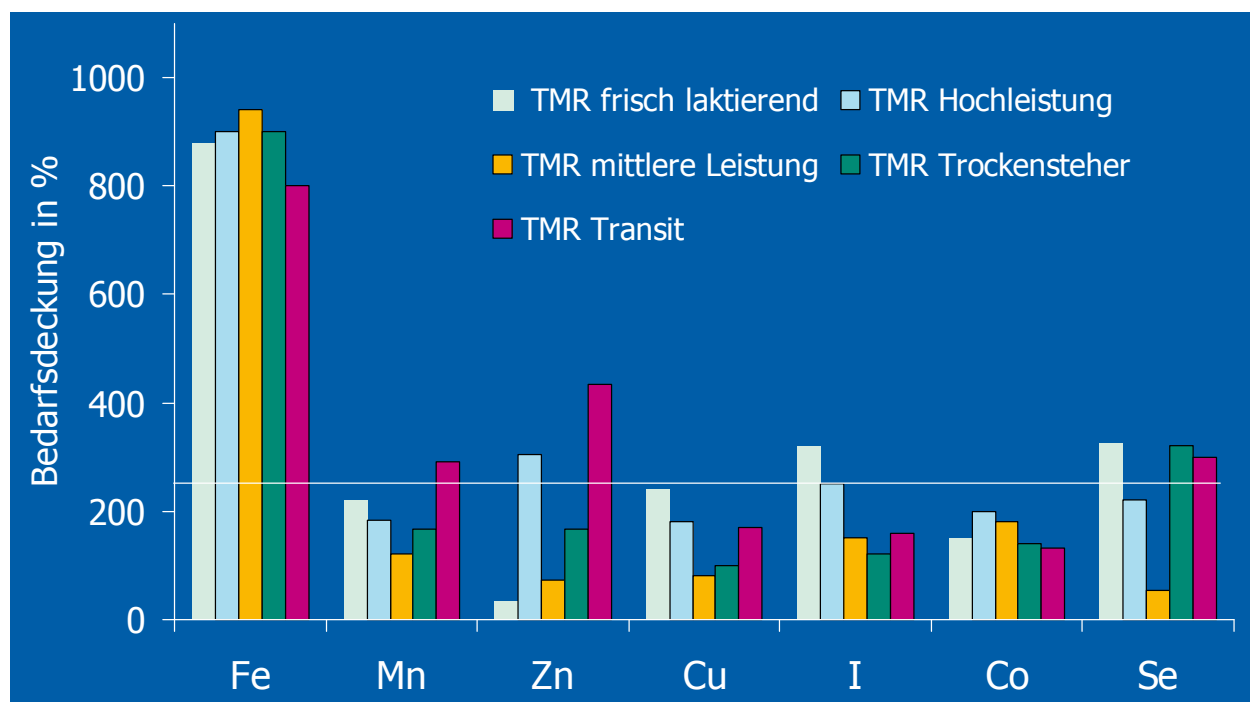


Abb. 5 Spurenelementaufnahme über TMR (einschl. Mineralfutter) auf der Grundlage von 44 Referenzbetrieben im Vergleich zum Bedarf (= 100%), modifiziert nach STEINHÖFEL, 2007

Tab. 4 Rahmenbedingungen für die Fütterung von Spurenelementen bei Rindern  
(Angaben in mg/kg Futter TM bzw. 88% TM)

	Bedarf Milchkuh	Höchstgehalte EU 1334/2003 (88% TM)	Toxizität	Toleranzschwelle Interaktionen
Eisen	50	750	> 2500	350
Kobalt	0,20	2	> 80	> 10
Kupfer	10	35	100 (Rinder)	> 100
Mangan	50	150	> 800	> 550
Zink	50	150	> 300	> 100
Jod	0,50	5	> 35	> 20
Selen	0,20	0,50	> 4	> 2

### Höchstgehalte und Toleranzschwellen für Interaktionen

Die supplementierungsbedürftigen Spurenelemente sind futtermittelrechtlich als Futtermittelzusatzstoffe definiert und unterliegen damit, sofern über die Ration zugesetzt, den für Alleinfuttermittel (TMR + mineralische Ergänzung = Alleinfutter) festgelegten Höchstgehalten, die sich auf den Gesamtgehalt im lufttrockenen Alleinfutter (88% Trockenmasse) beziehen. Überschreitungen der Höchstgehalte sind nur dann ohne futtermittelrechtliche Relevanz, wenn die betreffenden Spurenelemente nicht zugesetzt sind, und die Aufnahme damit ausschließlich über die Einzelfuttermittel erfolgt. Die Höchstgehalte wurden im Hinblick auf die Verringerung der Einträge von Spurenelementen bzw. Schwermetallen im Wirtschaftsdünger und damit auf landwirtschaftliche Flächen in den letzten Jahren neu festgesetzt und liegen derzeit etwa um das 3fache höher als die Bedarfsempfehlungen und damit noch deutlich unter den vergleichend ausgewiesenen Toxizitätsschwellen (ARC, 1980; GfE, 2001; NRC, 2001). Problematischer sind jedoch die Toleranzschwellen für Spurenelemente, die im Falle der Überschreitung zu einer Verfügbarkeitsbeeinträchtigung (Absorption, Stoffwechsel) einzelner bzw. mehrerer Spurenelemente führen. Mit Ausnahme von Eisen und Zink liegen diese über den futtermittelrechtlich festgelegten Höchstgehalten. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass auch bedarfsüberschreitende Mengenelement- und Molybdängehalte in der Gesamtration (je kg Futtertrockenmasse: > 12 g Ca; > 8 g P; > 2 g S; > 2 g Mg; > 25 g K; > 2 mg Mo) oder andere Futterkom-

ponenten, wie z. B. Schwermetalle, negative Wechselbeziehungen mit Spurenelementen verursachen können (ARC, 1980, NRC, 1980; GfE, 2001, MÄNNER und LAIBLIN, 1998). Auszugsweise sind in Abbildung 6 mögliche Wechselwirkungen dargestellt.

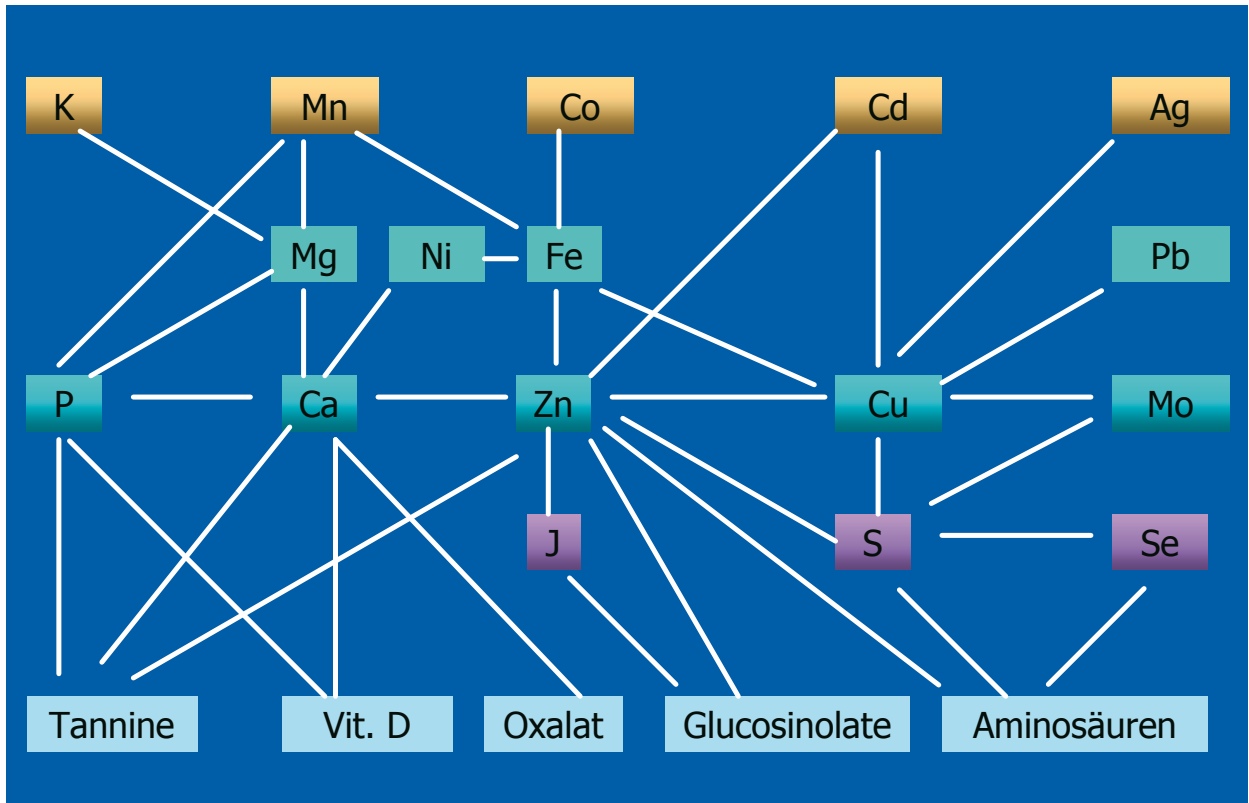


Abb. 6 Wechselwirkungen von Nährstoffen mit antagonistischer Relevanz (Beispiele)

In Abbildung 7 sind die sich bei überhöhter Aufnahme nachteilig auf die Bioverfügbarkeit von Zink, Kupfer und Selen auswirkenden Mineralstoffe ausgewiesen. Sehr hohe Eisengehalte können vor allem in Silagen durch Verunreinigungen mit Erde auftreten. Obwohl Eisen im Boden und teilweise auch im Tränkewasser überwiegend als unlösliches Oxid vorkommt, ist dies für das verfügbarkeitsbeeinträchtigende Potential von Eisen offensichtlich ohne Relevanz (SUTTLE et al., 1984).

In Abbildung 8 sind die von STEINHÖFEL (2007) untersuchten TMR für Hochleistung, Trockensteher und Transit im Hinblick auf die Höchstgehalte und Toleranzschwellen für antagonistische Effekte bewertet.

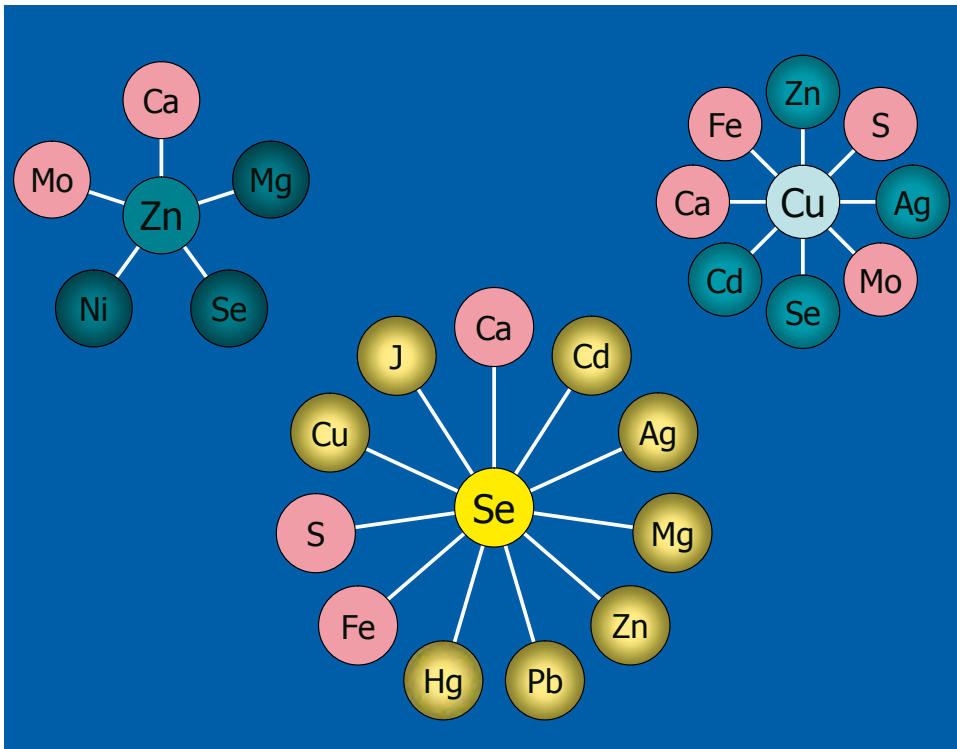


Abb. 7

Verfügbarkeitsbeeinträchtigungen von Zink, Kupfer und Selen durch Wechselwirkungen

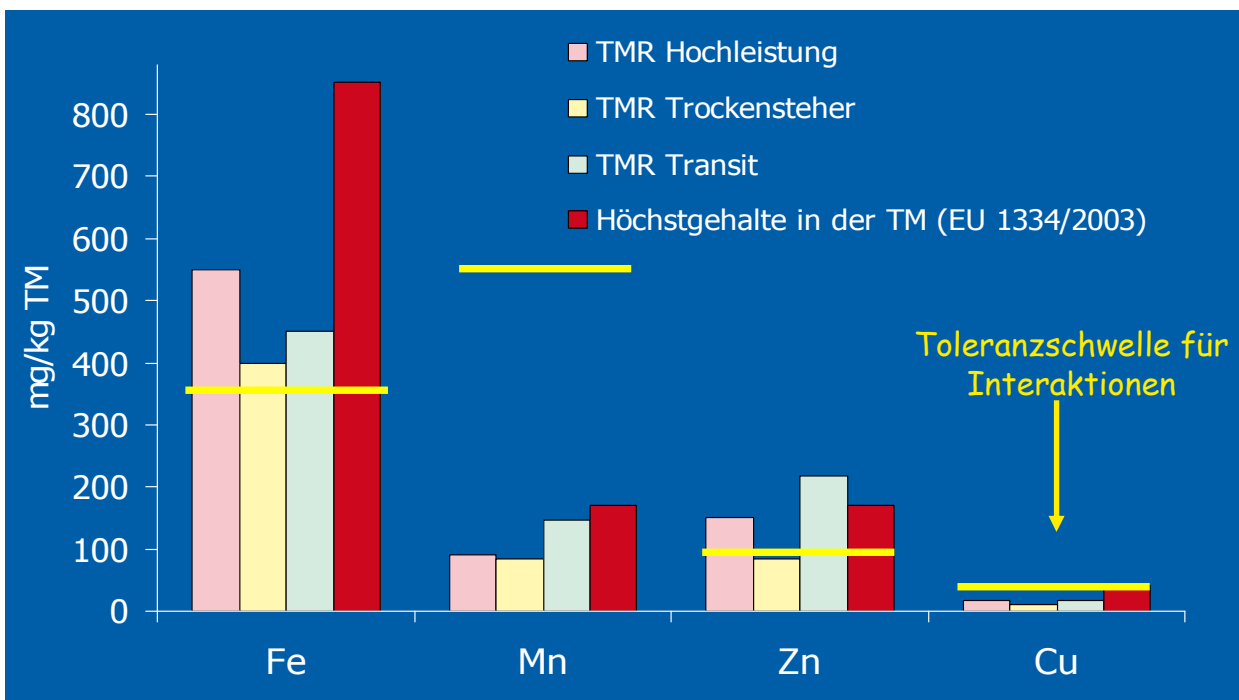


Abb. 8 Bewertung der TMR von 44 Referenzbetrieben in Bezug auf die Rahmenbedingungen (modifiziert nach STEINHÖFEL, 2007)

Die Gesamtaufnahme an Spurenelementen überschreitet danach, von wenigen Ausnahmen abgesehen, deutlich die jeweiligen elementspezifischen Bedarfsbereiche. Auf Eisen und Zink bezogen liegt die Aufnahme sogar über der Toleranzschwelle für die Auslösung antagonistischer Effekte. Die Kupfer-Gehalte bewegen sich bereits im Grenzbereich. Für Zink werden sogar in einzelnen TMR die futtermittelrechtlichen Höchstgehalte überschritten. Diese Auswertungen sind sicherlich nicht reprä-



sentativ. Unstrittig ist jedoch, dass eine nicht auf die native Spurenelementaufnahme ausgerichtete Mineralfutterkonzeption unter umwelt-, gesundheits- und leistungsrelevanten Aspekten mit nicht unerheblichen Risiken verbunden sein kann.

Ein weiterer möglicher Risikofaktor für die potentielle Überschreitung der Toleranzschwellen kommt den Mineralstoffgehalten im Tränkewasser zu, zumal Milchkühe bis zu 120 Liter Wasser je Tier und Tag aufnehmen können. Als relevante Mineralstoffe mit möglichen antagonistischen Eigenschaften sind insbesondere Kalzium, Schwefel, Eisen, Zink und Molybdän in Betracht zu ziehen. Unterstellt, dass je Tier und Tag 100 Liter Wasser mit Mineralstoffgehalten von 1,2 g Ca, 0,2 g Fe, 60 mg Zn oder 0,5 mg Mo je Liter aufgenommen werden und die Futtertrockenmasseaufnahme je Tier und Tag 23 kg beträgt, liegt die Spurenelementaufnahme ausschließlich über die Tränke ohne Berücksichtigung der über das Futter eingebrachten Mineralstoffe bereits bei 5,2 g Ca, 870 mg Fe, 261 mg Zn oder 2,2 mg Mo je kg Futtertrockenmasse und damit zumindest teilweise bereits über den Toleranzschwellen. In vielen der von uns untersuchten Betriebe werden die hier beispielhaft unterstellten Werte deutlich übertroffen. So konnten wir auf Eisen und Schwefel bezogen sogar Gehalte von bis zu 1,8 und 2 g je Liter nachweisen. Auch Milchleistungsfutter und andere mineralisierte Kraftfuttermischungen können erheblich zu einer Überversorgung und damit Überschreitung von Toleranzschwellen beitragen. Wie in Tabelle 2 dokumentiert, liegen die Gehalte nicht selten im Bereich der futtermittelrechtlich zulässigen Höchstgehalte. Nicht zuletzt unter Berücksichtigung der hohen Zuteilungsmengen dieser Mischfuttermittel gerade bei Hochleistungskühen sollten die Spurenelementgehalte ausschließlich im oder besser sogar unterhalb der Bedarfsempfehlungen je kg Futtertrockenmasse liegen. Auch bei der häufig praktizierten bedarfsüberschreitenden Supplementierung einzelner Spurenelemente zwecks Ausnutzung ergotroper Effekte ist zumindest bei längerfristiger Verabreichung neben futtermittelrechtlichen Aspekten (nach EU 1334/2003 verboten) auch die Überschreitung der Toleranzschwellen für die Auslösung antagonistischer Effekte zu bedenken. Eventuelle Sondereffekte von Spurenelementen (z. B. Zn) werden vor allem in Verbindung mit einer Senkung der Zellzahl der Milch und verbesserter Klauengesundheit diskutiert. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass positive Einflüsse meist nur dann erreicht wurden, wenn zuvor das jeweilige Element im Defizit war. Hinzu kommt, dass systematisch angelegte Untersuchungen für ergotrope Effekte von Spurenelementen bei Milchkühen nicht vorliegen. Auch mit dem Einsatz von sog. »slow-release« mineralisierten Boli können ohne Einbeziehung der nativen Spurenelementaufnahme Überschreitungen der futtermittelrechtlich festgelegten Höchstgrenzen oder zumindest der Toleranzschwellen für antagonistische Interaktionen nicht ausgeschlossen werden.

Als ursächlich für die defizitäre Spurenelementversorgung ist somit nicht nur eine zu geringe (primärer Mangel) sondern insbesondere auch eine die Toleranzschwelle für antagonistische Effekte übersteigende Aufnahme anzusehen. Andererseits können Beeinträchtigungen der Verfügbarkeit von Spurenelementen (sekundärer Mangel) auch durch weitere chymale Substrate (u.a. Fasern, Oxalate, Sulfide) sowie durch eine nicht wiederkäuergerechte Rationsgestaltung (u.a. RNB > 50g; Strukturangel) bzw. durch gastrointestinale Erkrankungen ausgelöst werden (s. Abbildung 9).

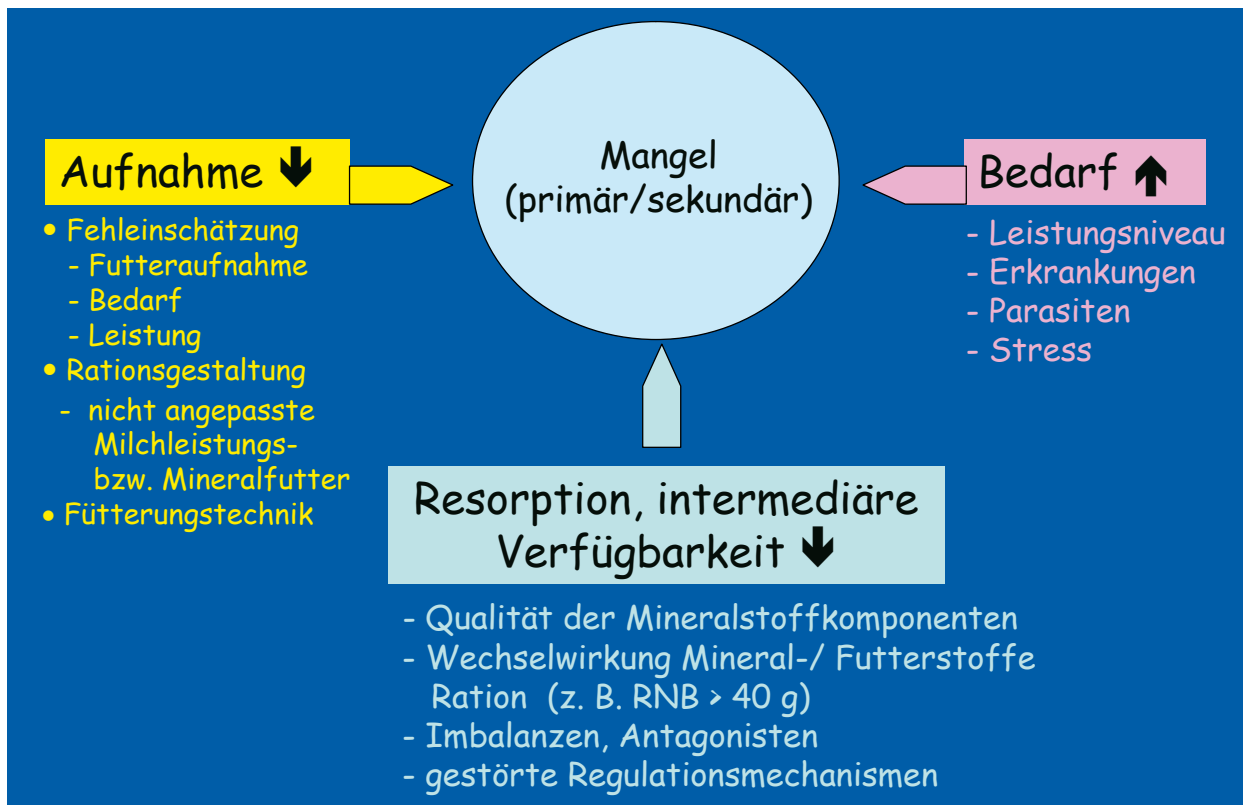


Abb. 9 Ursachen von Spurenelement-Mangelkrankungen (Beispiele)

Erste Anzeichen einer Spurenelementmangelkrankung sind in Abbildung 10 ausgewiesen. Mit Entleerung der funktionellen Speicher können sich häufig spezifische Funktionsstörungen manifestieren, die allerdings seltener elementspezifisch auftreten, da meist mehrere Spurenelemente betroffen sind.

- erste Anzeichen

- Rückgang der Milchleistung im Verhältnis zum Rationspotential
- Fruchtbarkeitsstörungen
- leicht reduzierte Futtermittelaufnahme
- Wachstumsdepression (z. B. Kälber, Färsen)
- verminderter Allgemeinzustand
- stumpfes mattes Haarkleid
- erhöhte Krankheitsanfälligkeit
- Verhaltensanomalien (Allotriophagie, Harntrinken)

Abb. 10  
Subklinische  
Auswirkungen  
einer defizitären  
Versorgung mit  
Spurenelementen

Die anfänglich sehr unspezifischen leistungs- und gesundheitsrelevanten Symptome spiegeln die Reaktionsabläufe im Organismus bei defizitärer Spurenelementaufnahme wider. Wie sich eine unzureichende Spurenelementversorgung auf das Tier auswirkt, lässt sich schematisch in Abbildung 11 nach LARSON (2005) darstellen. Dabei können unterschiedliche Prioritäten aufgezeigt werden. Immunität, Enzymfunktionen und Leistungsniveau sind zunächst stärker betroffen als die Reproduktionsleistung. Diese Rangfolge erklärt die zunächst unspezifischen Anzeichen einer Mangelversorgung.

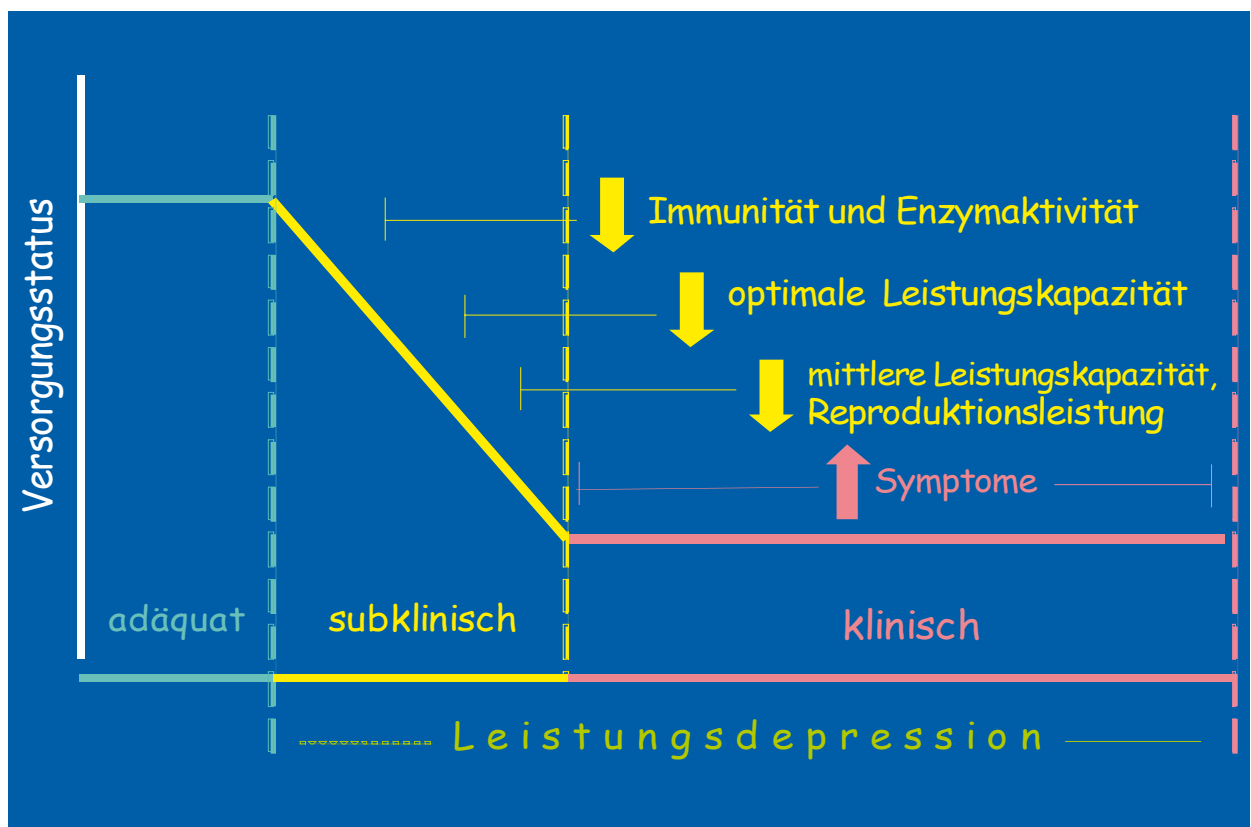


Abb. 11 Auswirkungen und Prioritäten einer defizitären Spurenelementversorgung

## Spurenelementbindungsformen

Die punktgenaue Versorgung mit Spurenelementen setzt allerdings neben der genauen Kenntnis der nativen Gehalte und der Vermeidung von Imbalancen bzw. verfügbarkeitsbeeinträchtigenden Faktoren den Einsatz hochwertiger und hochverfügbarer Spurenelementquellen voraus. Hierfür sind sowohl anorganische (Karbonate, Oxide, Sulfate, Chloride) als auch organische Bindungsformen für Eisen, Mangan, Zink, Kupfer, Selen (org. nur als Selenhefe) zugelassen. Als organische Bindungsformen stehen derzeit hydrolysiertes GMO-freies Sojaprotein oder die Aminosäure Glycin als Liganden zur Verfügung, sofern das molare Verhältnis zwischen Mineralstoff und Ligand von 1:3 nicht überschritten wird (EG 479/2006). Als organische Bindungsformen können spezifische Aminosäurekomplexe (Fe-, Cu-, Mn-, Zn-Glycinat, Cu-, Zn-Methionat) sowie Chelate, bei denen an der Bindungsform mehrere Aminosäuren beteiligt sind (Fe-, Cu, Mn-, Zn-Chelat) und inaktivierte Selenhefe eingesetzt werden. Der wesentliche Unterschied zwischen organischen und anorganischen Bindungsformen liegt in der Tatsache begründet, dass bei den organischen Bindungsformen aufgrund der elektrischen Neutralität Wechselwirkungen mit chymalen organischen und anorganischen Substraten nicht oder nur in geringem Umfang auftreten können (AMMERMANN et al., 1995). Entsprechend kommt gerade unter den Bedingungen einer Verfügbarkeitsbeeinträchtigung den org. Bindungsformen eine große Bedeutung zu (SCHENKEL, 2000; SPEARS, 2007; MÄNNER und LAIBLIN, 1998). In Tabelle 6 ist die im Vergleich zu anorganischen Bindungsformen geringere Beeinflussung der Bioverfügbarkeit am Beispiel einer antagonistische Effekte auslösenden hohen Molybdänzufuhr und Supplementierung mit Cu-Glycinat vergleichend zu Cu-Sulfat dargestellt. Hierbei zeichnet sich auf die Kupfer-Gehalte in der Leber und im Plasma sowie auf die spezifische Kupfer-Enzymaktivität bezogen eine deutliche Überlegenheit des Cu-Glycinats ab.

Die vergleichend zu anorganischen Bindungsformen höhere Bioverfügbarkeit hat nicht nur einen verbesserten Spurenelementstatus bei defizitären Tieren zur Folge, sondern erlaubt auch, die Höhe der Supplementierung deutlich zurückzunehmen und somit bei gleicher Spurenelementversorgung den Austrag von Spurenelementen über wirtschaftseigene Dünger zu reduzieren. Weitere Zielsetzungen sind spezielle gesundheits- oder fruchtbarkeitsrelevante Effekte in Dosierungsbereichen, die als Folge der verbesserten Verteilungskinetik bei gleicher Effizienz weit unter denen der anorganischen Bindungsformen liegen. Die möglichen Vor- und Nachteile organischer Bindungsformen sind in Abbildung 12 ausgewiesen.

Tab 5 Relative Bioverfügbarkeit (Cu-Sulfat = 100%) von Kupfer bei Kühen unter den Bedingungen hoher Molybdängehalte im Futter (SPEARS, 2007)

Parameter	Cu-Sulfat	Cu-Glycinat	
		2 mg Mo/kg TM	6 mg Mo/kg TM
Cu-Leber	100	131	150
Cu- Plasma	100	140	144
Cu-Enzymaktivität	100	140	156

- Vorteile
  - Verfügbarkeit ↑
    - \_ Reduktion der Sicherheitszuschläge
    - \_ Verminderung der fäkalen Verluste
    - \_ geringere Belastung des Bodens und Wassers
  - Retention in Organen und Produkten ↑
  - plazentarer Transport ↑
    - \_ höhere fötale Speicherkapazität (z. B. für Fe, Se)
  - Immunität (unspezifisch, spezifisch) ↑
- Risiken
  - partieller Mangel durch ungleiche Verteilung (?)
  - Anreicherung in tierischen Produkten

Abb. 12 Bewertung organisch gebundener Spurenelemente im Vergleich zu anorganischen Bindungsformen

Da die organischen Spurenelementverbindungen vermutlich über Aminosäure-Carrier resorbiert und im Stoffwechsel verteilt werden, ist nicht auszuschließen, dass die an Aminosäuren gebundenen Spurenelemente bei Milchkühen primär für die Milchproteinsynthese genutzt werden und somit als Folge der ungleichen Verteilung für spezifische Metalloenzyme im Stoffwechsel nicht mehr in ausreichendem Maße zur Verfügung stehen. Auch die Bedarfsableitung über Dosis-Wirkungsbeziehungen kann sich aufgrund der Einlagerung in Proteine schwierig gestalten, da sich mit zunehmender Dosierung die Retentionsrate im tierischen Gewebe erhöht. Damit nimmt gleichzeitig das Risiko überhöhter Gehalte in tierischen Produkten zu, sofern die organisch gebundenen Spurenelemente nicht in geringerer Dosierung eingesetzt werden. Derzeit finden organische Bindungsformen im Mineralfutter nur im Austausch gegen entsprechende Anteile an anorganischen Bindungen unter weitestgehender Konstanzhaltung der Spurenelementkonzentrationen Anwendung. Die gleichzeitige Reduktion der Spurenelementgehalte im Mineralfutter bei kombinierter Zusammensetzung bzw. ausschließlicher Verwendung organischer Bindungsformen bedarf jedoch noch einer weiteren Absicherung unter praktischen Fütterungsbedingungen.

## Controlling

Ein weiterer unverzichtbarer Aspekt bei der Realisierung der Bedarfsdeckung ist die Überprüfung des Versorgungsstatus (Controlling). Als Beurteilungskriterien dienen unspezifische Parameter wie Milchleistung, Futteraufnahme, Fruchtbarkeit und Aussehen der Tiere. Bei Abweichungen von den zugrunde gelegten Zielgrößen sind zunächst eine Überprüfung der Ration hinsichtlich der Spurenelementversorgung mittels Berechnung bzw. Futteranalyse und, im Verdachtsfalle, Analysen der Spurenelementgehalte in Blut, Haaren und Organen in Betracht zu ziehen. Diskrepanzen zwischen Rationsberechnung bzw. -analyse und den tierbezogenen Analysenwerten, wie z. B. hohe Aufnahmewerte für Kupfer über die Ration und gleichzeitig unterhalb der jeweiligen Referenzbereiche liegende Kupfer-Konzentrationen im Blutplasma oder Deckhaar, können immer als Hinweis für mögliche negative Wechselwirkungen durch Überschuss anderer Mineralstoffe (u. a. Ca, S, Fe, Mo) gewertet werden.

## Fazit

Schlussfolgernd bleibt festzustellen, dass bei der derzeitigen Fütterungspraxis, mit Verwendung von Mineralfuttermitteln bzw. mineralischen Ergänzungen ohne Berück-

sichtigung der nativen Spurenelementaufnahme, neben Versorgungsdefiziten auch teilweise erhebliche Überversorgungen auftreten können, die gleichermaßen als ursächlich für negative gesundheits- und leistungsrelevante Effekte zu werten sind. Weitere Risikofaktoren für negative Wechselwirkungen sind die nur bedingt beeinflussbaren hohen Mineralstoffgehalte in Einzelfuttermitteln und Tränken sowie die weitestgehend vermeidbaren hohen Mineralstoffgehalte in Kraftfuttermischungen, Milchleistungs- und Mineralfutter bzw. der ergotrope Einsatz von Spurenelementen und die «slow-release» Boli, sofern sie ohne Berücksichtigung der nativen Aufnahme an Spurenelementen Verwendung finden. Die derzeitigen Bedarfsempfehlungen für Rinder enthalten ausreichende Sicherheitszuschläge, sodass zusätzliche Anhebungen einzelner Spurenelemente in der Regel mit keinen weiteren leistungs- bzw. gesundheitssteigernden Effekten verbunden sein dürften. Wesentliche Potentiale zur Optimierung der Spurenelementversorgung und Verminderung der -ausscheidung sind deshalb, neben einer auf die native Spurenelementaufnahme ausgerichteten Mineralfutterkonzeption mit qualitativ hochwertigen und hochverfügbaren Mineral-salzen, auch der Verzicht auf vermeintliche «Extra-Effekte» von Spurenelementen und der Einsatz organischer Bindungsformen bei entsprechender Verfügbarkeits-beeinträchtigung durch andere Mineralstoffe. Inwieweit bei Verwendung von org. Bindungsformen auch eine Absenkung der Sicherheitszuschläge in den Versorgungsempfehlungen für Spurenelemente vorgenommen werden kann, bedarf der weiteren Absicherung.

## Literatur

**AMMERMANN, C. B., D.H. BAKER, A. J. LEWIS (1995):** Bioavailability of nutrients for animals: Amino acids, minerals, vitamins. Academic Press, San Diego

**ARC (Agricultural Research Council) (1980):** The Nutrient Requirement of Ruminant Livestock. Technical Review by an ARC Working Party. Commonwealth Agricultural Bureaux, Slough

**DLG (1973):** DLG-Futterwerttabellen - Mineralstoffgehalte in Futtermitteln. Band 62, DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt am Main

**EG Nr. 1334/2003 (2003):** Verordnung (EG) zur Änderung der Bedingungen für die Zulassung einer Reihe von zur Gruppe der Spurenelemente zählenden Futtermittelzusatzstoffen vom 25. Juli 2003. Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 187, 11

- EG Nr. 479/2006 (2006):** Verordnung (EG) über die Zulassung bestimmter zur Gruppe der Bestandteile von Spurenelementen zählenden Zusatzstoffe vom 23. März 2006. Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 86, 4-5
- GfE (2001):** Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie. Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchtrinder. DLG Verlags-GmbH, Frankfurt am Main
- HENNIG, A. (1972):** Mineralstoffe, Vitamine, Ergotropika. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin
- JEROCH, H., W. DROCHNER, O. SIMON (1999):** Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart
- KIRCHGESSNER, M. (1993):** Homeostasis and Homeorhesis in Trace Elements Metabolism. In: Trace Elements in Man and Animals – TEMA 8. Eds. M. Anke, D. Meisner, C. F. Mills. Verlag Media Touristik, Gersdorf, Germany, 4-21
- KIRCHGESSNER, M. (2004):** Tierernährung. 11. Auflage, DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt am Main
- LARSON, C. K. (2005):** Role of trace minerals in animal production. Texas A&M University. Academic Press, Tennessee
- MÄNNER, K., C. LAIBLIN (1998):** Energie- und Nährstoffversorgung von Mutterkühen und deren Nachweis unter extensiven Haltungsbedingungen. Der praktische Tierarzt 78, 236-250
- NRC (National Research Council) (2001):** Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th ed. National Academy Press, Washington, D. C., NW, USA
- SCHENKEL, H. (2000):** Einsatz organischer Spurenelementverbindungen zur Versorgung landwirtschaftlicher Nutztiere. Themen zur Tierernährung, 29-44
- SPEARS, J. W. (2007):** Organic Trace Elements for Ruminants. Pancosma 60th Anniversary Distributor Seminar. Crans Montana, 29 January to 02 February 2007
- SPIEKERS, H. (2007):** Mineralstoffe: Gezielt füttern spart Geld. Top Agrar 2, R 14-R 17
- SPIEKERS, H., G. JANKNECHT, W. LÜPPING, V. POTTAST (1991):** Erhebungen über Spurenelementgehalte in Grund- und Kraftfutter für Milchrinder. Das wirtschaftseigene Futter 37, 55-67
- STEINHÖFEL, O. (2007):** Bilanzierung von Spurenelementkreisläufen in sächsischen Futterbaubetrieben. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft. Schriftenreihe Heft 5, 1-54
- SUTTLE, N. F., P. ABRAHAMS, I. THORNTON (1984):** The role of soil x dietary sulphur interaction in the impairment of copper absorption by ingested soil in sheep. J. agr. Sci. Camb. 103, 81-86



# Glycerin – Möglichkeiten und Grenzen als Rationskomponente für die Hochleistungskuh



*Dr. Angela Schröder*

*Dr. Pieper Technologie- und Produktentwicklung GmbH,  
Neuruppin/OT Wuthenow*

*Prof. Dr. Karl-Heinz Südekum*

*Institut für Tierwissenschaften, Abt. Tierernährung,  
Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn*

## Zusammenfassung

Dieser Beitrag gibt eine Übersicht über die Einsatzpotenziale von Glycerin als Nebenprodukt der Biodieselproduktion. Glycerin ist ein vielseitiges Futtermittel speziell auch für Wiederkäuer. Daten über Umsetzungen im Pansen deuten darauf hin, dass Glycerin schnell abbaubare Kohlenhydrate ersetzen könnte und daher nicht in direkter Konkurrenz zum Propylenglykol mit seinen nachgewiesenen antiketotischen Eigenschaften zu sehen ist, obwohl es chemisch dem Propylenglykol sehr ähnlich ist.

Erwachsene Rinder können bis zu 1000 g Glycerin aufnehmen, wenn es gegen schnell abbaubare Kohlenhydratträger ausgetauscht wird. Der süße, bei Rohglycerinen auch süß-salzige Geschmack kann sich positiv auf die Futteraufnahme auswirken. Dazu sind jedoch weitere Untersuchungen erforderlich.

Es gibt erhebliche Qualitätsunterschiede zwischen Rohglycerinen auf dem Markt, aber nicht alle Qualitäten entsprechen den Anforderungen des Futtermittelgesetzes und der Positivliste, so dass dringend entsprechende Zertifikate eingefordert werden sollten. Die Schmackhaftigkeit oder der Geschmack, bei Rohglycerinen bisweilen als technisch-bitter charakterisiert, kann analytisch bisher nicht erfasst werden.

Der Energiegehalt vom Glycerin liegt bei ca. 9,5 MJ NEL/kg. Widersprüchliche Ergebnisse verschiedener Versuche erfordern jedoch weitere Untersuchungen. Neuere Untersuchungen zeigen, dass die Effizienz der Energieverwertung bei glycerin- oder propylenglykolhaltigen Rationen unterschiedlich zu sein scheint, denn die

Glyceringruppen realisierten bei gleicher Milchmenge höhere Futteraufnahmen und zeigten andererseits keine Unterschiede zur Propylengruppe in der Rückenfettdicke und in der Lebendmasseveränderung. Weitere Untersuchungen sind erforderlich, um das Potenzial von Glycerin in der Milchviehfütterung vollständig zu erfassen, besonders auch die Frage, ob Glycerin in Konkurrenz zur Melasse zu sehen ist und welche Rationstypen besonders geeignet bzw. ungeeignet sind. Abschließend werden aktuelle, in der Praxis bewährte Empfehlungen zu den Einsatzmengen von Glycerin, auch in Kombination mit Propylenglykol, gegeben.

## Summary

### Glycerol – Potentials and limits as diet ingredient for the high-yielding dairy cow

This paper briefly reviews utilization of glycerol as a by-product from biodiesel production. Glycerol is a versatile feeding stuff in particular for ruminants. Data on ruminal turnover of glycerol would suggest that it should replace rapidly fermentable carbohydrates and thus, is not a direct competitor of propylene glycol of which the antiketotic feature is well documented-although glycerol and propylene glycol are chemically very similar. Mature cattle can consume (and like!) considerable quantities of glycerol (1 kg/d) when replaced for rapidly fermentable carbohydrates. Further, it may be speculated that the sweet (-salty) taste of glycerol may improve intake of diets but this still needs to be investigated.

The quality of crude glycerol which is available at the market differs considerably and not all are in accordance with the feedstuff law and the »Positive List« of authorised feed materials in Germany. Therefore the user should always request certificates. Sometimes the taste of crude glycerol is characterized as being »technical« and bitter but not sweet-salty and at the moment is not possible to verify this analytically.

The NEL concentration for ruminants is approximately 9.5 MJ/kg of glycerol. Conflicting results from trials on dairy cows indicate that more research is necessary to define conditions that allow glycerol to be used advantageously. The most recent data indicates that complete diets containing glycerol may be (slightly) more palatable than diets supplemented with propylene glycol, thus stimulating DM intake. As greater intakes by cows did not result in an increased milk or milk component yield, processes of energy and nutrient conversion in the propylene glycol groups of these two trials likely were more efficient than those in the glycerol groups. Further

labour is thus required to fully explore the potential of glycerol in dairy cow diets and the potential to replace molasses as a very palatable component but type of diet seems to play an important role. -Finally recommendations for glycerol derived from practically proved diets for dairy cows are shown.

## Резюме

### Глицерин – возможности и пределы как составная часть рационов для высокодойных коров.

В данном докладе дается перечень о потенциалах применения глицерина, который получается как побочный продукт при производстве биодизеля. Глицерин является многосторонним кормовым средством, особенно для жвачных. Данные о его превращении в рубце показывают, что он мог бы заменить быстро разложимые углеводы и поэтому в нем нельзя видеть конкуренции к пропиленгликоли с его доказанными противокетотическими свойствами, хотя он по своим химическим свойствам близко к пропиленгликоли.

Взрослый крупный рогатый скот может поедать до 1000 г глицерина, если им заменяют быстро разложимые углеводы. Сладкий, у сырых глицеринов и сладко-солончатый вкус, может положительно влиять на поедаемость. Но требуются дальнейшие исследования по этому вопросу. Имеются существенные различия в качестве сырых глицеринов, которые имеются на рынке. Но не все качества соответствуют требованиям закона о кормовых средствах и «позитивному списку», так что требуются сертификаты для отдельных партий. Вкус, который у сырых глицеринов иногда характеризуется техническим-горьким, пока не возможно аналитически определить. Содержание энергии глицерина составляет около 9,5 МДж НЭЛ/кг. Но про-тиворечивые результаты разных опытов требуют дальнейших исследований. Более новые исследования показывают, что эффективность использования энергии рационов, содержащих глицерин или пропиленгликоль кажется различной, так как группы животных с кормлением глицерина реализовали при одинаковом удое более высокое поедание, но не показали различий к группе, которую кормили с пропиленгликолем, спинном жире и в изменении живой массы. Дальнейшие исследования необходимо для выяснения потенциала глицерина, особенно и для ответов на вопрос, является ли глицерин конкуренцией для мелассы и на вопрос о подходящих и неподходящих типах рационов. В заключении даются актуальные, на практике испытанные рекомендации по количествам глицерина, также в комбинации с пропиленгликолем, в кормовых рационах.

## Einleitung

In der Phase der negativen Energiebilanz zum Laktationsstart nutzen fast alle Kühe Körperfett als Energiereserve. Dieses ist bis zu einem gewissen Ausmaß ein notwendiger und physiologischer Prozess. Wenn der Energiemangel aber besonders stark ausgeprägt ist und zu viel Körperfett zu schnell mobilisiert wird, besteht das Risiko von Ketoseerkrankungen, die mit erheblichen Kosten und Folgeerkrankungen verbunden sind. Es stellt sich die Frage, inwieweit die Fütterung von Glycerin helfen kann, diese Energielücke zu schließen, Ketoseerkrankungen zu reduzieren und Propylenglykol, dessen Wirkung zur Ketoseprophylaxe als gesichert gilt und das chemisch dem Glycerin sehr ähnlich ist, zu ersetzen.

## Warum Glycerin?

Die Hinwendung zu erneuerbaren Energiequellen in der EU hat unter anderem zu einer Zunahme der Erzeugung von Biotreibstoff aus Rapsöl, vor allem in Form von Rapsölmethylester (RME) oder »Biodiesel« geführt. Dabei entsteht Glycerin als Koppelprodukt (KÖRBITZ et al., 2003; FRIEDRICH, 2004):

**100 Liter Öl + 10 Liter Methanol ergeben 100 Liter Biodiesel + 10 Liter Glycerin.**

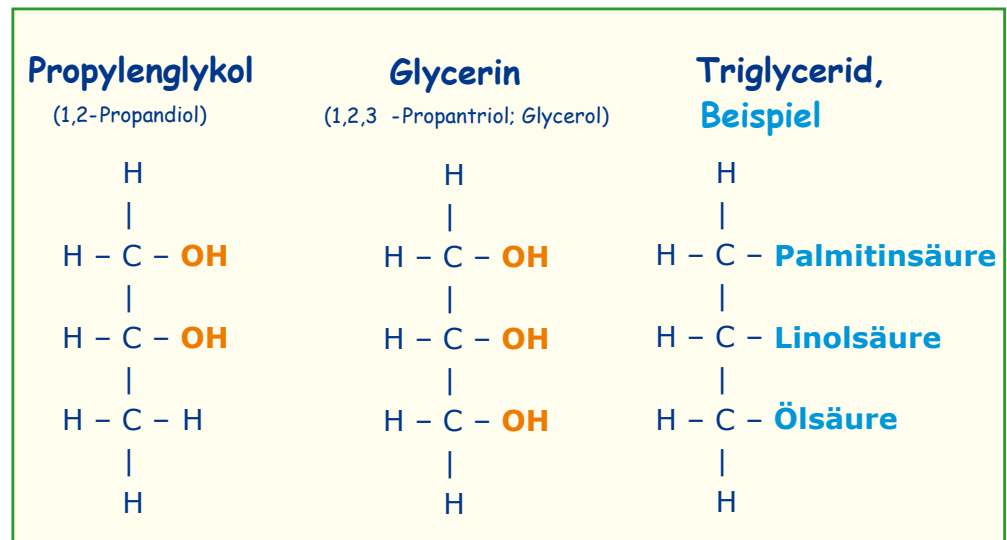
Aufgrund steigender Preise für Propylenglykol und sinkender Preise für Glycerin veränderten sich die Preisrelationen zwischen beiden Produkten zugunsten des Glycerins.

In Abb. 1 sind die Strukturformeln von Propylenglykol, Glycerin und einem Triglycerid dargestellt. Glycerin ist ein 3-wertiger Alkohol. Es ist dem Stoffwechsel des Wiederkäuers als Baustein »bekannt«, denn es steckt als Grundgerüst in allen Fetten (Triglyceride). In diesem Fall ist das Glycerin dreifach mit Fettsäuren verestert. Meist sind es verschiedenartige, seltener gleichartige Fettsäuren, die in einem Triglycerid vereinigt sind. Allein über Gras- und Maissilage mit ca. 3-4% Rohfett in der TM nehmen Kühe täglich ca. 400 g Rohfett auf, wovon jedoch nur etwa die Hälfte Triglyceride sind.

Aufgrund des süßen Geschmacks des Glycerins könnte die Futteraufnahme, besonders bei Rationen mit unzulänglichen geschmacklichen Eigenschaften, positiv beeinflusst werden (z. B. bei bestimmten Silagen), was gegenüber dem süß-bitteren Propylenglykol ein deutlicher Vorteil wäre.

Abb. 1

Propylenglykol,  
Glycerin  
und Triglycerid



Forschungsergebnisse aus den 50er und den 70er Jahren zeigten, dass Glycerin einen Anstieg an Glucosevorstufen bewirkt und damit zur Vorbeugung gegen Ketose bei Milchkühen beitragen kann (FORSYTH, 1953; JOHNSON, 1955; FISHER et al., 1973; SAUER et al., 1973). Neuere Arbeiten mit Glycerin in Rationen für Mastbullen (PICHLER und FRICKH, 1993) und Milchkühen (KHALILI et al., 1997; DeFRAIN et al., 2004; BODARSKI et al., 2005) haben hingegen uneinheitliche und widersprüchliche Befunde ergeben. Versuche am Zentrum für Tierhaltung und Technik der Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt in Iden (ENGELHARD et al., 2006) und am Lehr- und Versuchszentrum Futterkamp (MAHLKOW-NERGE, 2006) sowie Ergebnisse einer tschechischen Untersuchung (PECHOVÁ et al., 2007) lassen auf unterschiedliche physiologische Wirkungen von Glycerin und Propylenglykol schließen.

### Qualität von (Roh-)Glycerin

Reines Glycerin (99%) ist seit langem zugelassen als Futterzusatzstoff E 422, und Rohglycerin ist seit April 2006 in der Positivliste (NORMENKOMMISSION FÜR EINZELFUTTERMITTEL IM ZENTRALAUSSCHUSS DER DEUTSCHEN LANDWIRTSCHAFT, 2006, 2007) aufgeführt (Abb. 2). Dennoch entspricht die Qualität des auf dem Markt angebotenen Rohglycerins bei weitem nicht immer der Futtermittelqualität, da aufwändige Reinigungsschritte möglicherweise aus Kostengründen nicht immer im erforderlichen Ausmaß durchgeführt werden. Diese Qualitäten werden dann häufig zu sehr niedrigen Preisen angeboten. Um sich eine Übersicht über handelsübliche Glycerinqualitäten zu verschaffen, wurden 2007 vom DLG-ARBEITSKREIS FÜTTERUNGSREFERENTEN DER LÄNDER bundesweit 17 Glycerinproben gezogen und analysiert (Abb. 3).

## „ Positivliste für Einzelfuttermittel“

(Normenkommission für Einzelfuttermittel im Zentrallausschuss der Deutschen Landwirtschaft, 2007 )

Angaben	Glycerin	Glycerin, roh
Kenn-Nr.	12.07.02	12.07.03
Glycerin	Minimum 99 %	Minimum 80 %
Wasser	-	Angabe erforderlich
Rohasche	-	Angabe erforderlich
Chlorid	-	Angabe erforderlich, als NaCl, wenn NaCl > 1 %
Kalium	-	Angabe erforderlich, wenn K > 1 %
Methanol	0 %	Maximum 0,2 %
Bemerkungen	-	Auf ausreichende Wasserversorgung achten
Datenblatt erforderlich		

Abb. 2 Anforderungen der Positivliste an reines und rohes Glycerin

## Glycerin-Monitoring, bundesweit 17 Proben (DLG-Arbeitskreis Fütterungsreferenten der Länder)

Parameter	Proben (min-max)	Positivliste	Anzahl Proben, die Positivliste genügen
Glycerin	62 - 85 %	min. 80 %	3
Methanol	alle < 0,5 %	max. 0,5 (seit Sept. 07: 0,2 %)	17
Wasser	4 - 26 %	Angabe	
Rohasche	1 - 6 %	Angabe	
Chlorid	berechnet 0,1 - 10,7 %	Angabe als NaCl, wenn > 1 % NaCl	
Natrium	0,1 - 4,2 %		
Kalium	0 - 3,4 %	Angabe, wenn > 1 %	(11 x < 1 %)

Abb. 3 Glycerin-Monitoring 2007

Die Glyceringehalte variierten von 65 bis 84 %, und von 17 Proben erfüllten lediglich drei Proben die Anforderungen hinsichtlich des Glyceringehaltes. Die Art und die Menge an Salzen im Rohglycerin hängen vom technischen Verfahren der Biodieselherstellung ab. Je nach verwendeter Lauge (NaOH oder KOH) und Säure (HCl oder H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) entstehen verschiedene Salze: NaCl, KCl, Na-Sulfat (Glaubersalz) oder K-Sulfat, die auch erheblichen Einfluss auf den Geschmack haben können.

Die Ergebnisse dieses Monitorings machen deutlich, wie wichtig es ist, dass sich der Käufer über die Qualitätsanforderungen, wie in Abb. 4 zusammengefasst, im Klaren sein muss und entsprechende Zertifikate einfordern sollte.

Die Firma Dr. Pieper Technologie- und Produktentwicklung GmbH handelt Rohglycerin in Futtermittelqualität. Das Unternehmen ist nach Futtermittelhygiene-Verordnung (EG) Nr. 183/2005 registriert und entspricht den obigen Anforderungen durch ein umfangreiches Qualitäts-Management-System. Es erfolgt eine regelmäßige Zertifizierung nach QC, GMP+ sowie DIN EN ISO 9001:2000-12 und DIN EN ISO 14001:1996-10. Auch die Spedition ist GMP+-zertifiziert.

Problematisch zu erfassen ist und bleibt die Sensorik. Entgegen der geläufigen Meinung, dass Glycerin immer süß oder süß-salzig schmeckt, wird auch Ware angeboten, deren Sensorik als bitter und technisch beschrieben wird. Analytisch ist dieses bisher nicht zu erfassen, so dass dem gewissenhaften Landwirt nur die persönliche Geschmacksprobe zur Überprüfung bleibt.

Wichtig für die Entnahme aus Vorratsbehältern und die gleichmäßige Verteilung von flüssigen Futtermittelzusätzen in der Futtermischung ist die Kenntnis über die Viskosität in Abhängigkeit von der Lagertemperatur. Wie eigene Messungen (KORN und PIEPER, 2006) zeigen, ist Rohglycerin in Abhängigkeit von der Temperatur unterschiedlich gut fließ- und pumpfähig. Durch Wasserzugabe kann die Fließfähigkeit erheblich verbessert werden (Abb. 5). Empfohlen wird deshalb, in der kalten Jahreszeit dem Rohglycerin soviel Wasser zuzugeben, dass ein Glyceringehalt von 70-75 % eingestellt wird. Für die Praxis heißt das: Ein 1000 Liter-Behälter wird vorab mit ca. 100-160 Litern Wasser gefüllt und dann auf 1000 Liter mit dem Rohglycerin aufgefüllt. So erhält man Rohglycerin mit 75 % (bzw. 70 %) Glycerin. Die Fließfähigkeit entspricht dann der von Propylenglykol.

1. Der Glycerin-Lieferant muss nach Futtermittelhygiene-Verordnung (EG) Nr. 183/2005 registriert und nach GMP oder QS zertifiziert sein.
2. Wenn nach HACCP-Konzept gearbeitet wird: Vorsicht bei Mehrwegbehältern (Hygieneprobleme)!
3. Rohglycerin aus Rapsöl in Futtermittelqualität GMO-frei
4. Bei loser Ware: Spedition muss GMP+ zertifiziert sein.
5. Jeder Rohglycerin-Lieferung muss ein Analysezertifikat der gelieferten Ware beigelegt sein (mind. 80 % Glycerin, max. 0,2 % Methanol).
6. Die Inhaltsstoffe der gelieferten Ware müssen deklariert sein (Glycerin; Wasser; Rohasche; NaCl, wenn > 1 %; Kalium, wenn > 1 %).
7. Rohglycerin muss die Anforderungen des geltenden Futtermittelrechtes erfüllen und darf keine unerwünschten und verbotenen Stoffe gemäß Anlage 5 und 6 der Futtermittelverordnung enthalten.
8. Das Rohglycerin sollte eine gute Sensorik aufweisen (es soll süß-salzig schmecken, keinesfalls bitter; analytisch bisher nicht greifbar).

Abb. 4 Qualitätsanforderungen an Rohglycerin

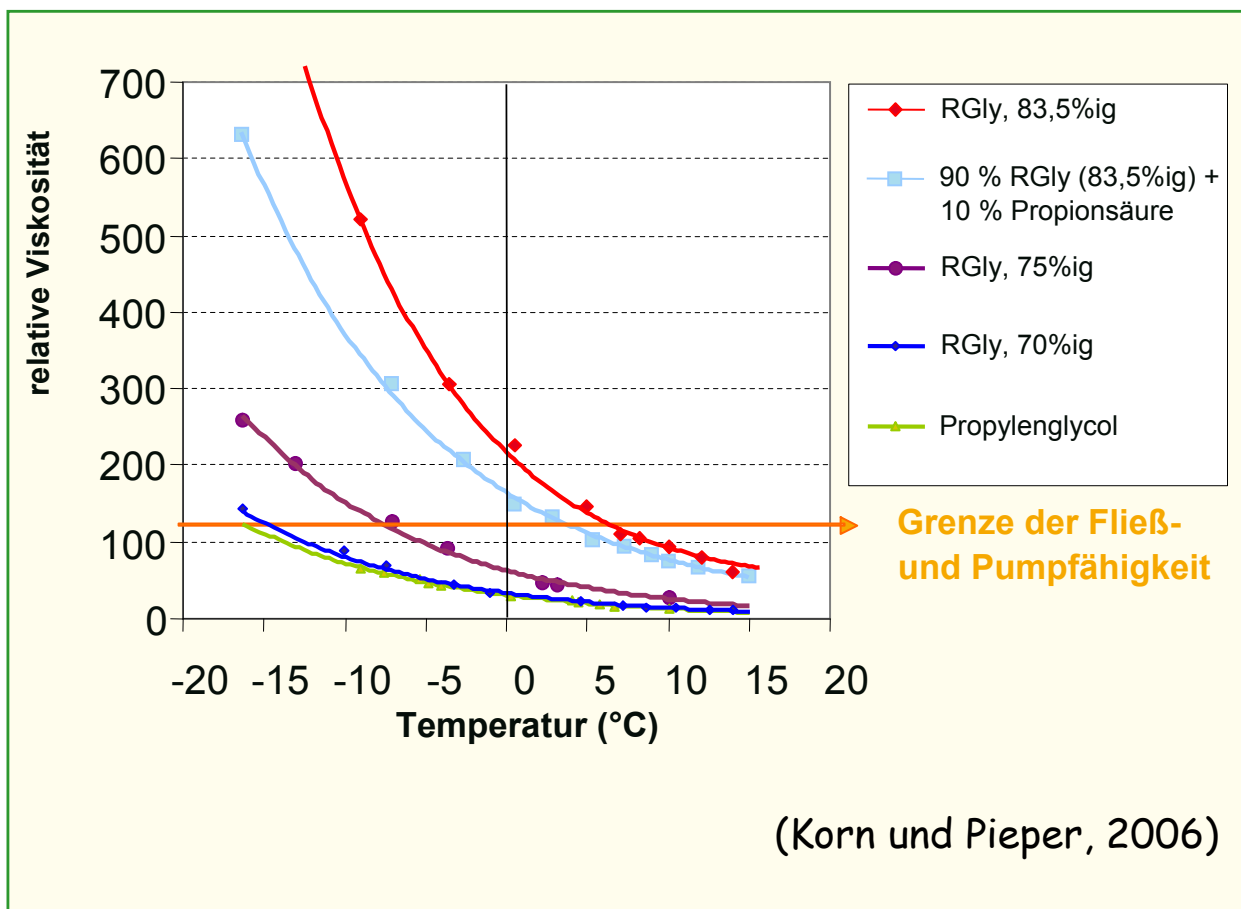


Abb. 5 Relative Viskosität von Rohglycerin in Abhängigkeit von der Temperatur



## Energiegehalt von Glycerin

In Abb. 6 sind Energiegehalte von Reinglycerin dargestellt, die aus Verdauungsversuchen am Hammel abgeleitet wurden (SÜDEKUM und SCHRÖDER, 2002). Die Rationen enthielten stärkereiches bzw. stärkearmes Konzentratfutter mit unterschiedlichen Anteilen an Glycerin (5 bis 20% in der TM). In Kombination mit stärkearmem Konzentratfutter waren die Energiegehalte im Mittel um 1,4 MJ NEL /kg höher als in Kombination mit stärkereichem Konzentratfutter. Dagegen hatte der Glycerinanteil nur einen geringen Einfluss auf die ermittelten Energiegehalte. Für die Kombination mit stärkereichem bzw. stärkearmem Konzentratfutter wurden mittlere Energiegehalte von 8,3 bzw. 9,7 MJ NEL/kg abgeleitet, wobei der zweite Wert sehr gut mit dem von LEBZIEN und AULRICH (1993) angegebenen Wert von 9,5 MJ NEL/kg Glycerin übereinstimmt. Sie liegen jedoch niedriger als die auf Basis theoretischer Ableitungen (11,1, MJ NEL/kg, basierend auf 18,1 MJ Bruttoenergie/kg [STEINGASS, 2005]) erwarteten. Diese Differenz könnte auf den Einfluss der Pansenfermentation, den postabsorptiven Stoffwechsel und/oder auf Begrenzungen von Verdauungsversuchen zurückzuführen sein. Daten über Umsetzungen im Pansen deuten darauf hin, dass Glycerin schnell abbaubare Kohlenhydrate ersetzen könnte und im Energiegehalt dem von schnellfermentierbaren Kohlenhydratträgern, wie z. B. Weizen, entspricht (SCHRÖDER und SÜDEKUM, 2002).

Gehalte an Umsetzbarer Energie (ME) und Nettoenergie Laktation (NEL) von reinem Glycerin				
(Südekum & Schröder 2002)				
Glycerin (% der Rationstrockenmasse)	Konzentratfuttertyp			
	stärkereich		stärkearm	
	ME	NEL	ME	NEL
5	14,4	9,6	11,1	6,9
10	13,1	8,4	14,6	9,7
15	12,6	8,0	14,9	9,9
20	13,2	8,5	14,4	9,5
SEM	0,9	0,7	0,9	0,7

Abb. 6 Verdauungsversuch am Hammel zur Ermittlung des Energiegehaltes von Glycerin für Wiederkäuer

## Propylenglykol durch Glycerin ersetzen?

Wie schon oben dargestellt (Abb. 1) sind Propylenglykol und Glycerin zwei chemisch sehr ähnliche glucoplastische Verbindungen, wobei die stabilisierende Wirkung des Stoffwechsels (Ketoseprophylaxe) von Kühen mit hohem Milchleistungspotenzial durch Propylenglykol als gesichert gilt (NIELSEN und INGWARTSEN, 2004).

In Abb. 7 sind die Wirkungen von Glycerin und Propylenglykol im Intermediärstoffwechsel und die Interaktion mit der Ketogenese schematisch dargestellt. Im Mittelpunkt des Intermediärstoffwechsels steht der Citratzyklus. Er stellt die Drehscheibe des Stoffwechsels dar, wobei Oxalacetat die zentrale Substanz im Energiestoffwechsel der Milchkuh ist. Um das Oxalacetat besteht Konkurrenz, weil es einerseits zur Gluconeogenese (Glucoseneubildung) genutzt wird, und andererseits benötigt wird, um Acetyl-CoA aus dem Körperfettabbau zur Energiegewinnung in den Citratzyklus einzuschleusen. Bei Mangel an Oxalacetat werden die Acetyl-CoA zu Ketonkörpern aufgebaut und es kommt zur Ketose. Gleichzeitig kann durch den Mangel an Oxalacetat nicht genügend Glucose gebildet werden.

Es liegen bisher zwar keine vergleichenden Untersuchungen über die quantitativen Umsetzungen von Propylenglykol und Glycerin im Pansen vor, aber aus Einzelversuchen werden die ruminalen Abbauprozesse wie folgt beschrieben: Glycerin soll zum größten Teil direkt im Pansen zu Propionsäure abgebaut werden (BERGNER et al., 1995; KIJORA et al., 1998), der wesentlichen glucoplastischen Substanz des Wiederkäuers. Diese wird über Succinyl-CoA in den Citratzyklus eingeschleust, bildet Oxalacetat und dient damit der Glucoseneubildung. Anscheinend gelangt nur ein geringer Anteil von Glycerin aus dem Futter intakt in den Stoffwechsel und wird unter Umgehung des Oxalacetats über Glycerinphosphat direkt in Glucose umgewandelt.

Propylenglykol soll nur zu einem kleinen Teil im Pansen zu Propionsäure abgebaut und der Glucoseneubildung zugeführt werden. Der größere Teil von Propylenglykol scheint intakt absorbiert zu werden und dient über Laktat und/oder Pyruvat und Oxalacetat der Gluconeogenese. Hier scheint ein wesentlicher Unterschied der Verstoffwechslung von Propylenglykol und Glycerin zu liegen. Vom Propylenglykol ist weiter bekannt, dass es über eine Erhöhung der Insulinausschüttung Sonderwirkungen auf den Stoffwechsel hat (NIELSEN und INGWARTSEN, 2004). In der gesichteten Literatur fanden sich keine analogen Versuchsergebnisse zum Glycerin. Dies mag ein weiterer wesentlicher Unterschied im Wirkungsmechanismus der beiden Substanzen sein.

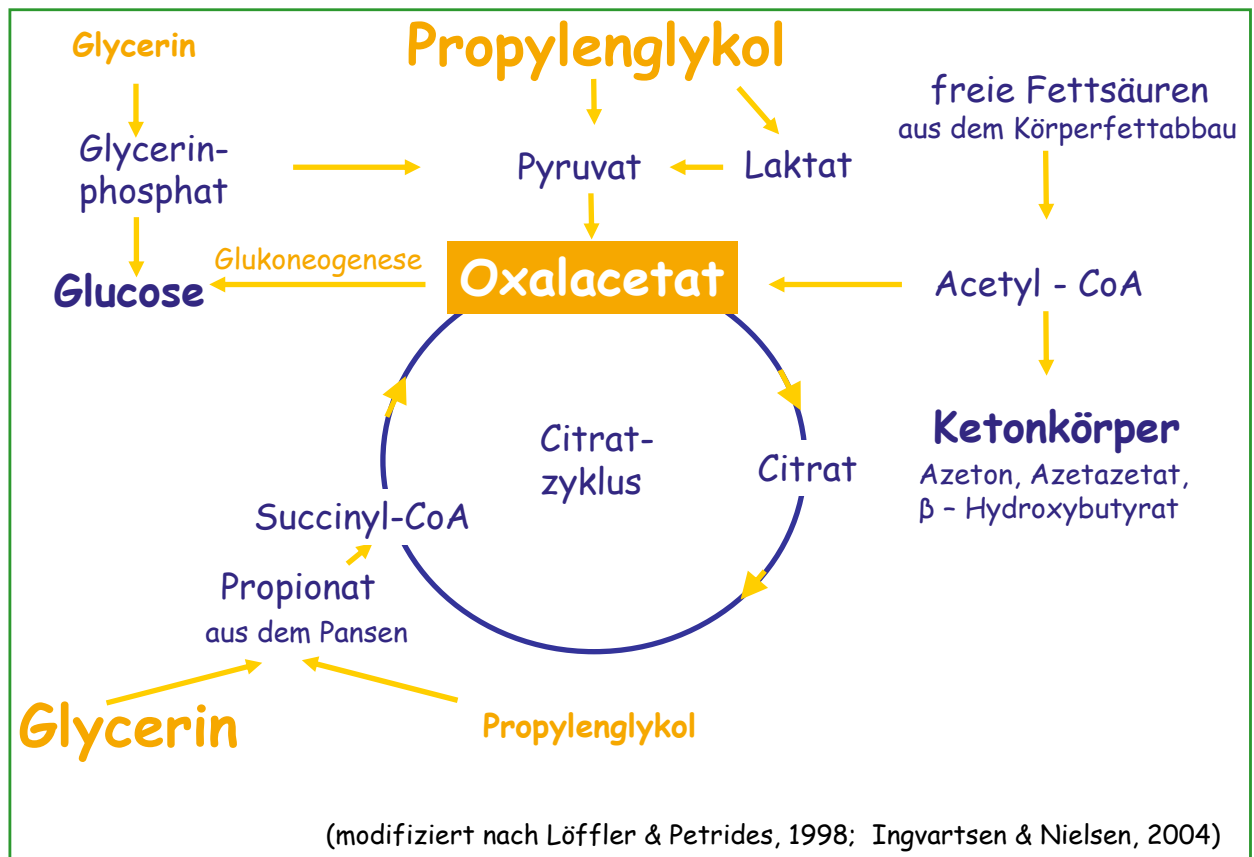


Abb. 7 *Metabolismus von Glycerin und Propylenglykol und die Interaktion mit der Ketogenese*

Zur weiteren Erforschung der Wirkung von Glycerin im Vergleich zu Propylenglykol in der Fütterung von Hochleistungskühen wurde 2006 an der LVA Iden ein umfangreicher Einzelfütterungsversuch von ENGELHARD et. al. durchgeführt. Gruppe 1 (36 Tiere) erhielt 250 g Propylenglykol und Gruppe 2 (36 Tiere) 250 g Glycerin in die gleiche TMR. Die Ergebnisse sind in den Abbildungen 8 und 9 zusammengefasst: Obwohl die Altkühe der Glyceringruppe (23 Tiere) ca. 1,2 kg TM mehr aufnahmen, bzw. für Altkühe plus Färsen ein Unterschied von 0,7 kg TM ermittelt wurde, wurden keine Unterschiede in der Körperkondition und bei den Stoffwechselfparametern festgestellt. Das heißt, dass die Ketonkörperbildung durch Glycerin im gleichen Ausmaß wie durch Propylenglykol unterdrückt werden konnte. Es kann aber auch gefolgert werden, dass die Effizienz der Energieverwertung unterschiedlich zu sein scheint, denn die Glyceringruppe hatte höhere Futteraufnahmen, gab aber die gleiche Menge an Milch und zeigte andererseits keine Unterschiede zur Propylengruppe in der Rückenfettdicke und in der Lebendmasseveränderung. Positive Effekte einer erhöhten Futteraufnahme, auch bei schlechterer Energieverwertung, sind aber im Hinblick auf eine verbesserte Pansenfüllung, durch die Labmagenverlagerungen reduziert werden könnten, zu sehen.

Zum Abschluss des Versuches waren in der Propylenglykolgruppe mit 94% wesentlich mehr Kühe tragend als in der Glycerin-Gruppe mit 76%, was als Hinweis genutzt werden kann, jedoch nicht überinterpretiert werden sollte. Um signifikante Unterschiede für Fruchtbarkeitsparameter zu ermitteln sind erheblich größere Tierzahlen erforderlich.

<b>Versuchsergebnisse Iden 1</b>		
<b>a) LVA Iden (Engelhard et al., 2006)</b> <b>Fütterungsversuch 2 x 35 Kühe,</b> <b>250 g Propy vs. 310 g Rohglycerin (80%ig)</b> <b>14 Tage a.p. bis 100. Laktationstag</b>		
	Propylenglycol	Glycerin
Milchmenge, kg	39,8	39,7
ECM, kg	38,8	39,0
Fett, %	3,88	3,92
Eiweiß, %	3,23	3,25

*Abb. 8 Auswirkungen von Propylenglykol und Glycerin auf Milchleistungsparameter (Milchviehfütterungsversuch an der LVA Iden)*

Ähnliche Ergebnisse ermittelte MAHLKOW-NERGE (2006) am Lehr- und Versuchszentrum Futterkamp in Schleswig-Holstein mit zwei Gruppen á 27 Tiere, wobei die erste Gruppe 250 g Propylenglykol und die zweite Gruppe 800 g Reinglycerin im Austausch gegen 800 g Getreide erhielten (Abb. 10). Die Milchleistung der Glycerin-Gruppe war um 1,2 kg (nicht signifikant) und die Futteraufnahme tendenziell gegenüber der Propylenglykol-Gruppe erhöht. Auffallend war die um 1,2 kg höhere TM-Aufnahme der Färsen der Glycerinvariante.

Insgesamt lassen die Differenzen in der Futtermittelverwertung (Iden und Futterkamp) und in der Fruchtbarkeit (Iden) sowie der geringe Einfluss des Glycerins auf die relevanten Blutparameter in einer polnischen Untersuchung (BODARSKI et al., 2005) als auch neueste Ergebnisse einer tschechischen Studie (PECHOVÁ et al., 2007) auf unterschiedliche physiologische Wirkungen von Glycerin und Propylenglykol schließen, und sie sind Anlass für weitere Untersuchungen. Es muss außerdem geklärt werden, ob die oben genannten Unterschiede in der Futteraufnahme auch dann ermittelt worden wären, wenn die Propylenglykol-Gruppe zur Überdeckung des bittersüßen Propylenglykol-Geschmacks Melasse in der Ration gehabt hätte.

## Versuchsergebnisse Iden 2

- a) LVA Iden (Engelhard, 2006)  
 Fütterungsversuch 2 x 35 Kühe,  
 250 g Propy vs. 310 g Rohglycerin (80%ig)  
 14 Tage a.p. bis 100. Laktationstag

	Propylenglycol	Glycerin
Futtermaufnahme, kg TM	21,3	22,0
Trächtigkeitsrate, %	94	76
Stoffwechselfparameter:	$\beta$ -Hydroxybutyrat $\pm$	
	freie Fettsäuren $\pm$	
	Glukose $\pm$	
Rückenfettdicke + Lebendmasse:		$\pm$

Abb. 9 Auswirkungen von Propylenglykol und Glycerin auf Futtermaufnahme, Trächtigkeitsrate und Stoffwechselfparameter (Milchviehfütterungsversuch an der LVA Iden)

## Versuchsergebnisse Futterkamp

- b) LVA Futterkamp (Mahlkow-Nerge, 2006)  
 Fütterungsversuch 2 x 27 Kühe,  
 V1: 250 g Propylenglykol  
 V2: 800 g Reinglycerin / - 800 g Getreide/KF-Mischung  
 14 Tage a.p. bis 80. Laktationstag

Futtermaufnahme:	$\pm$	Färsen + 1,2 kg
Milchmenge:		+ 1,2 kg
Inhaltsstoffe:	$\pm$	
Stoffwechselfparameter:		$\pm$

Abb. 10 Auswirkungen von Propylenglykol und Glycerin auf Futtermaufnahme, Milchleistungs- und Stoffwechselfparameter (Milchviehfütterungsversuch am LVZ Futterkamp)

In Abb. 11 sind Einsatzempfehlungen für Glycerin und Propylenglykol zusammengefasst. Während man beim Glycerin durch eine Steigerung der Futteraufnahme von einer indirekten Ketoseprophylaxe sprechen kann, ist die direkte Ketoseprophylaxe durch Propylenglykol umfangreich belegt. Daraus leiten sich auch unterschiedliche Verabreichungsformen ab: Das süß-salzig schmeckende Glycerin gehört – je nach Menge im Austausch gegen schnell abbaubare Energieträger – zur Verbesserung des Geschmacks in das Grobfutter bzw. in die TMR, jedoch nicht als alleinige Komponente in die Flüssigkeitsdosierer (»Propydos«) an Konzentratfutterstationen, da es ja nicht das Ziel ist, die Konzentratfutteraufnahme zu verbessern. Zur Überdeckung des süß-bitteren Geschmacks von Propylenglykol können dem Propylenglykol im »Propydos« jedoch 20 bis 25% Glycerin beigemischt werden, um so die Propylenglykolaufnahme sicher zu stellen. Aus dem gleichen Grund erscheint es nicht sinnvoll, glycerinhaltige Konzentratfuttermittel zu verfüttern. Um eine antiketotische Wirkung über Konzentratfutter zu erreichen, hat sich ein Anteil von ca. 8% Propylenglykol bewährt, so dass mit 2,5 kg eines solchen Konzentratfutters ca. 200 g Propylenglykol verabreicht werden. Eine antiketotische Wirkung von Propylenglykol bei Verabreichung als Drench ist mehrfach nachgewiesen, wird aus arbeitstechnischen Gründen aber nicht empfohlen.

In vielen praktischen Betrieben hat sich die Kombination von Propylenglykol und Glycerin bewährt. Propylenglykol zur Ketoseprophylaxe und Glycerin zur Steigerung der Futteraufnahme. Die Empfehlungen sind in Abb. 12 zusammengefasst.

Glycerin	$  \begin{array}{ccccc}  & \text{H} & & \text{H} & & \text{H} \\  &   & &   & &   \\  \text{H} & - \text{C} & - & \text{C} & - & \text{C} & - \text{H} \\  &   & &   & &   \\  & \text{OH} & & \text{OH} & & \text{OH}  \end{array}  $	Propylenglykol	$  \begin{array}{ccccc}  & \text{H} & & \text{H} & & \text{H} \\  &   & &   & &   \\  \text{H} & - \text{C} & - & \text{C} & - & \text{C} & - \text{H} \\  &   & &   & &   \\  & \text{OH} & & \text{OH} & & \text{H}  \end{array}  $
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Indirekte Ketoseprophylaxe</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ketoseprophylaxe umfangreich belegt</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Süß-salzig → Verbesserung der Futteraufnahme</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Süß-bitter</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• In das Grobfutter/TMR</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Drench</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Im Austausch gegen schnell abbaubare Energieträger</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• TMR</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Propylenglykoldosierer an Konzentratfutterstationen: nur in Kombination mit Propylenglykol (20-25 %)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konzentratfutter (8 %, z.B. deukalac 100)</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 100 g bis 800 g Reinglycerin</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Propylenglykoldosierer an Konzentratfutterstationen</li> </ul>	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 100 g bis 220 g (je nach Laktationsstadium)</li> </ul>	

Abb. 11 Einsatzempfehlungen für Glycerin und Propylenglykol

Laktationsstadium	Propylen- glykol (g/d)	+	Glycerin (99 %) (g/d)
Vorbereitung (2 Wo. vor dem Kalben)	100	+	100
0. bis 3. Laktationswoche	200 - 220	+	200 - 220
Bis 3. Laktationsmonat (Herdenleistung <b>bis</b> 9500 kg)	150	+	150 (- 800)
Bis 5. Laktationsmonat (Herdenleistung <b>über</b> 9500 kg)	150	+	150 (- 800)

Wenn mehr als 300 g Glycerin/Tag → Austausch gegen schnell abbaubare Energieträger

Abb. 12 Empfehlungen zum Glycerin- und Propylenglykoleinsatz  
im Laktationsverlauf

## Fazit

Glycerin ist ein vielseitiges Futtermittel, das jedoch Propylenglykol mit seiner antiketotischen Wirkung nicht ersetzen kann, sondern additiv in Rationen für Milchkühe eingesetzt werden kann. Positive Effekte in der Futteraufnahme sind nur zu erwarten, wenn die Rohglycerine als schmackhafte süß-salzige Varianten angeboten werden. Weitere Untersuchungen, auch zur Frage der Glycerinanalytik, sind wünschenswert.

## Literatur

- BERGNER, H., C. KIJORA, Z. CERESNAKOVA und J. SZAKÁCS (1995):** In vitro Untersuchungen zum Glycerinumsatz durch Pansenmikroorganismen. *Archives of Animal Nutrition* 48, 245-256
- BODARSKI, R., T. WERTELECKI, F. BOMMER und S. GOSIEWSKI (2005):** The changes of metabolic status and lactation performance in dairy cows under feeding TMR with glycerine (glycerol) supplement at periparturient period. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Topic Animal Husbandry*, 8 (4), 9 Seiten
- DeFRAIN, J. M., A.R. HIPPEN, K.F. KALSCHUR und P.W. JARDON (2004):** Feeding glycerol to transition dairy cows: Effects on blood metabolites and lactation performance. *J. Dairy Sci.*, 87, 4197-4206
- DLG-ARBEITSKREIS FÜTTERUNGSREFERENTEN DER LÄNDER (2007):** pers. Mitteilung
- ENGELHARD, T., A. MEYER, R. STAUFENBIEL und W. KANITZ (2006):** Vergleich des Einsatzes von Propylenglykol und Glycerin in Rationen für Hochleistungskühe. *Forum Angewandte Forschung*, Fulda, Verband der Landwirtschaftskammern, 26-29
- FISHER, L.J., J.D. ERFLE, G.A. LODGE und F.D. SAUER (1973):** Effects of propylene glycol or glycerol supplementation of the diet of dairy cows on feed intake, milk yield and composition, and incidence of ketosis. *Can. J. Anim. Sci.* 53, 289-296
- FORSYTH, H. 1953:** Glycerol as treatment of (1) bovine acetonaemia and (2) pregnancy toxemia in ewes. *Vet. Rec.* 65, 198
- FRIEDRICH, S. (2004):** A world wide review of the commercial production of biodiesel – a technological, economic and ecological investigation based on case studies. *Schriftenreihe Umweltschutz und Ressourcenökonomie*, 41. Institut für Technologie und nachhaltiges Produktmanagement, Wirtschaftsuniversität Wien, Austria
- GRÜNE BROSCHE [TE] (2006):** Das geltende Futtermittelrecht. Aktuelle Gesetze und Verordnungen aus Bundes- und Gemeinschaftsrecht, 17. Neuauflage, Allround Media Service e.K., Rheinbach
- JOHNSON, R. B. (1955):** The treatment of ketosis with glycerol and propylene glycol. *Cornell Vet.* 44, 6-21
- KHALILI, H., T. VARVIKKO, V. TOIVONEN, K. HISSA und M. SUVITIE (1997):** The effects of added glycerol or unprotected free fatty acids or a combination of the two on silage intake, milk production, rumen fermentation and diet digestibility in cows given grass silage based diets. *Agricultural and Food Science in Finland* 6, 349-362
- KIJORA, C., H. BERGNER, K.-P. GÖTZ, J. BARTELT, J. SZAKÁCS und A. SOMMER (1998):** Research note: Investigation on the metabolism of glycerol in the rumen of bulls. *Archives of Animal Nutrition* 51, 341-348
- KÖRBITZ, W., S. FRIEDRICH, E. WAGINGER und M. WÖRGETTER (2003):** Worldwide Review on Biodiesel Production. Austrian Biofuels Institute, Wieselburg
- KORN, U. und B. PIEPER (2006):** pers. Mitteilung



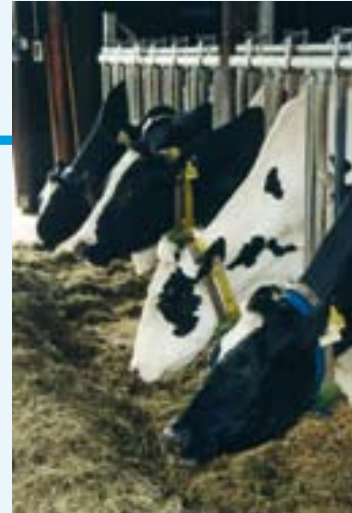
- LEBZIEN, P. und K. AULRICH (1993):** Zum Einfluss von Glycerin auf die Rohrnährstoffverdaulichkeit und einige Pansenparameter bei Milchkühen. VDLUFA-Schriftenreihe 37, 361-364
- MAHLKOW-NERGE, K. (2006):** Vergleich des Einsatzes von Propylenglykol und Glycerin in Rationen für Hochleistungskühe. Forum Angewandte Forschung, Fulda, Verband der Landwirtschaftskammern, 30-34
- NIELSEN, N.I. und K.L. INGWARTSEN (2004):** Propylene glycol for dairy cows. A review of the metabolism of propylene glycol and its effects on physiological parameters, feed intake, milk production and risk of ketosis. Anim. Feed Sci. Technol. 115, 191–213
- NORMENKOMMISSION FÜR EINZELFUTTERMITTEL IM ZENTRALAUSSCHUSS DER DEUTSCHEN LANDWIRTSCHAFT, (2006, 2007):** [www.futtermittel.net/pdf/positivliste\\_aenderungen.pdf](http://www.futtermittel.net/pdf/positivliste_aenderungen.pdf)
- PECHOVÁ, A., P. PECINKA, L. PAVLATA und R. DVORAK (2007):** The comparison of feeding propylene glycole and glycerol to fresh cows: Effects on blood metabolites and rumen fermentation In: Conference Proceedings, 13th International Conference, Production Diseases in Farm Animals, M. Fürll (ed.), Leipzig, 173
- PICHLER, W.A. und J.J. FRICKH (1993):** Der Einsatz von Glycerin aus der Rapsölmethylestererzeugung in der Jungstiermast. Förderungsdienst 41 (4), 25-28
- SAUER, F.D., J.D. ERFLE und L.J. FISHER (1973):** Propylene glycol and glycerol as a feed additive for lactating dairy cows: An evaluation of blood metabolite parameters. Canadian Journal of Animal Science 53, 265-271
- SCHRÖDER, A. und SÜDEKUM, K.-H. (2002):** Effekte von Glycerin unterschiedlicher Reinheit auf die Pansenfermentation und Nährstoffverdaulichkeiten bei Rindern. UFOP-Schriften 17, 51-67
- STEINGASS, H. (2005):** pers. Mitteilung
- SÜDEKUM, K.-H. und A. SCHRÖDER (2002):** Effekte von Glycerin unterschiedlicher Reinheit auf die Energiegehalte von Glycerin und die Nährstoffverdaulichkeiten gemischter Rationen für Wiederkäuer. UFOP-Schriften 17, 37-50



# deukalac 35

**Viel Getreide in der Ration?  
Kein Problem!**

*deukalac 35 unterstützt gezielt  
den Pansen, durch:*

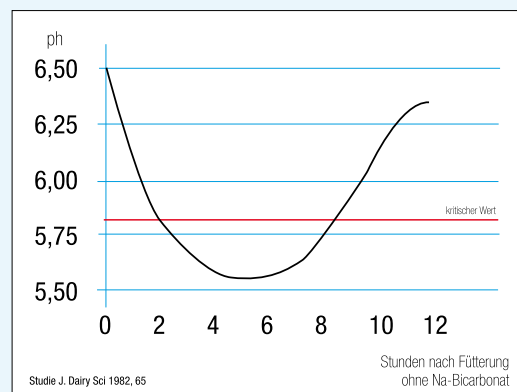
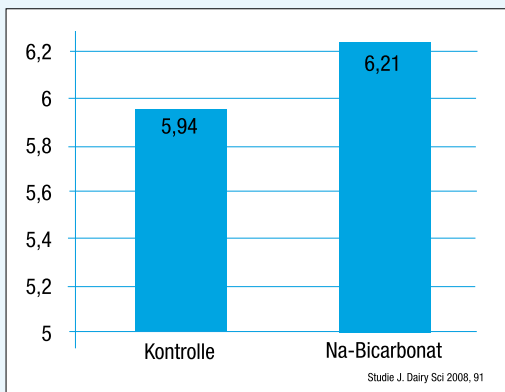


*deukalac UDP 39:*

- ▶ hochwertiges pansenstabiles Protein

*Na-Bicarbonat:*

- ▶ idealer Pansenpuffer zur Vorbeugung von Acidose



## deukalac 35

für hohe Futteraufnahme, gute Gesundheit und stabile Milchinhaltstoffe!



Ihr deuka-Beratungsdienst

Weizenmühlenstraße 20 • 40221 Düsseldorf

Telefon: 0211/ 30 34-0 • Telefax: 0211/ 30 34-224

www.deuka.de • e-mail: [futterkonzepte@deutsche-tiernahrung.de](mailto:futterkonzepte@deutsche-tiernahrung.de)

# Möglichkeiten und Grenzen gentechnischer Verfahren in der Nutztierzucht – Genomanalyse vs. Gentransfer



*Prof. Dr. habil. Manfred Schwerin*

*Institut für Nutztierwissenschaften und Technologie  
der Agrar- und Umweltwissenschaftlichen Fakultät,  
Universität Rostock, und Forschungsinstitut für die  
Biologie landwirtschaftlicher Nutztiere, Dummerstorf*

## Zusammenfassung

Es wird Bezug genommen auf den gegenwärtigen Stand, auf weitere Herausforderungen und Grenzen bei der Anwendung gentechnischer Verfahren (molekulare Genomanalyse und Gentransfer) in der Nutztierzucht. Außerdem wird die mögliche Nutzung der funktionalen Genomanalyse zur Charakterisierung der physiologischen Wirkung neuartiger (genveränderter) Futtermittel diskutiert.

## Summary

### Opportunities and limitations of gene technology in livestock-genome analysis vs. gene transfer

Current status, further challenges and limitations in the application of gene technology (molecular genome analysis and gene transfer) in livestock are referred. In addition, application of methods of functional genome analysis, along with sequence information, computational tools, integrated databases, and the traditional biological approaches for characterization of physiological effects of new feedstuffs are discussed.

## Резюме

### Возможности и пределы ген-инженерных методов в животноводстве – анализ генома против трансфер генов.

В докладе дискутируются настоящее состояние, дальнейшие изменения и ограничения при применения геной инженерии (молекулярный анализ генома, трансфер генов) в животноводстве. Кроме этого дискутируются применение методов функционального анализа генома, вместе с информацией о секвенциях, методах вычисления, интегрированных базах данных, а также традиционные биологические подходы для характеристики физиологических эффектов новых кормовых средств.

## 1. Einleitung

Die Gentechnologie, als Komplex biochemischer, genetischer, virologischer und zytologischer Methoden zur Isolierung, Charakterisierung, Übertragung und Expression von genetischem Material (DNA) definiert, gehört zu den strategischen Technologien des 21. Jahrhunderts. Ihre zukünftige Bedeutung als Schlüsseltechnologie kann mit der gegenwärtigen Bedeutung der Mikroelektronik und der Informationstechnik verglichen werden. Die Gentechnologie in der Nutztierzucht umfasst im Wesentlichen Ansätze der Genomanalyse sowie Verfahren zur genetischen Modifikation (Gentransfer). Im vorliegenden Beitrag sollen, ausgehend von der Darstellung des Standes der Nutzung gentechnologischer Verfahren beim Nutztier, die Chancen und Risiken von Genomanalyse und Gentransfer im Allgemeinen und die mögliche Nutzung der funktionalen Genomanalyse zur Charakterisierung der physiologischen Wirkung neuartiger Futtermittel, im Speziellen, erörtert werden.

## 2. Stand der Anwendung gentechnologischer Verfahren beim Nutztier

### 2.1. Molekulare Genomanalyse

Die wissenschaftliche Erklärung von Leistungen des Gesamtorganismus und der Anspruch, zu innovativen Ansätzen für die Beeinflussung der Nutztierleistungen zu gelangen, erfordert die verstärkte Beachtung und Bearbeitung der Wirkung und Wechselwirkung biologischer Moleküle innerhalb des Tierorganismus und ihrer Wechselwirkung mit der Umwelt. Die Erforschung von Regulationsprozessen auf verschiedenen Ebenen der Merkmalsausprägung hat dabei besondere Bedeutung. In diesem Zusammenhang wird erwartet, dass die molekulare Genomanalyse signi-

fikante Beiträge zur Aufklärung der Merkmalsvariation zugrunde liegenden genetischen Variation (strukturelle Genomanalyse) und zur Erfassung der tierspezifischen und umweltbeeinflussten Genexpression (funktionale Genomanalyse), als wichtige Grundlage der Merkmalsausprägung liefern wird.

### 2.1.1.

#### **Strukturelle Genomanalyse - Gendiagnostik/Markergestützte Selektion**

Die Besonderheit der gendiagnostischen Testverfahren besteht darin, dass sie auf der Grundlage der Darstellung der Variation auf DNA-Ebene Prognosen über künftige Krankheiten oder Leistungsveranlagungen des betreffenden Individuums erlauben. Zur Entwicklung gendiagnostischer Testverfahren müssen die Gene bzw. Genvarianten (direkter Gentest) oder die Genomregion über gekoppelte Marker (indirekter Gentest) identifiziert werden, welche die Ausprägung des entsprechenden Merkmales beeinflussen. Da bei der direkten Gendiagnose die kausale Mutation direkt dargestellt wird, ist die Aussagesicherheit 100 Prozent, wenn im Rahmen des sonstigen Verfahrens z. B. bei Probennahme oder -transport keine Fehler gemacht wurden. Die Aussagesicherheit des indirekten Gentests stellt ein Wahrscheinlichkeitsergebnis dar, das von der Enge der Kopplung zwischen der unbekanntem kausalen Genvariante und den flankierenden Markern sowie der Korrektheit der angenommenen Kopplungsphase abhängt. Derzeit sind bei landwirtschaftlichen Nutztieren bereits eine Vielzahl an gendiagnostischen Testverfahren für qualitative Merkmale (z. B. Hornlosigkeit, Rotfaktor, Milchproteinvarianten, Muskelhypertrophie) und Erbfehler (z. B. beim Rind: Bovine Leukozyten Adhäsions Defizienz, »Complex Vertebral Malformation«, Defizienz der Uridin Monophosphat Synthase; Schwein: Malignes Hyperthermie Syndrom) verfügbar. In den Tabellen 1 und 2 sind einige bisher bei Rind und Schwein identifizierte merkmalsassoziierte Genvarianten dargestellt (siehe auch Schwerin et al., 2006).

Tab. 1 Gene und Genvarianten, die signifikant phänotypische Merkmale beim Rind beeinflussen (nach Schwerin et al., 2006)

Merkmal	Locus	Phänotyp	Mutation	Referenz
Gendefekt	<i>CD18</i> ( $\beta_2$ -Integrin)	BLAD	A/G Transition	KEHRLI et al., 1990
	<i>ASS</i>	Citrullinämia	C/T Transition	DENNIS et al., 1989
	<i>UMPS</i>	<i>DUMPS</i>	C/T Transition	SCHWENGER et al., 1993
	keto acid dehydrogenase	<b>MSUD</b>	<b>T/C Transition</b>	<b>ZHANG et al., 1990</b>
	<i>TG</i> (Thyroglobulin)	Kongenitaler Hypothyroidismus	C/T Transition	RICKETTS et al., 1987
	<i>MANA</i> ( $\alpha$ -Mannosidase)	$\alpha$ -Mannosidose		<b>HEALY et al., 1996</b>
	<i>MANB</i> ( $\beta$ -Mannosidase)	$\beta$ -Mannosidose		<b>CHEN et al., 1995</b>
	<i>PYGM</i>	Mc Ardle-Erkrankung		<b>TSUJINO et al., 1996</b>
	<i>EPB3</i>	Sperocytosis		INABA et al., 1996
	<i>PRG</i> (Proteoglycan)	Dermatosparaxia		TAJIMA et al., 1999
	Pro-Kollagenase I Proteinase	Dermatosparaxia		COLIGE et al., 1999
<i>STAT5A</i>	Roan-Erkrankung	<b>Transition</b>	<b>SEITZ et al., 1999</b>	
Milchmerkmale	<i>CASK</i> ( $\kappa$ -Kasein)	Käseverarbeitungseigenschaften	mehrere Punktmutationen	PRINZENBERG et al., 1999
	<i>LGB</i> ( $\beta$ -Lactoglobulin)	allergenes Potential	mehrere Punktmutationen	KLUNGLAND et al., 1995
	<i>PRL</i> (Prolaktin)	Milchmenge		COWAN et al., 1990
	<i>DGAT1</i>	Milchmengen- und -gehaltsmerkmale	K232A-Mutation	WINTER et al., 2002
	<i>FMO3</i>	Fischgeschmack	R238X-Mutation	LUNDEN et al., 2002
	<i>GHR</i>	Milchmengen- und -gehaltsmerkmale	F279Y-Mutation	BLOTT et al., 2003
	<i>ABCG2</i>	Milchmengen- und -gehaltsmerkmale	Y581S-Mutation	COHEN-ZINDER et al., 2005
Fellfarbe	<i>MC1R</i>	Rote und schwarze Fellfarbe		KLUNGLAND et al., 1995
Wachstum	<i>MH</i> (Myostatin)	Muskelhypertrophie	Deletion, Insertion	GROBET et al., 1998

Tab. 2 Gene und Genvarianten, die signifikant phänotypische Merkmale beim Schwein beeinflussen (nach Schwerin et al., 2006)

Merkmals	Locus	Phänotyp	Mutation	Referenz
Erkrankung	<i>FUT1</i>	Ödemerkrankung	Punktmutationen	MEIJERINK et al., 2000
Fellfarbe	<i>KIT</i>	weiße Fellfarbe	Duplikation	JOHANSSON MOLLER et al., 1996
	<i>MC1R</i>	schwarze Fellfarbe	Punktmutation	KIJAS et al., 1998
Stressempfindlichkeit	<i>RYR1</i>	Maligne Hyperthermie Syndrom	C/T Transition	FUJI et al., 1991
Wachstum	<i>MC4R</i>	Wachstum, Fettgehalt	Punktmutation	KIM et al., 2000
Schlächtkörperzusammensetzung und Fleischqualität	<i>H-FABP</i>	intramuskulärer Fettgehalt		GERBENS et al., 1997
	<i>PRKAG3</i>	Anstieg des Glykogengehalts	Punktmutation	MILAN et al., 2000
	<i>RYR1</i>	verminderte Fleischqualität	C/T Transition	FUJI et al., 1991
	<i>AGRP</i>	Fleischqualität und Wachstum		KIM et al., 2000
	<i>LEP</i>	Fettanteil, Magerfleischanteil		HARDGE et al., 2000
	<i>LEPR</i>	Fettanteil, Magerfleischanteil		HARDGE et al., 2000
Fruchtbarkeit	<i>RARG</i>	Wurfgröße	Punktmutation	MESSER et al., 1996a
	<i>FSHB</i>	Wurfgröße	Punktmutation	ZHAO et al., 1998; LI et al., 1998
	<i>RBP4</i>	Wurfgröße	Punktmutation	MESSER et al., 1996b; ROTHSCHILD et al., 2000
	<i>ESR</i>	Wurfgröße	Punktmutation	ROTHSCHILD et al., 1996
	<i>PRLR</i>	Wurfgröße	Punktmutation	VINCENT et al., 1998

Mit dem Erkenntnisfortschritt im Rahmen der Genomanalyse werden weitere züchterisch wichtige Gene/Genregionen näher charakterisiert und können zukünftig neben den klassischen Methoden der Tierzucht vermehrt auch für quantitative Merkmale eingesetzt werden. Obwohl die meisten tierzüchterisch interessanten Merkmale polygener Natur sind, gibt es eine Reihe von Eigenschaften, die von einem einzelnen Gen oder von nur wenigen Genen signifikant beeinflusst werden. Mutationen können direkte Auswirkungen auf die Qualität und Menge eines Genproduktes und damit auch auf das Polygen haben. So sind im Bereich der Nutztier-

zucht in den vergangenen Jahren drei Genorte mit Hauptgeneffekten erfolgreich kloniert worden: Deletion im Myostatingen – »Doppellender«-Phänotyp beim Rind, Mutation in der Adenosinmonophosphat-aktivierenden Proteinkinase – gesteigerter Glykogengehalt im Skelettmuskel des Schweins und K232A-Substitution im DGAT1-Gen – Milchfettgehalt beim Rind.

Identifizierte kausale Genvarianten können direkt Anwendung bei der Entwicklung und Nutzung gendiagnostischer Verfahren in der Marker-gestützten Selektion finden.

Die Vorteile gendiagnostischer Verfahren bestehen insbesondere darin, dass

- eine exakte Befundung gegeben ist,
- eine sichere Erkennung auch rezessiver Anlagenträger erfolgen kann und
- die Diagnose unabhängig von der Merkmalsausprägung, vom Alter und vom Geschlecht möglich ist.

### 2.1.2. Funktionale Genomanalyse

Um komplexe physiologische Vorgänge im Organismus zu verstehen, reicht die Kenntnis des Genoms allein nicht aus. Es ist notwendig, die Proteine in ihrer Gesamtheit zu erfassen. Die Biosynthese von Proteinen ist gewebs- bzw. zellspezifisch. Auf die Menge und Qualität der gebildeten Proteine haben neben Transkription und Translation verschiedene posttranslationale Modifikationen wie z. B. die Phosphorylierung Einfluss. In Abhängigkeit von der Untersuchungsebene unterscheiden wir z. B. das Transkriptom, das die Gesamtheit der mRNA bezeichnet, das Proteom, das die Gesamtheit der Proteine benennt, die durch das Genom einer Zelle oder eines Gewebes kodiert werden, das Metabolom, das die Stoffwechselzwischenprodukte eines Gewebes beschreibt oder das Epigenom, das den epigenetischen Code eines Gewebes beinhaltet. Entsprechend wird von »Transcriptomics«, »Proteomics«, »Metabolomics« oder »Epigenomics« gesprochen. »Transcriptomics« bzw. »Proteomics« ist die Analyse der gesamten mRNA- bzw. Proteinmenge, die von einem Genom unter bestimmten Bedingungen exprimiert werden, während die »Metabolomics« die komplexe Analyse des Intermediärstoffwechsels ermöglicht. Zentrale Verfahren der funktionalen Genomanalyse sind die DNA- und Protein-Array-Techniken (s. z. B. LOCKHART & WINZELER, 2000). DNA- und Protein-Arrays repräsentieren einen neuen Meilenstein in der Genomforschung wo Tausende von Molekülen gleichzeitig analysiert werden können. Gen-Chips werden bisher insbesondere in der klinischen Diagnostik von Infektions-, Krebs- und Erbkrankheiten eingesetzt. Mittels Protein-Arrays wird die wechselseitige Bindung von Proteinen, z. B.



Rezeptor-Ligand-Wechselwirkungen, intrazelluläre Proteinkomplexe, DNA-Protein-, RNA-Protein- oder Protein-Antikörper-Wechselwirkungen untersucht. Die »Power« des funktionalen Genomansatzes wird aus der Tatsache abgeleitet, dass er erlaubt, den in einer gegebenen Zelle aktiv transkribierten bzw. translatierten Teil des Genoms darzustellen.

## 2.2. Gentransfer

Unter »Gentransfer« wird die Übertragung fremder Protein-kodierender DNA-Abschnitte in das Genom von Empfängerzellen mit dem Ziel einer aktiven Beteiligung des Fremdgens an der Proteinsynthese des jeweiligen Empfängers verstanden. Ein Organismus, der ein »fremdes«, in vitro rekombiniertes Gen oder Nukleinsäurefragmente trägt, wird als Transgen bezeichnet. Erfolgt der Transfer des Genkonstruktes in die Keimzellen, kann die Weitergabe an die Nachkommen erfolgen und man spricht vom Keimbahn-Gentransfer. Je nachdem, in welchem Entwicklungsstadium der Empfängerzelle das Gen integriert wird, kann der Organismus das Gen in allen oder nur in einzelnen Organen, Geweben oder Zellen tragen. Gegenüber dem somatischen Gentransfer, bei dem nur somatische Zellen verändert werden, zielt der Keimbahn-Gentransfer auf eine züchterische Nutzung, d. h. auf die Erstellung und Züchtung von transgenen Tierlinien über mehrere Generationen hinweg aus dem ursprünglichen keimtransgenen Tier (Founder). Die ersten Säugetiere, bei denen die Keimbahnintegration gelang, waren Mäuse (1981). Dem folgten wenige Jahre später erste Berichte zur Erstellung Keimbahn-transgener Nutztiere wie Kaninchen, Schafe und Schweine. Die dabei verbreitet angewandte Methode war die Mikroinjektion von Genen in die Vorkerne von Zygoten. Dabei wird die DNA-Lösung mit etwa 3.000-5.000 Kopien in einen Vorkern mikroinjiziert. Der gesamte Vorgang ist ineffizient und lediglich < 5 % der geborenen Jungtiere werden als »positiv transgen« identifiziert. Dieses Verfahren unterlag jedoch insbesondere bei den Nutztieren erheblichen Schwankungen, die sich in einer geringen Effizienz und damit einem hohen Gesamtaufwand äußerten. So konnten trotz intensiver Bemühungen zur Erstellung keimbahntransgener Nutztiere in nur wenigen Bereichen Tierlinien zur erfolgreichen Anwendung etabliert werden. Hauptgründe dafür waren vor allem reproduktionsphysiologische Barrieren (längeres Generationsintervall, längere Zyklusdauer, begrenzte Verfügbarkeit von Eizellen und Embryonen), geringe Integrationsraten und insbesondere die zufällige Integration des Transgens im Wirtsgenom bei Mikroinjektion mit der Folge von eventuell ungünstigen chromosomalen Positionseffekten bei der Genexpression. So lag nach 20 Jahren Gentransfer beim

Nutztier immer noch ein Hauptaugenmerk auf der Suche nach einer effizienten und verlässlichen Technik zur Erzeugung transgener Tiere. Wege zu neuen Gentransfer-techniken auf diesem Gebiet hingegen sind viel versprechend entwickelt und bereits eingesetzt worden. Eine besondere Rolle bei der Erzeugung genetisch modifizierter Organismen, vor allem im Bereich landwirtschaftlicher Nutztiere, spielen neben dem Einsatz lentiviraler Vektoren innovative Techniken zur Gewinnung/Erzeugung sowie zum Transfer früher Embryonalstadien im Zusammenhang mit dem Kerntransfer/Klonierung.

Auf diese Weise kann sichergestellt werden, dass die transgene Eigenschaft in identischer Form bei den geklonten Nachkommen vorhanden ist und nicht durch die Neukombination des genetischen Materials, wie sie während Meiose und/oder Befruchtung erfolgt, modifiziert wird. Das Klonen erlaubt die direkte Verwendung geprüfter transgener Foundertiere, die meist noch hemizygot für das jeweilige Transgen sind. Dadurch würde eine zeitaufwendige Rückkreuzung zur Erstellung transgener Linien überflüssig werden. Die Verfügbarkeit geeigneter Zellen oder Zelllinien und deren Verwendung im Kerntransfer kann die Erstellung transgener Tiere signifikant verbessern. In der In-vitro-Kultur gehaltene Zellen können durch Elektroporation oder andere Verfahren genetisch verändert werden. Anschließend kann in vitro der Erfolg des DNA-Transfers geprüft werden, so dass nur Zellen mit korrekter Integration und maximaler Expression des Transgens für den Kerntransfer verwendet werden und alle Nachkommen transgen sind. Darüber hinaus wird durch die Anwendung homologer Rekombinationstechniken entgegen der Vorkernmikroinjektion eine gezielte Einflussnahme wie Ausschalten eines Gens (sogenannte »Knock-out-Tiere«) oder Ersetzen eines Gens (»Knock-in-Tiere«) möglich.

Da die meisten landwirtschaftlich relevanten Merkmale durch das Zusammenspiel mehrerer Gene beeinflusst werden, sind bisher kaum transgene Tiere mit im engeren Sinne landwirtschaftlichen transgenen Merkmalen erstellt worden. Bekannt geworden sind Wachstumshormon-transgene Schweine und Kälber, die in ökonomisch relevanten Parametern deutliche Verbesserungen aufwiesen, die aber mit erheblichen pathologischen Nebenerscheinungen assoziiert waren. Wenn auch deshalb der Gentransfer bisher und auch zukünftig als Züchtungsmethodik in der Nutztierzucht keine oder nur eine geringe Rolle spielen wird, ist zu erwarten, dass transgene Tiere im biomedizinischen Bereich, insbesondere für die Erzeugung rekombinanter pharmazeutischer Proteine aus der Milchdrüse sowie transgene Schweine für die Xenotransplantation eine Rolle spielen könnten. Heute existieren bereits transgene Tiere, die größere Mengen pharmazeutischer Proteine in der Milchdrüse produzieren. So konnten vom transgenen Schaf »Tracy« jährlich etwa 3,5 kg Alpha-Antitrypsin ge-

wonnen werden, das zur Behandlung der »Zystischen Fibrose« beim Menschen eingesetzt wird. Derartige Substanzen müssen dann in ausreichendem Maße aus der Milch aufgereinigt werden. Die Blutproteine Alpha-Antitrypsin, Antithrombin II oder Tissue Plasminogen Activator, produziert in der Milchdrüse transgener Ziegen oder Schafe, befinden sich bereits in der fortgeschrittenen klinischen Prüfung. Bei deren erfolgreichem Ausgang wird mit einer Verfügbarkeit auf dem Arzneimittelmarkt in den nächsten Jahren gerechnet. Bei der Xenotransplantation werden spezifische Gene wie z. B. das Alpha-Galaktosyltransferasegen in transgenen Schweinen eliminiert mit dem Ziel, die hyperakute Abstoßungsreaktion, die bei der Übertragung von Xenotransplantaten auftritt, auszuschalten.

### 3. Chancen und Risiken gentechnologischer Verfahren beim Nutztier

Die konsequente Weiterentwicklung der Gentechnologie mit dem Ziel eines Einsatzes in der tierzüchterischen Praxis wird eine wichtige Voraussetzung sein, um den zukünftigen Herausforderungen an die Nutztierhaltung begegnen zu können. In Kombination mit den sich rasant weiterentwickelnden molekulargenetischen Erkenntnissen und dem reproduktions-biotechnologischen Methodenspektrum wird ein wichtiges Instrumentarium zur Bewältigung zukünftiger Herausforderungen in Tierzucht und Tierproduktion zur Verfügung stehen.

Die molekulare Gendiagnostik gehört zu den innovativsten Bereichen der modernen Tierzucht und eröffnet ein breites Spektrum an Nutzungsmöglichkeiten. Im Zusammenhang mit der Bekämpfung von Erbfehlern ist und wird die molekulare Gendiagnose insbesondere bei rezessiven Erbfehlern im Zusammenhang mit international ausgerichteten Zuchtprogrammen von großer Bedeutung sein. Sie erlaubt eine Erkennung von Anlageträgern ohne umfangreiche Testanpaarungen. Unter Tierschutzgesichtspunkten kann bei Einbeziehung der molekularen Gendiagnostik die Anpaarung von Anlageträgern untereinander und des daraus resultierenden Risikos für das Auftreten von Merkmalsträgern vermieden werden. Andererseits erlaubt die Verwendung von Gentests den kontrollierten Zuchteinsatz von Anlageträgern und ist damit auch ein wertvolles Hilfsmittel bei der Erhaltung der in ihrem Bestand gefährdeten Nutzierrassen. Darüber hinaus stellen genetische Marker ein wirksames Instrumentarium zur Bestimmung und damit zum Erhalt der genetischen Vielfalt dar und bilden die Grundlage für die Entwicklung effizienter Erhaltungszuchtprogramme beim Nutztier.

Die Kombination von Großdurchsatzverfahren zur Darstellung von DNA-Varianten mit entwickelten genetisch-statistischen Verfahren wird im Rahmen einer Marker-

oder Gen-unterstützten Selektion zu einer höheren Genauigkeit der Zuchtwertschätzung und dadurch zu einer Verminderung der Anzahl zu testender Bullen bzw. zur Erhöhung des Zuchtfortschrittes führen. Darüber hinaus werden gendiagnostische Verfahren, durch die Verbindung mit entwickelten Reproduktionsbiotechnologien (z. B. »ovum pick up«), wesentliche Beiträge zur Erhöhung des Zuchtfortschrittes, insbesondere durch die mögliche Verkürzung des Generationsintervalls, liefern.

Um komplexe physiologische Vorgänge im Organismus zu verstehen, reicht die Kenntnis des Genoms allein nicht aus. Einerseits unterliegt die DNA selbst ständig sequenzverändernden Einflüssen. Andererseits können innere und äußere Faktoren auf allen Stufen der primären und sekundären Genwirkung sowohl Struktur als auch Funktion und Wechselwirkung der biologisch wirksamen Moleküle des Organismus und damit die Merkmalsausprägung beeinflussen. Ob ein Gen oder Genprodukt für seinen Träger vorteilhaft oder nachteilig ist, hängt unter anderem von dem Kontext an Genen und Umweltfaktoren ab, in den es integriert ist.

Gegenwärtig bestehen die Grenzen in der Anwendung gendiagnostischer Verfahren in der Nutztierzucht darin, dass zum einen einzelne Gene nur einen Teil der Merkmalsvarianz erklären. So sind z. T. eine Vielzahl von Genen mit signifikanten phänotypischen Effekten für ein und denselben Merkmalskomplex beschrieben worden, die zudem in verschiedenen Populationen in unterschiedlicher Häufigkeit und differierendem Ausmaß der phänotypischen Wirkung auftreten. Der züchterische Erfolg, der durch gendiagnostische Verfahren in der jeweiligen Zuchtpopulation erreicht werden kann, hängt neben der Häufigkeit der merkmalsassoziierten Genvarianten in dieser Population auch vom jeweiligen genetischen Hintergrund ab. So z. B. können nicht berücksichtigte andere merkmalsassoziierte Varianten im gleichen Gen einen weiteren signifikanten Anteil der phänotypischen Varianz des entsprechenden Merkmals erklären. So z. B. berichteten KÜHN et al. (2004) zusätzlich zur K232L-DGAT1-Variante (u. a. GRISART et al., 2002) über eine DGAT1-Promotorvariante, welche den QTL für Milchleistungsmerkmale auf dem Chromosom 14 des Rindes besser erklärte. Des Weiteren könnten nicht berücksichtigte, mit dem Zielgen gekoppelte Varianten in anderen Genen mit negativen Leistungseffekten zu unerwünschten Nebenwirkungen führen.

Automatische Gendiagnose-Verfahren (z. B. SNP-Chips) bilden die Grundlage für eine umfassende Genotypisierung von Nutztieren und werden damit eine neue Dimension der genetischen Analyse komplexer Merkmale eröffnen. Entwickelte Marker-gestützte Selektions- oder Anpaarungsstrategien oder Verfahren der »genomic« Selektion bilden letztlich die Voraussetzung für die Einbeziehung der umfangreichen Typisierungsdaten in Selektionsprogramme.

Durch die im Rahmen der funktionalen Genomanalyse erfolgende Darstellung exprimierter mRNAs bzw. Proteine ist die Analyse des Anteils aller aktiven Gene einer Zelle möglich. Gene, die in einem Gewebe, das durch eine Krankheit oder eine abweichende Leistung beeinflusst ist, unterschiedlich exprimiert sind, sind von besonderem Interesse. Sie können zu neuen Einsichten in die Prozesse der Krankheitsentwicklung führen und die Grundlage z. B. für ein Genotypen-basiertes Gesundheitsmanagement oder eine Fruchtbarkeitsfrühdiaagnose bilden. Mit den neuen technologischen Entwicklungen auf dem Gebiet der Genomics und den entwickelten bioinformatischen und genetisch-statistischen Ansätzen wird eine neue Qualität in der Nutzung der Ergebnisse genomanalytischer Verfahren in der Nutztierzucht möglich. So werden die Technologien der funktionalen »Genomics« eine neue Dimension in der Phänotypisierung von Nutztieren eröffnen und damit die Erfassung wesentlich »verbesserter Phänotypen« ermöglichen.

Darüber hinaus wird eine sichere Erkennung tierspezifischer Anforderungen an Haltungsbedingungen durch die Aufklärung von Gen-Umwelt-Wechselwirkungen anhand objektiver Bewertungskriterien möglich. Die Gestaltung tiergerechter Haltungsbedingungen stellt nicht nur eine günstige Bedingung zur Ausschöpfung des genetischen Leistungspotentials der Tiere dar, sondern entspricht auch in hohem Maße dem genuinen Interesse der Tierzüchter nach Tierschutz und Tiergesundheit. Darüber hinaus wird eine sichere Erkennung tierspezifischer Anforderungen an Haltungsbedingungen durch die Aufklärung von Gen-Umwelt-Wechselwirkungen anhand objektiver Bewertungskriterien möglich. Weitere Anwendungsmöglichkeiten der gendiagnostischen Verfahren ergeben sich im Bereich der Veterinärmedizin und Landwirtschaft bei der Identifizierung von Krankheitserregern und Krankheitsgenen, der Bestimmung von Medikamentenresistenz, der Analyse von mikrobieller Kontamination von Grundwasser, Böden oder Futtermitteln sowie bei der Identifizierung von gentechnisch veränderten Nahrungs- und Futtermitteln.

Die Effizienz des Gentransfers beim Nutztier kann durch die Verwendung genetisch modifizierter Zellen im Kerntransferverfahren wesentlich verbessert werden, so dass präzise und genau kontrollierte genetische Veränderungen möglich werden. Von besonderer Bedeutung für Forschung und Anwendung ist es, nicht nur Gene additiv in das Genom von Zellen zu integrieren, um damit transgene Tiere zu generieren, sondern Gene auch funktionell zu deletieren. Aus dem in-situ-Ersatz von endogenen Strukturgenen oder regulatorischen Elementen durch andere Sequenzen würde eine völlig neue Dimension der gewünschten Veränderung des Genoms resultieren. Biomedizinisch interessante Anwendungsmöglichkeiten könnten in der Erzeugung therapeutischer Proteine, im »Tissue Engineering« (Gewebe-Ersatz aus somatischen

Zellen) und, nach Überwindung noch bestehender erkenntnistheoretischer Schranken, in der Xenotransplantation liegen. Als Züchtungsmethodik zur Erzeugung von Nutztieren mit einem bestimmten »genetischen Design« wird der Gentransfer auf Grund erkenntnistheoretischer und ethischer Grenzen auch zukünftig in der Nutztierzucht keine oder nur eine geringe Rolle spielen.

Grundsätzlich bleibt festzuhalten, dass es nahezu unmöglich ist, alle potenziellen Anwendungen einer neuen Technologie vorauszusagen und damit ihr Risiko für Tier, Mensch und Umwelt abzuschätzen. Alle Technologien können in der einen oder anderen Weise missbraucht werden. Deshalb ist es unerlässlich, ihre Anwendungen zu regulieren, nicht jedoch die Technologien selbst. Die Öffentlichkeit sieht Wissenschaft meist als eine Serie von Durchbrüchen (»Gott spielen«), aber in Wirklichkeit ist der Erkenntnisfortschritt viel mehr ein sehr kontinuierlicher Prozess. Wissenschaft, Politik, Medien und andere Multiplikatoren haben die soziale Verantwortung, die Öffentlichkeit über die Ergebnisse der wissenschaftlichen Arbeit und die potenziellen Risiken neuer Technologien objektiv und verantwortungsbewusst zu informieren. Von entscheidender Bedeutung wird es dabei sein, wie es gelingt, die unterschiedlichen Risikowahrnehmungen von Verbraucher, Wissenschaft und Wirtschaft anzupassen und das vorhandene Misstrauen z. B. zwischen Verbraucher und Wissenschaft, als wesentliche Störgröße der Kommunikation miteinander, abzubauen. Ein Beispiel dafür ist die gegenwärtig geführte kontroverse Diskussion zur »Grünen Gentechnik«. Prinzipiell unterscheiden sich die Ziele der »Grünen Gentechnik« nicht von denjenigen der Jahrtausende alten »traditionellen« Pflanzenzucht. Es geht beiden darum, Eigenschaften von Pflanzen genetisch zu verändern, um höhere Ernteerträge und bessere Gewinne durch geschütztes Saatgut zu erreichen, die Widerstandsfähigkeit gegen Schädlinge und Krankheiten zu verbessern sowie langfristig die Bodenfruchtbarkeit zu sichern. Allerdings besteht ein wesentlicher Unterschied darin, dass, während sich die »traditionelle« Pflanzenzucht nach Vorauswahl von geeigneten Individuen des Zufallsprinzips der Natur bedient, die »Grüne Gentechnik« die Kenntnisse über die Genome nutzt, um sie durch gentechnische Maßnahmen gezielt und schneller zu verändern. Das hohe Tempo gentechnischer Veränderungen und ihre Kombinationsvielfalt zwingen, wie bei jeder neuen Technologie, zu besonderen Vorsichtsmaßnahmen. Deshalb sind für jede gentechnisch veränderte Pflanze umfangreiche Zulassungsverfahren vorgeschrieben, die Risiken und Nebenwirkungen ausschließen sollen, bevor eine gentechnisch veränderte Pflanze zur kommerziellen Nutzung im Freiland eingesetzt werden darf. Die Bedeutung derartiger Begleituntersuchungen wird im folgenden Abschnitt beispielhaft erörtert.

## 4. Funktionale Genomanalyse-Physiologische Charakterisierung neuartiger Futtermittel

Neben den möglichen Auswirkungen neuer bioaktiver Moleküle aus verfütterten genetisch veränderten (GM) Pflanzen und Pflanzenprodukten im Verdauungstrakt und in den Geweben von Tieren, die der Lebensmittelerzeugung dienen, wird die Bedeutung einer ernährungsphysiologischen Beurteilung von verändertem Futter oder von Futterzusatzstoffen in Hinsicht auf den möglichen Einfluss auf die Tiergesundheit und Produktqualität diskutiert.

In den vergangenen Jahren war die Charakterisierung genetisch modifizierter Pflanzen/Futtermittel auf die Untersuchung des toxikologischen Risikos und des nutritiven Wertes fokussiert. Die bisher verfügbaren Ergebnisse nach Verfütterung genetisch veränderter (GMO) Pflanzen (Glyphosate-tolerante Sojabohnen, Zuckerrüben und Mais, Bt-Mais und -Tomaten, Sojaglycin-Reis u. -Kartoffeln, DP4-EPSPS-Sojabohne, Cry V-Kartoffeln) bei verschiedenen Tierarten (Ratte, Maus, Huhn, Rind, Schaf, Schwein) wiesen bei Vergleich mit den Nicht-GMOs überwiegend kein signifikant erhöhtes Risiko oder Unterschiede im nutritiven Wert auf, wenn klassische toxikologische, Ernährungs- und kinetische Untersuchungen durchgeführt wurden (Übersicht siehe FLACHOWSKY et al., 2005).

Allerdings wird zunehmend die Eignung der klassischen Methoden für die nutritive Beurteilung von GM-Futter kritisch diskutiert und der mögliche substanzielle Beitrag der funktionalen Genomanalyse zum besseren Verständnis der physiologischen Auswirkungen neuartiger Futtermittel erörtert (u. a. KATO et al., 2004). Durch die Verwendung von DNA-Chips wurde es möglich, anhand von Expressionsprofilen die gewebsspezifische Genexpression von tausenden Genen gleichzeitig semi-quantitativ zu erfassen. Zellspezifische Antworten auf Genexpressionsebene auf bestimmte Diäten, wie z. B. genetisch veränderte Futtermittel, können damit umfassend analysiert werden und geben Einblick in die molekularen Veränderungen innerhalb der Zelle. Die Kenntnis der Funktion von Genen, die in ihrer Expression diät-bedingt verändert sind und die Zuordnung zu funktionellen Kategorien ermöglicht eine Charakterisierung der durch die Diät betroffenen bzw. beeinflussten Stoffwechselwege.

In eigenen bisher unveröffentlichten Untersuchungen wurden konventionelle und Expressionsprofiling-Verfahren zur Charakterisierung der physiologischen Nebenwirkung transgener Kartoffeln, die virale Antigene exprimieren und als Futterzusatz an Laborratten verfüttert wurden, verglichen. Es kamen Kartoffeln zum Einsatz, die das virale Hüllprotein 60 (VP60) des Calicivirus der Hämorrhagischen Kanin-

chenkrankheit (RHDV) exprimieren. RHDV ist eine virusbedingte, mit einer hohen Mortalität einhergehende Kaninchenseuche. Die Verfütterung VP60-transgener Kartoffeln führte bei den Laborratten zu keinen signifikanten Veränderungen in den verwendeten konventionellen Merkmalen Wachstumsrate, Trockensubstanzaufnahme, scheinbare Proteinverdaulichkeit, Blut- und Serumparameter im Vergleich zur Kontrollgruppe. Das vergleichende Expressionsprofiling wurde mittels DNA-Chip-Hybridisierung durchgeführt. Auf Grund der spezifischen Funktionen der Gewebe Milz, Leber und Dünndarmepithel für das Immunsystem, den Stoffwechsel bzw. die Resorptionsprozesse, wurden nach Beendigung des Fütterungsversuchs Proben aus diesen Geweben entnommen. Im Ergebnis der Microarray-Hybridisierung konnten signifikante gewebsspezifische Veränderungen der Genexpression beobachtet werden. Die orale Verabreichung transgener VP60-Kartoffeln als Futtermittelzusatz führte insbesondere zu hoch signifikanten Veränderungen des Lipid- und Proteinkatabolismus in der Milz. Die physiologischen Auswirkungen der GM-Futterzusätze sind wahrscheinlich eher auf durch die Transgenese veränderte Nährstoffeigenschaften der VP60-Kartoffel als auf die biologische Wirkung des VP60-Antigens zurückzuführen.

Zusammenfassen kann eingeschätzt werden, dass sich der gewählte methodische Ansatz des Expressionsprofiling mittels DNA-Chip-Hybridisierung als empfindliches Instrument für den Nachweis physiologischer Nebenwirkungen neuartiger, transgener Futtermittelzusätze im Modellversuch mit Laborratten bewährt hat. Genetisch veränderte Pflanzen, die als Futtermittel eingesetzt werden sollen, sollten grundsätzlich einer intensiven Prüfung auf physiologische Nebenwirkungen unterzogen werden, da die Wirkung möglicher biologisch aktiver Substanzen, aber auch, infolge der Transgenese und/oder somatischen Klonierung, veränderte ernährungsphysiologische Eigenschaften der transgenen Pflanzen grundsätzlich nicht ausgeschlossen werden können.



## Literatur

- FLACHOWSKY G., CHESSON A., AULRICH K. (2005):** Animal nutrition with feeds from genetically modified plants. *Archives of animal nutrition* 59:1-40
- GRISART B., COPPIETERS W., FARNIR F., KARIM L., FORD C., BERZI P., CAMBISANO N., MNI M., REID S., SIMON P., SPELMAN R., GEORGES M., SNELL R. (2002):** Positional candidate cloning of a QTL in dairy cattle: identification of a missense mutation in the bovine DGAT1 gene with major effect on milk yield and composition. *Genome Res.* 12: 222-231
- KATO H., NARASAKA S., ENDO Y., ABE K., ARAI S. (2004):** DNA microarray analyses of the effects of dietary proteins. *Biofactors* 21:11-13
- KUEHN CH., THALLER G., WINTER A., BININDA-EMONDS O. R., KAUPE B., ERHARDT G., BENNEWITZ J., SCHWERIN M., FRIES R. (2004):** Evidence for multiple alleles at the DGAT1 locus better explains a quantitative trait locus with major effect on milk fat content in cattle. *Genetics* 167: 1873-1881
- LOCKHART D.J., WINZELER E. A. (2000):** Genomics, gene expression and DNA arrays. *Nature* 405: 827-836
- SCHWERIN M., FRIES R., SIMIANER H., SWALVE H., WIMMERS K. (2006):** Die strukturelle und funktionelle Genomanalyse-neue Wege zum Verstehen des Phänotyps-Stand und Perspektiven. *Züchtungskunde* 78: 1-16

# NORMi

ERNÄHRUNGS-SYSTEME FÜR JUNGTIERE

*Sicher ins Leben starten.*



**NORLAC**

NORLAC GmbH · Industriestraße 27 · 27404 Zeven · Germany  
Tel.: +49 (0)4281 / 72-226 · Fax: +49 (0)4281 / 72-433  
Web: [www.NORLAC.com](http://www.NORLAC.com) · E-Mail: [Info@NORLAC.com](mailto:Info@NORLAC.com)

# Fortpflanzungsfunktionen beim Milchrind im Spannungsfeld zwischen Energieaufnahme und Milchleistung



*Prof. Dr. Wilhelm Kanitz<sup>1\*</sup>,*

*Dr. Frank Becker<sup>1</sup>, Prof. Dr. Rudolf Staufenbiel<sup>2</sup>,  
Guido Stürmer<sup>1</sup>, Thomas Engelhard<sup>3</sup>, Horst Blum<sup>3</sup>*

*<sup>1</sup> Forschungsinstitut für die Biologie landwirtschaftlicher  
Nutztiere, Forschungsbereich Fortpflanzungsbiologie,  
Dummerstorf; <sup>2</sup> Freie Universität Berlin, Klinik für Klauen-  
tiere, Berlin; <sup>3</sup> Landesanstalt für Landwirtschaft und  
Gartenbau, Zentrum für Tierhaltung und Technik, Iden*

*\* E-Mail: wkanitz@fhn-dummerstorf.de*

## Zusammenfassung

Die Steigerung des Milchertrages pro Kuh und Laktation, die in der letzten Dekade erreicht worden ist, hat zu einer Verstärkung des negativen Energiegleichgewichtes in Abhängigkeit von der individuellen Leistung und der Energieaufnahme geführt. Die Folge davon ist eine Verschlechterung der Fruchtbarkeitsleistungen bei hohen Milchleistungen. Es werden die Beziehungen zwischen Milchertrag, Energiegleichgewicht und Reproduktionsfunktionen dargestellt.

## Summary

### Reproduction functions in dairy cattle between energy input and milk yield

The increase in milk yield per cow and lactation reached in the last decade is connected to reinforcements of the negative energy balance in dependence on the individual performance and the energy intake. In connection with this, reproductive performances are reduced around the phase of the highest lactation. Therefore, relations between milk yield, energy balance and reproduction functions shall be represented on phenotypic and genetic level.

## Резюме

### Функции размножения молочного скота в поле напряжения между усвоением энергии и удоем.

В последние десять лет достигнутое увеличение удоя коров связано с усилением отрицательного баланса энергии в зависимости от индивидуальной продуктивности и от усвоения энергии. В связи с этим, в фазе самой высокой лактации продуктивности воспроизводства редуцированы. Поэтому необходимо выявить соотношения между удоем, энергетическим балансом и функциями воспроизводства на фенотипическом и генетическом уровнях.

### Ausgangssituation

Im Zeitraum von 1991 bis zum Jahr 2002 konnte die durchschnittliche Milchleistung pro Kuh und Laktation von mehr als 6900 kg in den alten Bundesländern und 4800 kg in den neuen Bundesländern auf durchschnittlich mehr als 8000 kg gesteigert werden. Im Jahr 2006 betrug die durchschnittliche Leistung aller Herdbuchkühe im Bundesgebiet 8672 kg (Abb. 1).

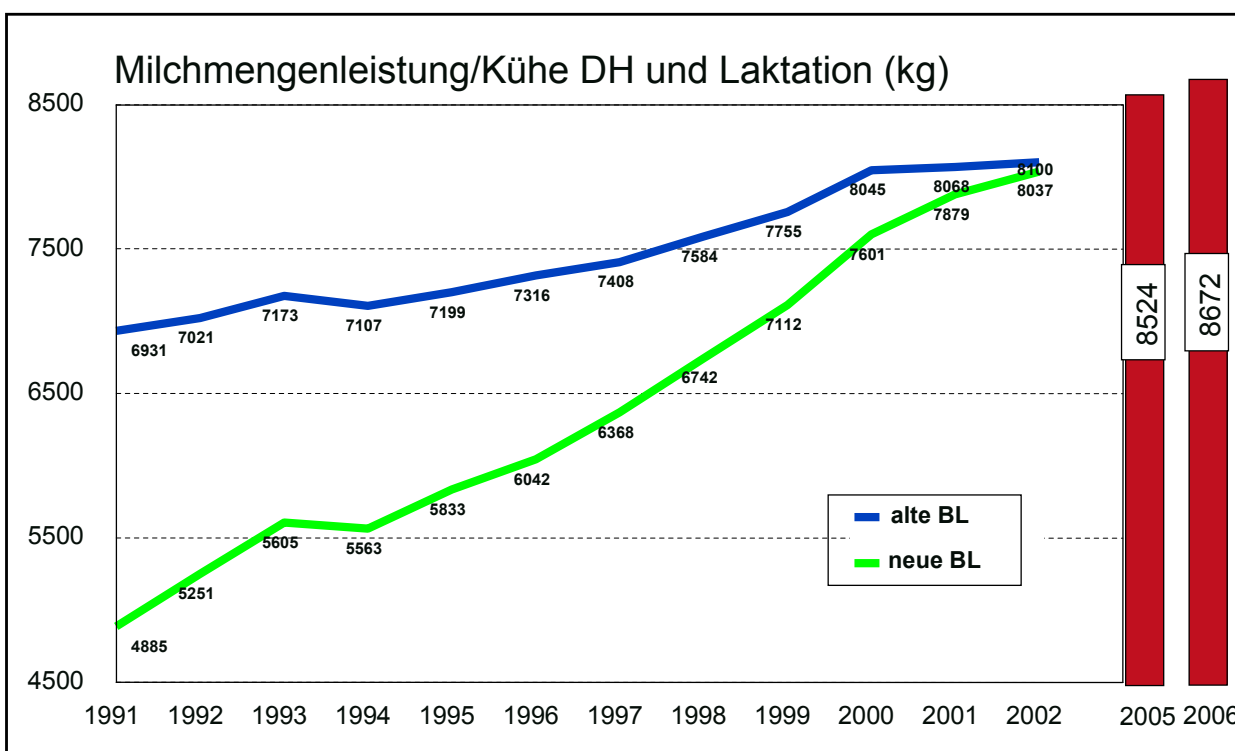


Abb. 1 Milchmenge/ HB-Kuh und Laktation (Rasse: DH-Sbt.)

Im Unterschied zu dieser Entwicklung wurde eine Abnahme reproduktiver Leistungen bei Kühen, jedoch nicht bei Jungrindern, beobachtet. In Nordamerika von WILTBANK et al. (2006) erhobene Daten (Tab. 1) zeigen diesen Trend.

Tab. 1

Fortpflanzungsparameter bei Kühen und Jungrindern (Daten aus Nordamerika)

	Kühe	Jungrinder
Trächtigkeitsrate	35%	70%
Doppelovulationen	20%	1%
Zwillingsrate	8%	1%
Embryonale Verluste	20%	5%
Anovulationen	20%	1%
Entwicklung	Verschlechterung	Konstanz

mod. nach Wiltbank et al., 2006

JANKE (2002) zeigt, dass diese negative Entwicklung bei Kühen von der Leistungshöhe beeinflusst wird (Tab. 2).

Tab. 2 Fortpflanzungsleistungen von Kühen in Abhängigkeit von der Milchmengenleistung

Milchleistungsgruppe (kg, 305 d)	Merkmal								
	<i>n</i>	<i>RZ</i> (d)	<i>VZZ</i> (d)	<i>ZTZ</i> (d)	<i>ZKZ</i> (d)	<i>BA</i> (n)	<i>BI</i> (n)	<i>TR</i> (%)	<i>EBE</i> (%)
1) 6.001 – 8.000	3.617	80	31	111	391	1,71	1,86	54	50
2) 8.001 – 10.000	4.184	82	41	122	402	1,92	2,17	47	42
3) über 10.000	2.448	84	50	134	413	2,12	2,36	40	36
Differenz Gruppe 3:1		4	19	23	22	0,41	0,50	-14	-14

Jahnke, 2002

Mit der aufgezeigten Entwicklung verbunden sind betriebswirtschaftliche Probleme (20% aller Abgänge resultieren aus Fruchtbarkeitsstörungen/Quelle: Rinderproduktion in Deutschland, 2007), eine unzureichende Nachhaltigkeit der Produktion, Probleme bei der Akzeptanz der Primärproduktion in der Bevölkerung und ethische Probleme.

## **Beziehungen zwischen Energiebilanz, Stoffwechsel und Fortpflanzungsfunktionen**

Bei der Frage nach den grundsätzlichen biologischen Regulationsmechanismen, die hinter dieser Entwicklung stehen, muss davon ausgegangen werden, dass Wiederkäuer, wie andere Säugetiere auch, die ihnen zur Verfügung stehenden Nährstoffe nach einem hierarchischen Prinzip für die Aufrechterhaltung verschiedener Körperfunktionen einsetzen. So gibt es Körperfunktionen (Zellerhalt, Kreislauffunktionen, Funktionen des Nervensystems), die Priorität hinsichtlich der Zufuhr von Nährstoffen und Energie besitzen. Andere Funktionen (Bewegung, Wachstum) können eingeschränkt werden. Wiederum andere Funktionen (Energiespeicherung, Fortpflanzung) können unter bestimmten Umständen (Energemangel) unmöglich oder unsinnig sein (WADE und JONES, 2004). Dieses grundsätzliche biologische Prinzip tritt verschärft bei Hochleistungskühen in Erscheinung. Der Grund besteht darin, dass die Selektion auf hohe Milchmengenleistungen zu einem prioritären Nährstofffluss in die Milchdrüse geführt hat, der wiederum in der Konsequenz zu einem Antagonismus zwischen dieser produktiven Leistung und reproduktiven Leistungen führt.

Unter den Bedingungen hoher Leistung kommt es in Kühen zu nachweisbaren, deutlichen Veränderungen im Stoffwechsel und auf hormoneller Ebene. So wird die laktationsbedingte negative Energiebilanz stärker. Parallel dazu tritt ein verstärkter Abbau von Körperreserven, vor allem Fett, auf, der mit typischen Veränderungen im Stoffwechsel einhergeht. Damit verbunden sind verringerte Konzentrationen an Insulin und erhöhte Konzentrationen des Wachstumshormons (GH). Die Tabelle 3 gibt einen Überblick über wesentliche Veränderungen im Stoffwechsel und auf hormoneller Ebene unter den Bedingungen von Hochleistung.

Eine starke Mobilisation von Körperfett führt zu einem vergleichsweise höheren Leberfettgehalt und zu einer vergleichsweise verringerten Trockensubstanzaufnahme. Diese Entwicklung wiederum ist mit einer Verstärkung der negativen Energiebilanz verbunden.

Das Energiedefizit kann Eierstocksfunctionen direkt und indirekt beeinflussen (Abb. 2). Beim direkten Weg (A) ist die durch Insulin und IGF-I vermittelte Stimulation des Wachstums und der Reifung von Eibläschen unzureichend, weil beide Botenstoffe in ihrer Konzentration verringert sind. Beim indirekten Weg (B) wirken Botenstoffe über Gebiete im Zentralnervensystem hemmend auf das Wachstum und die Reifung von Eibläschen. In beiden Fällen sind Störungen von Follikelwachstum und Ovulation die Folge (KANITZ et al., 2003).

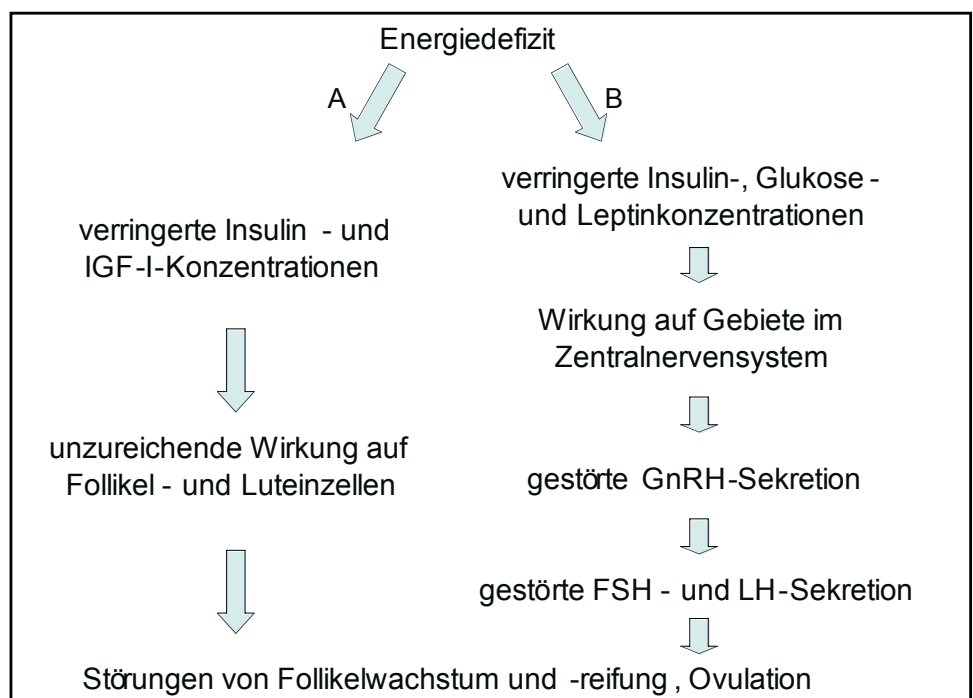
Tab. 3

*Veränderungen im Stoffwechsel und hormonelle Veränderungen unter den Bedingungen von Hochleistung*

Parameter	Richtung der Veränderung
Negative Energiebilanz	↑
Freie Fettsäuren (NEFA)	↑
β-OH-Butyrat	↑
Glukose	↓
Wachstumshormon	↑
Prolaktin	↑
Insulin	↓
Insulin-ähnlicher-Wachstumsfaktor I	↓
Leptin	↓ ?

Abb. 2

*Mechanismen der Wirkung von Energiemangel auf Eierstockfunktionen*



Entgegen der über viele Jahre vorherrschenden Meinung, dass der Energiemangel der einzige Grund für den beobachteten Rückgang der Fruchtbarkeitsleistungen bei Kühen sei, sind der jüngeren Literatur weitere Aspekte zu entnehmen, deren Bedeutung noch nicht ausreichend bewertet werden kann.

So publizierten WILTBANK et al. (2006), dass bei Hochleistungskühen vergleichsweise verringerte Östradiolkonzentrationen festgestellt wurden, die sowohl dem Problemkreis Anovulationen als auch Doppelovulationen zugeordnet werden können. Auch Progesteronkonzentrationen können unter den Bedingungen von Hochleistung vermindert sein (SANGSRITAVONG et al., 2002). Die Ergebnisse zu Zusammenhängen zwischen Progesteronkonzentrationen und Leistung sind jedoch nicht einheitlich. So konnten RABBIE et al. (2002) keine Beeinflussung von Progesteronkonzentrationen in Abhängigkeit von der Trockenmasseaufnahme feststellen. Insgesamt werden verringerte Konzentrationen von Östradiol und Progesteron mit einem gesteigerten Leberstoffwechsel begründet, der dazu führt, dass die von den Eibläschen gebildeten Hormone schneller abgebaut werden. Diese Veränderungen können sowohl die Funktion der Eierstöcke als auch die frühe Embryonalentwicklung beeinflussen (REKSEN et al., 2002; LARSON et al., 2007). Im Zusammenhang damit stellten WILTBANK et al. (2006) fest, dass die Dauer der Brunst von Kühen und die Dauer der Duldungsphase im Zusammenhang mit der Milchleistung stehen. Vergleichsweise höhere Leistungen waren mit vergleichsweise kürzeren Brunsten verbunden (Tab. 4).

Anzahl Kühe (n)		31	40
Milchleistung	(kg/d)	46,8 ± 1,0	32,3 ± 0,6
Brunstdauer	(h)	7,0 ± 1,1 <sup>a</sup>	11,9 ± 1,4 <sup>b</sup>
Anzahl Duldungen	(n)	6,5 ± 0,9 <sup>a</sup>	9,8 ± 1,0 <sup>b</sup>
Duldungsdauer	(s)	20,0 ± 2,8 <sup>a</sup>	28,4 ± 2,7 <sup>b</sup>
Follikeldurchmesser	(mm)	18,6 ± 0,3 <sup>a</sup>	17,4 ± 0,2 <sup>b</sup>
Östradiol	(pg/ml)	6,8 ± 0,5 <sup>a</sup>	8,6 ± 0,5 <sup>b</sup>
a:b p < 0,05		(Wiltbank et al. 2006)	

Tab. 4

*Brunstcharakteristika in Abhängigkeit von der Milchleistung*



## Schlussfolgerungen

- Die Selektion auf Milchmengenleistung hat zu einer veränderten Partitionierung der Nährstoffe und in deren Folge zu einem Antagonismus zwischen der produktiven Leistung und Fruchtbarkeitsleistungen geführt.
- Ursache des Antagonismus ist die negative Energiebilanz in Abhängigkeit von ihrer Höhe und Dauer.
- Darüber hinaus können weitere stoffwechselbedingte Faktoren Fruchtbarkeitsleistungen beeinflussen.
- Dem Antagonismus kann entgegengewirkt werden. Dabei sind Managementmaßnahmen sehr bedeutsam. Folgende Aspekte sollten dabei beachtet werden:
  - Körperkonditionsbeurteilung für das Herdenmanagement nutzen
  - Verfettungen vor der Geburt vermeiden
  - Rastzeit der steigenden Leistung anpassen, aber: Zuchthygiene zur rechten Zeit
  - Milcheiweißkonzentrationen als Managementinstrument nutzen
  - Brunsterkennungsrate feststellen, ggf. Effizienz der Brunsterkennung verbessern
  - Möglichkeiten der Reproduktionsdiagnostik und Reproduktionssteuerung nutzen.
- Darüber hinaus müssen die Grundlagen für eine züchterische Beeinflussung von Fruchtbarkeitsmerkmalen verbessert werden.

## Literatur

**RABIEE, A.R., D. DALLEY, J.M. BORMAN, K.L. MACMILLAN, F. SCHWARZENBERGER (2002):** Progesterone clearance rate in lactating dairy cows with two levels of dry matter and metabolisable energy intakes. *Anim. Reprod. Sci.* 72, 11-25

**JAHNKE, B. (2002):** In jedem Jahr ein Kalb? *Neue Landwirtschaft* 11, 2-5

**KANITZ, W., F. BECKER, G. DIETL, N. REINSCH, R. STAUFFENBIEL (2003):** Beziehungen zwischen Milchleistung, Energieversorgung und Fruchtbarkeit unter den Bedingungen von Hochleistung beim Rind. *Züchtungskunde* 75, 489-498

**LARSON, S.F., W.R. BUTLER, W.B. CURRIE (2007):** Pregnancy rates in lactating dairy cattle following supplementation of progesterone after artificial insemination. *Anim. Reprod. Sci.* 102, 172-179

**REKSEN, O., Y.T. GRÖHN, Ø. HAVREVOLL, T. BOLSTAD, A. WALDMANN, E. ROPSTAD (2002):** Relationships among milk progesterone, concentrate allocation, energy balance, milk yield and conception rate in Norwegian cattle. *Anim. Reprod. Sci.* 73, 169-184

**SANGSRITAVONG, S., D.K. COMBS, R. SARTORI, L.E. ARMENTANO, M.C. WILTBANK (2002):** High Feed Intake Increases Liver Blood Flow and Metabolism of Progesterone and Estradiol-17 $\beta$  in Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.* 85, 2831-2842

**WADE, G.N., J.E. JONES (2004):** Neuroendocrinology of nutritional infertility. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* 287, 1277-1296

**WILTBANK, M., H. LOPEZ, R. SARTORI, S. SANGSRITAVONG, A. GUMEN (...):** Changes in reproductive physiology of lactating dairy cows due to elevated steroid metabolism. *Theriogenology* 65, 17-29

# Einsatz von Siliermitteln aus Sicht der deutschen und der EU-Gesetzgebung



*Dr. Ulrich Korn*

*Dr. Pieper Technologie- und Produktentwicklung GmbH,  
Neuruppin/OT Wuthenow*

## Zusammenfassung

Das geltende europäische Futtermittelrecht führt Konservierungsmittel und Silierzusatzstoffe als technologische Zusatzstoffe auf. Die im biologischen Siliermittel **BIO-SIL**<sup>®</sup> enthaltenen Milchsäurebakterien *Lactobacillus plantarum* DSM 8862 und DSM 8866 sind im Register der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) als Silierzusatzstoffe notifiziert. Die von der EFSA geforderte Überprüfung der relevanten Antibiotikaresistenzen für Mikroorganismen in jeglichen Futtermitteln wurde durch uns durchgeführt und ergab, dass die im **BIO-SIL**<sup>®</sup> enthaltenen Stämme in keinem Fall die Resistenzgrenzen überschreiten. Damit können die Organismen in Siliermitteln ohne Einschränkungen eingesetzt werden. »Sila-fresh« (Kaliumsorbat) ist laut Futtermittelzusatzstoffverzeichnis unbeschränkt als Konservierungsmittel zugelassen und kann dem Siliergut ebenso wie Sorbinsäure unbeschränkt zugegeben werden. Melasse als Alleinfuttermittel ist mit anderen Futtermitteln voll mischbar und demzufolge ist auch deren Einsatz in der Silierung ohne Probleme möglich.

## Summary

### Use of silage additives under the aspect of German and European feed regulations

The actual European feed regulation includes in its scope preservatives and silage additives as technological supplements. The lactic acid bacteria *Lactobacillus plantarum*

DSM 8862 and DSM 8866 are the efficacious ingredients of our biological additive **BIO-SIL**<sup>®</sup> and are notified both in the register from the European Food Safety Authority (EFSA). The EFSA requires the verification of relevant antibiotic resistances of each microorganism used in the production of feeding stuff. The identification showed no resistance higher than the allowed strain limits. Thus our microorganisms are useful in silage additives without restriction of any kind. »Sila-fresh« (potassium sorbate) is in accordance to the feed additive list suitable as preservative in all feeding stuffs as well as sorbic acid and can be added to the ensiling material. Molasses is a single feeding stuff and therefore totally mixable with other feeding stuffs and also addable to ensiling material.

## Резюме

### Применение силосных добавок под углом зрения Германского и законодательства ЕС

В существующем праве о кормовых средствах приводятся консервирующие средства и силосные добавки как технологические добавочные средства. В биологическом силосном добавке **BIO-SIL**<sup>®</sup> содержащиеся штаммы *Lactobacillus plantarum* DSM 8862 DSM 8866 включены в реестр Европейского ведомства для продовольственной безопасности (EFSA) в качестве силосной добавки. Проверка соответствующих резистентностей к антибиотикам, которую требует EFSA для микроорганизмов во всех кормовых средствах, нами проводилась и показала, что допустимые пороги резистентности у штаммов, содержащихся в **BIO-SIL**<sup>®</sup>, ни в одном случае не превышились. Этим организмы можно применять в силосных добавках без ограничений.

Сорбат калия (Sila-fresh) согласно списку о технических добавках к кормовым средствам без ограничений можно применять как консервирующее средство, но не зарегистрирован в числе силосных добавок.

Die aktuelle Rechtssituation zu Siliermitteln ist im geltenden Futtermittelrecht niedergelegt, dessen gesamter Text in der »Grünen Broschüre 2007« veröffentlicht wurde. Diese Broschüre enthält die Futtermittelverordnung vom März 2005, die in die Abschnitte 1 bis 3 (Allgemeine Bestimmungen, Einzelfuttermittel, Mischfuttermittel) und in den Abschnitt 4 (Zulassung und Verwendung von Zusatzstoffen) sowie den Abschnitt 5 (Abgabe und Kennzeichnung von Zusatzstoffen) gegliedert ist:

## Das geltende Futtermittelrecht 2007

Futtermittelverordnung vom 7.3.05, BGBl. Teil I, S. 522  
(zuletzt geändert am 22.12.2005, BGBl. Teil I, S. 3707)

- |              |   |
|--------------|---|
| 1. Abschnitt | Allgemeine Bestimmungen   |
| 2. Abschnitt | Einzelfuttermittel  |
| 3. Abschnitt | Mischfuttermittel   |
| 4. Abschnitt | Zulassung und Verwendung von Zusatzstoffen                      |
| 5. Abschnitt | Abgabe und Kennzeichnung von Zusatzstoffen<br>und Vormischungen |

Der Teil Z enthält die Verordnung EG 1831/2003 über Zusatzstoffe zur Verwendung in der Tierernährung. Die Kapitel 1 bis 4 beschreiben den Geltungsbereich, die Definitionen, Zulassung, Verwendung und Verpackung. Im Anhang I sind die Zusatzstoffe, gegliedert nach den Funktionsgruppen technologische Zusatzstoffe, sensorische, ernährungsphysiologische und zootechnische Zusatzstoffe, im Einzelnen aufgelistet:

### 1. Technologische Zusatzstoffe

- |                                |                                   |
|--------------------------------|-----------------------------------|
| <b>a)</b> Konservierungsmittel | <b>b)</b> Antioxidationsmittel    |
| <b>c)</b> Emulgatoren          | <b>d)</b> Stabilisatoren          |
| <b>e)</b> Verdickungsmittel    | <b>f)</b> Geliermittel            |
| <b>g)</b> Bindemittel          | <b>h)</b> Radionuklid-Bindemittel |
| <b>i)</b> Trennmittel          | <b>j)</b> Säureregulatoren        |
| <b>k)</b> Silierzusatzstoffe   | <b>l)</b> Vergällungsmittel       |

Konservierungsmittel (1 a) sind Stoffe, die Futtermittel vor den schädlichen Auswirkungen von Mikroorganismen oder deren Metaboliten schützen. Ausschließlich zur Konservierung von fertigen Silagen dürfen die Konservierungsmittel Formaldehyd

(E 240), Salzsäure (E 507) und Schwefelsäure (E 513) eingesetzt werden. Alle anderen Konservierungsmittel können in alle Futtermittel, einschließlich in Siliergut, eingebracht werden. Dazu zählen Ameisensäure, Propionsäure sowie Sorbinsäure und ihre Salze. Das Kaliumsalz der Sorbinsäure – Kaliumsorbat – entspricht unserem Produkt »Sila-fresh«.

Die unter 1 k gelisteten Silierzusatzstoffe gliedern sich in die Untergruppen **Enzyme, Mikroorganismen und Chemische Substanzen**. Als Hersteller biologischer Siliermittel sind für uns die Mikroorganismen von besonderer Bedeutung. Alle bis zum 7.11.2004 in der Europäischen Union vertriebenen mikrobiellen Produkte mussten in das Register der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) eingetragen, d. h. notifiziert, werden. Diese Produkte haben einen Bestandsschutz bis 2010. Bis zu diesem Zeitpunkt ist ein Dossier zu erstellen, das bestimmte Eigenschaften, Wirksamkeiten und Nebenwirkungen enthält (The EFSA Journal 2006). Wird dieses Dossier nicht erstellt, entfällt automatisch die Zulassung. Die EFSA hat 2004 im Rahmen der Notifizierung nur die Vollständigkeit der Antragsunterlagen, nicht jedoch Wirksamkeit und Sicherheit der Mikroorganismen, überprüft. Für alle neu entwickelten Produkte muss bereits jetzt ein komplettes Dossier nach vorgegebener Gliederung angefertigt werden:

## Gliederung des Dossiers

<b>Kapitel I</b>	Zusammenfassung aller Daten
<b>Kapitel II</b>	Identität, Merkmale, Herstellung und Anwendung des Zusatzstoffes und Überwachungsmethoden
<b>Kapitel III</b>	Wirksamkeit und Nebenwirkungen des Zusatzstoffes
<b>Kapitel IV</b>	Anwendungssicherheit bei der Tierart

### **Versuchsberichte** (*neue Leitlinien Nov. 2007, wirksam etwa ab Feb. 2008*)

Durch uns wurden zum Zeitpunkt 7.11.2004 bei der EFSA eine Reihe leistungsfähiger Milchsäurebakterien angemeldet, die im Futterzusatzstoffverzeichnis registriert sind (Tab. 1). Diese 13 Stämme weisen charakteristische Eigenschaften auf und können für unterschiedliche Anwendungen kombiniert werden, beispielsweise als Fruktanabbauer, hochosmotolerante Mikroorganismen oder Dextranbildner. Von großer Bedeutung sind zurzeit die *Lactobacillus plantarum*-Stämme DSM 8862 und DSM 8866, die die wirksamen Bestandteile des kommerziellen Produktes **BIO-SIL**<sup>®</sup> darstellen.

Tab. 1 Bei der EFSA registrierte Milchsäurebakterien der Firma Dr. Pieper Technologie- und Produktentwicklung GmbH (entspricht dem Futterzusatzstoffverzeichnis)

Lfd. Nr.	Art und Stammsammlungsnummer	Verwendung	
317	<i>Lactobacillus para. ssp. paracasei</i>	DSM 11394	Fruktanabbauer
318	<i>Lactobacillus para. ssp. paracasei</i>	DSM 11395	Fruktanabbauer
345	<i>Lactobacillus plantarum</i>	DSM 13543	osmotolerant
346	<i>Lactobacillus plantarum</i>	DSM 13544	osmotolerant
347	<i>Lactobacillus plantarum</i>	DSM 13545	osmotolerant
348	<i>Lactobacillus plantarum</i>	DSM 13546	osmotolerant
349	<i>Lactobacillus plantarum</i>	DSM 13547	osmotolerant
350	<i>Lactobacillus plantarum</i>	DSM 13548	osmotolerant
362	<i>Lactobacillus plantarum</i>	DSM 8862	<b>BIO-SIL®</b>
363	<i>Lactobacillus plantarum</i>	DSM 8866	<b>BIO-SIL®</b>
417	<i>Leuconostoc mesenteroides</i>	DSM 8865	Dextranbildner
429	<i>Pediococcus acidilactici</i>	DSM 13945	osmotolerant
431	<i>Pediococcus acidilactici</i>	DSM 13946	osmotolerant

Im Zusammenhang mit Mikroorganismen spielen Antibiotikaresistenzen eine immer wichtigere Rolle. Die EFSA hat in einer Stellungnahme vom 25.05.2005 Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Mikroorganismen im Tierfutter herausgegeben (The EFSA Journal 2005). Ziel dieser Stellungnahme ist die Eindämmung der Ausbreitung von human- und veterinärmedizinisch bedeutsamen Antibiotikaresistenzen. Auch in Silagen, die unter Zusatz von Mikroorganismen hergestellt wurden, können Antibiotikaresistenzen eine wichtige Rolle spielen. Silagen werden als Bestandteile von Futter an Tiere verabreicht und kommen nicht direkt mit dem Verbraucher in Berührung. Allerdings enthalten frische Silagen sehr große Mengen lebensfähiger Mikroorganismen, und bereits mit dem Sickerwasser kann kilogrammweise Biomasse freigesetzt werden. Bereits nach 3 bis 4 Tagen enthalten beispielsweise Grassilagen etwa  $10^{10}$  Milchsäurebakterien je Gramm (Abb. 1), die mit zunehmender Lagerdauer auf  $10^6$  koloniebildende Einheiten pro Gramm absinken.

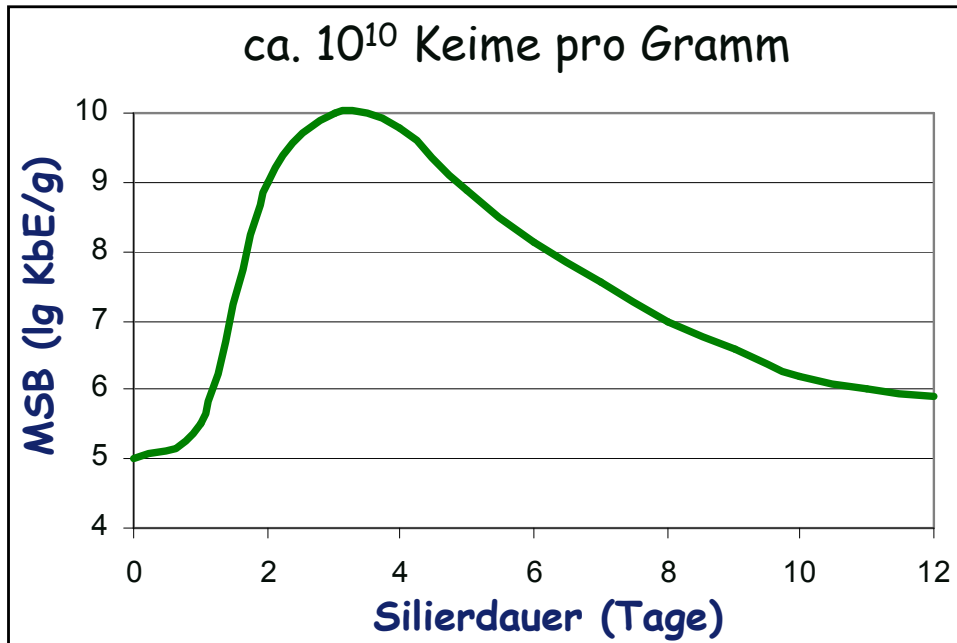


Abb. 1

Entwicklung  
des Besatzes an  
Milchsäurebakte-  
rien in Silage

Antibiotika werden in der tierärztlichen Praxis täglich eingesetzt. Dabei handelt es sich um synthetische (z.B. Chloramphenicol) oder von Mikroorganismen gebildete Moleküle (z.B. Penicillin), die in sehr geringen Mengen andere Mikroorganismen abtöten können.

Es gibt eine Vielzahl weiterer Antibiotika auf dem Markt (in Deutschland 2005 laut BfArM insgesamt 2.775 Präparate), die im human- und veterinärmedizinischen Bereich eingesetzt werden. Antibiotikaresistenz ist die Widerstandsfähigkeit von Bakterien gegen Antibiotika. Resistente Bakterien sterben bei der Behandlung mit Antibiotika nicht mehr ab. Dieses Resistenzproblem wächst weltweit stark an. In Europa haben sich im Jahr 2005 ca. 3 Millionen Menschen mit Keimen infiziert, die gegen bekannte Antibiotika resistent sind, und 50.000 von ihnen starben (The EFSA Journal 2005). Kann man die Verbreitung von Antibiotikaresistenzen nicht in jeder Weise eindämmen, werden sie weiter zunehmen. Um dieses Problem zu begrenzen, hat das Europäische Parlament die Richtlinie EU 2003/99/EC veröffentlicht, die verbindlich ein Monitoring von Zoonosen verlangt. Die Richtlinie verpflichtet die Mitgliedsländer Antibiotikaresistenzen zu erfassen, dies bei Gefährdung für die menschliche Gesundheit zu melden und mit entsprechenden Maßnahmen einzugreifen.

Das Monitoring ist u.a. verbindlich für Mikroorganismen, die Resistenzgene über Artenschränken hinweg austauschen können. Dazu zählen u.a. *Salmonella*, *Campylobacter*, *E. coli*, aber auch *Enterococcus*. *Enterococcus* gehört als Gattung zur Ordnung der Milchsäurebakterien, und einige Arten dieser Gattung werden in kommerziellen Siliermitteln eingesetzt. Weiterhin existieren natürliche und erworbene Antibiotikaresistenzen. Natürliche Resistenzen sind die Fähigkeit der Bakterienart, unempfindlich gegen Antibiotika zu sein und in ihrer Gegenwart zu wachsen. Um eine



erworbene Resistenz handelt es sich, wenn ein gegen das Antibiotikum empfindlicher Stamm **plötzlich** unempfindlich geworden ist. Die Ursachen für diese Resistenzen sind teilweise nicht aufgeklärt und sehr komplex. Es kommen Veränderungen des Zielortes des Antibiotikums am Bakterium vor, z. B. eine Mutation des Penicillinbindungsproteins. An dieses Protein mit bekannter Funktion heftet sich das Penicillin an. Das führt dazu, dass die Zelle abstirbt. Findet dort eine einzige Mutation statt, kann Penicillin nicht mehr wirken, da es nicht mehr gebunden wird. Beim Transfer von Resistenzen findet eine aktive Aufnahme von Genen statt, die die Inaktivierung oder den aktiven Abbau des Antibiotikums bewirkt. Als horizontaler Gentransfer wird die Eigenschaft von Mikroorganismen bezeichnet, z. B. Insertionssequenzen (kleine DNS-Abschnitte) über die Artenschränken hinweg austauschen zu können. Als zusätzlicher Prozess existiert die direkte Inaktivierung durch Abbau des Antibiotikums. MAKAROVA und KOONIN (2007) berichten über den horizontalen Gentransfer durch Bakteriophagen bzw. durch Konjugation orthogener Gene verschiedener antibiotikaabbauender Enzyme. Dies interpretieren die Autoren als einen deutlichen Beweis für die enge Verwandtschaft der untersuchten Lactobacillen, die auch in biologischen Siliermitteln eingesetzt werden. NICOLOFF und BRINGEL untersuchten 2003 den Transfer von Insertionssequenzen zwischen verschiedenen *Lactobacillus*-, *Pediococcus*- und *Oenococcus*-Arten. Diese Insertionssequenzen sind direkt mit der Regulation von Genen verbunden, die den Zuckerstoffwechsel und die Antibiotikaresistenz regulieren. AQUILANTI et al. haben 123 Milchsäurebakterienarten aus tierischen Nahrungsmitteln isoliert. Davon enthielten 59 Arten Resistenzgene, u. a. gegen Erythromycin, Tetracyclin und Meclocylin. Bedeutsam ist, dass das Sequenzgen gegen Tetracyclin eine 99%ige Übereinstimmung mit dem Gen aufweist, welches kürzlich in den humanpathogenen *Listeria monocytogenes* und *Neisseria meningitidis* nachgewiesen wurde. Dies ist als ein weiterer Beweis für die Übertragung von Antibiotikaresistenzen von einem harmlosen auf einen gefährlichen Organismus anzusehen. 2005 isolierten CHEN et al. aus verschiedenen Böden unterhalb landwirtschaftlicher Betriebe 32 verschiedene Milchsäurebakterienarten (*Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Enterococcus*, *Leuconostoc*, *Weissella*) und 5 Clostridienarten. Milchsäurebakterien in Böden galten bisher als ungewöhnlich, geben aber damit einen direkten Hinweis auf die Transfermöglichkeiten von Antibiotikaresistenzen.

Die Bestimmung der Antibiotikaresistenzen bei Mikroorganismen kann mit unterschiedlichen Methoden erfolgen (Abb. 2). Die EFSA verlangt in ihrer Stellungnahme vom 25.05.2005, dass alle mikrobiellen Produkte, die der Erzeugung von Tierfutter dienen, geprüft werden müssen.

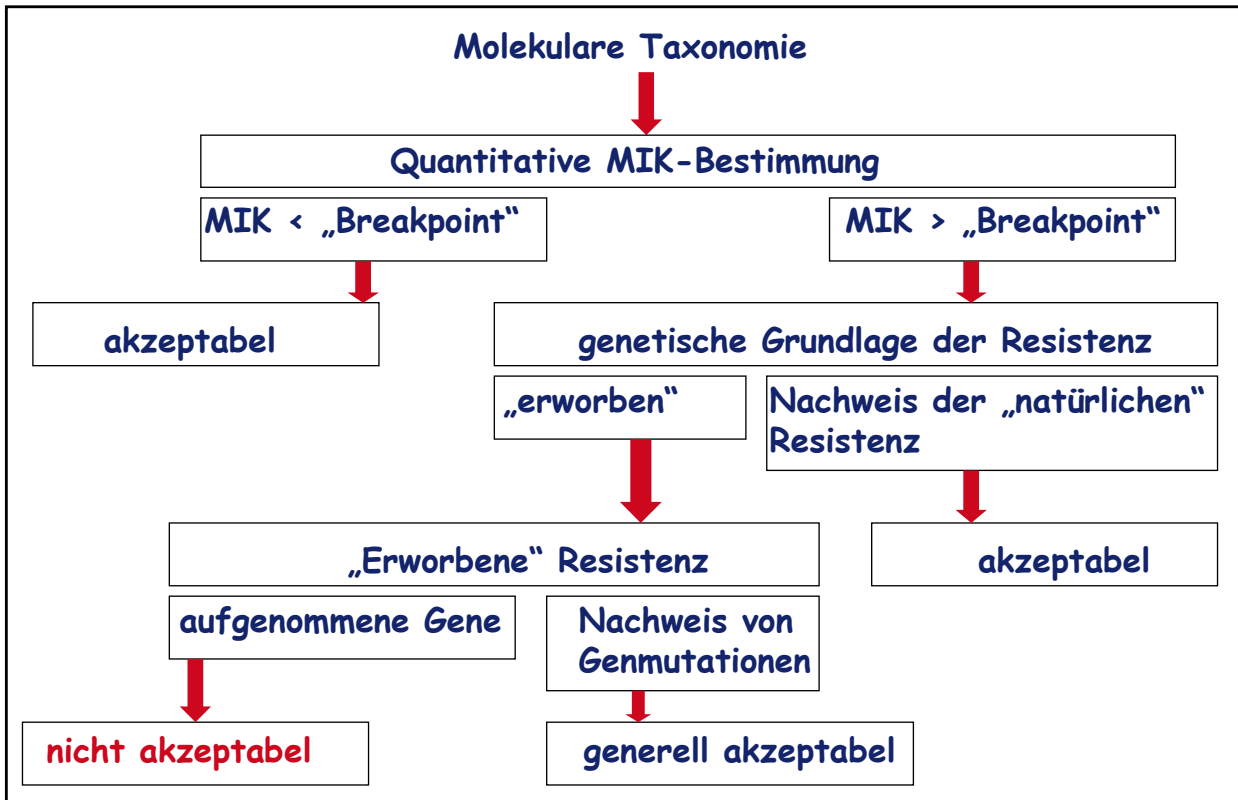


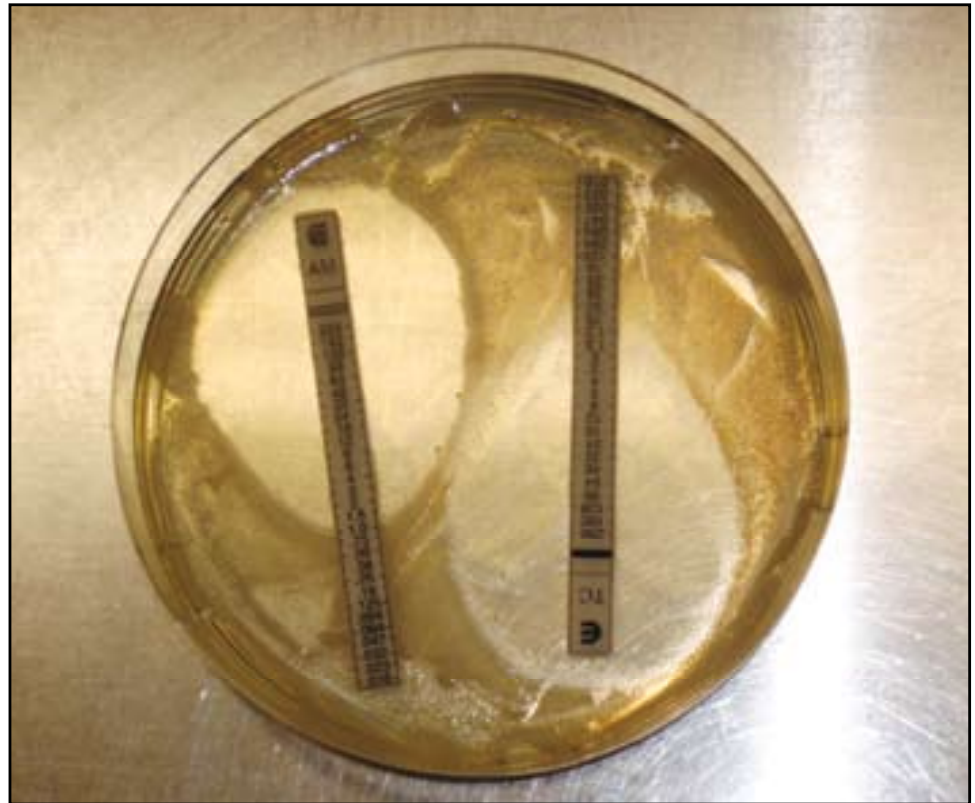
Abb. 2 Bestimmung der Antibiotikaresistenzen von Bakterienstämmen, die als Futtermittelzusatzstoff dienen

Es ist zu erwarten, dass in naher Zukunft alle biologischen Siliermittel auf Antibiotikaresistenzen zu überprüfen sind. Dazu wird die Minimale Inhibitorische Konzentration (MIK) gemessen, diejenige Konzentration des Antibiotikums, bei der kein Wachstum des Zielorganismus mehr erfolgt. Im Labor ermittelt man einen Umschlagpunkt, den so genannten »break point«, der anzeigt, ob noch ein Wachstum stattfindet. Die Bestimmung der »break points« unserer Mikroorganismen erfolgte u. a. mit dem ET-Testsystem der Firma AB Biodisk, Schweden. Dazu wird unter sterilen Bedingungen ein definiertes Medium mit dem zu untersuchenden Bakterium beimpft und anschließend auf die beimpfte Oberfläche ein Teststreifen mit dem Antibiotikum aufgelegt. Der Teststreifen enthält das entsprechende Antibiotikum in aufsteigender Konzentration. Abbildung 3 zeigt, dass ab einer bestimmten Konzentration des Antibiotikums kein Wachstum mehr zu erkennen ist (klare Zone). Auf diese Weise kann die Resistenzgrenze des Organismus gegen das Antibiotikum ermittelt werden.

Die EFSA hat die »break points« für verschiedene Mikroorganismen, die in Futtermitteln oder in Silierzusatzstoffen enthalten sein können, festgelegt. Die Grenzwerte für die einzelnen Mikroorganismen wurden in der Praxis ermittelt und dienen dazu, einen Organismus als resistent oder nicht resistent einzuordnen (Tab. 2).

Abb. 3

Petrischale mit  
ET-Teststreifen  
auf MÜLLER-  
HINTON-Agar,  
beimpft mit  
*Lactobacillus*  
*plantarum*



Tab. 2 Durch die EFSA festgelegte »break points« zur Einstufung der Resistenz  
( $\mu\text{g/ml}$ )

	<i>Lactobacillus</i> obligate homofermentative	<i>Lactobacillus</i> heterofermentative*	<i>Lactobacillus</i> <i>plantarum</i>	<i>Enterococcus</i>	<i>Pediococcus</i>	<i>Leuconostoc</i>	<i>Lactococcus lactis</i>	<i>Streptococcus</i> <i>thermophilus</i>	<i>Bacillus</i> spp	other Gram+
ampicillin	4	4	4	8	4	4	4	4	n.r.	2
vancomycin	4	n.r.	n.r.	8	n.r.	n.r.	4	4	4	4
gentamicin**	8	8	64	512	4	4	8	8	4	4
kanamycin **	16	16	64	1024	4	8	8	8	8	8
streptomycin**	16	16	64	1024	4	8	16	16	8	8
neomycin**	16	16	32	1024	8	8	8	8	8	8
erythromycin	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
clindamycin	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
quinupristin + dalbopristin	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
tetracycline	8	8	32	16	4	4	4	4	8	4
chloramphenicol	4	4	8	8	4	4	8	8	8	4
trimethoprim**	8	8	8	8	8	8	n.r.	n.r.	8	8
linezolid	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

n.r. not required.  
\*including *L. salivarius*  
\*\* possible interference of the growth medium

Für uns bedeutsam sind die Resistenzen der Milchsäurebakterien *Lactobacillus plantarum* DSM 8862 und DSM 8866. Die Ermittlung der Antibiotikaresistenzen dieser beiden Arten ergab, dass die im **BIO-SIL®** eingesetzten Stämme in keinem Fall die Resistenzgrenzen überschreiten, d. h., die Mikroorganismen sind gegen alle relevanten Antibiotika empfindlich (Tab. 3). Damit können die Organismen in Siliermitteln ohne Einschränkungen eingesetzt werden, und sie sind nach der EFSA-Orientierung voll akzeptabel:

Tab. 3 »break points« für *Lactobacillus plantarum* DSM 8862 und DSM 8866

	EFSA 05/2005	BIO-SIL®	
	<i>L. plantarum</i> (µg/ml)	Stamm 8862 (µg/ml)	Stamm 8866 (µg/ml)
Ampicillin	4	0,023	0,023
Chloramphenicol	8	1,0	1,5
Clindamycin	4	4,0	3,0
Erythromycin	4	0,5	1,0
Gentamycin	64	1,5	1,5
Kanamycin	64	24	24
Linezolid	4	1,0	1,0
Neomycin	32	1,0	1,0
Quinu/Dalfo	4	0,75	1,0
Streptomycin	64	16	24
Tetracyclin	32	8,0	8,0
Trimethoprim	8	1,5	2,25

Eine Vielzahl chemischer Substanzen kann zum Silieren eingesetzt werden, einige davon haben sogar DLG-Gütezeichen erhalten. Das Futterzusatzstoffverzeichnis enthält insgesamt 32 chemische Produkte, z. B. Hexamethylentetramin, Ammoniumdi-propionat, Benzoesäure, Formaldehyd usw., die für die Silierung verwendet werden dürfen. Nicht in dieser Liste enthalten sind das Alleinfuttermittel Melasse sowie einige Konservierungsmittel wie Propionsäure, Ameisensäure, Sorbinsäure und ihre korrespondierenden Salze. Da die Anwendung dieser Mittel ohne ein HACCP-Qualitätssicherungssystem beim Landwirt schwierig ist, und weil allein die Dokumentation für viele kleinere Betriebe einen unverhältnismäßig großen organisatorischen Aufwand bedeutet, hat der Zentralausschuss der Deutschen Landwirtschaft in Zusammenarbeit mit der DLG einen Vorschlag zum Einsatz von Konservierungsmitteln veröffentlicht. Dazu ist lediglich das in Abbildung 4 dargestellte Protokoll auszufüllen. Der Einsatz von Kaliumsorbit im Siliergut ist noch einfacher, weil eine Analyse der kritischen



## Literatur

**AQUILANTI, L., GAROFALO, C., OSIMANI, A., SILVESTRI, G., CLEMENTI, F. (2007):** Isolation and molecular characterization of antibiotic-resistant lactic acid bacteria from poultry and swine meat products, *J. Food Prot.* 70(3):557-565

**CHEN, Y.S., YANAGIDA, F., SHINOHARA, T. (2005):** Isolation and identification of lactic acid bacteria from soil using an enrichment procedure, *Lett. Appl. Microbiol.* 40(3):195-200

Das geltende Futtermittelrecht 2007: Grüne Broschüre [TE] ISBN 3-938835-052, 18. Neuauflage 2007, Allround Media Service e.K.

**Direktive 2003/99/EC:** Directive 2003/99/EC of the European Parliament and of the Council of 17 Nov. 2003 on the monitoring of zoonoses and zoonotic agents, amending Council Decision 90/424/EEC and repealing Council Directive 92/117/EEC OJ L 325, 12.12.2003 p. 31

**MAKAROVA, K. S., KOONIN, E.V. (2007):** Evolutionary genomics of lactic acid bacteria  
*J. Bacteriol.* 189(4):1199-1208

**NICOLOFF, H., BRINGEL, F. (2003):** ISLpl1 is a functional IS30-related insertion element in *Lactobacillus plantarum* that is also found in other lactic acid bacteria, *Appl. Environ. Microbiol.* 69(10):6032-6040

**The EFSA Journal (2005) 223,1-12:** Opinion of the scientific panel on additives and products or substances used in animal feed on the updating of the criteria used in the assessment of bacteria for resistance to antibiotics of human veterinary importance (adopted on 25 May 2005)

**The EFSA Journal (2006) 349,1-10:** Opinion of the scientific panel on additives and products or substances used in animal feed for the establishment of the guidelines on the assessment of safety and efficacy of silage additives, on a request from the commission under article 7(5) of regulation (EC) No 1831/2003 (adopted on 20 April 2006)

## Diskussion

*Prof. Zeyner, Universität Rostock:*

*Sie haben die Tests gezeigt, mit denen Sie nachweisen, dass die Lactobacillus plantarum-Stämme die Anforderungen erfüllen. Kann man die Ergebnisse, die Sie jetzt erzielen, auch auf die Zukunft transportieren? Heißt das, dass diese Stämme die Antibiotikaresistenzen nie erwerben werden?*

*Antwort:*

*Das ist so zu vermuten. Ich muss allerdings noch eine Ergänzung machen. Wir haben natürlich nicht nur unser Produkt untersucht, sondern auch andere Präparate, und wir finden auch Antibiotikaresistenzen. Das Auffinden derartiger Resistenzen sagt jedoch nichts darüber aus, ob es sich um eine erworbene oder eine natürliche Resistenz handelt. Wenn die natürliche Resistenz direkt in der DNA fixiert ist, gibt es auch zukünftig keine Probleme. Auch eine durch eine Mutation erworbene Resistenz, die nicht durch einen Gentransfer weiter gereicht werden kann, ist unproblematisch. Problematisch wird es erst dann, wenn Antibiotikaresistenzen auf andere Organismen weitergegeben werden können.*

*Frage:*

*In vielen Betrieben wird Kaliumsorbat in Mischrationen eingesetzt. Wie sieht hier die rechtliche Situation aus?*

*Antwort:*

*Hierbei ist die Rechtssituation eindeutig. In diesem Fall wird Kaliumsorbat als Konservierungsmittel verwendet und ist damit zugelassen. Es gibt keine zeitliche und mengenmäßige Begrenzung. Damit können Sie Kaliumsorbat zur Konservierung unbegrenzt einsetzen.*



**Keenan™**  
*True Technology*

**Westprignitzer  
Landtechnik GmbH**

**Heiko Steinfurt : 0151-14735227**



**mech fiber™**



# Empfehlungen zu Siliertechnik und -management für eine kostengünstige Top-Silage



*Dr. Johannes Thaysen*

*Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein,  
Abteilung Pflanzenbau/Pflanzenschutz, Osterrönfeld*

*E-Mail: [jthaysen@lksh.de](mailto:jthaysen@lksh.de)*

## Zusammenfassung

Die Grobfutterkosten sind ein erheblicher Kostenfaktor im Milchviehbetrieb und ein Schlüssel zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit. Die Kosten der Eigenproduktion werden häufig unterschätzt. Zu Vollkosten von 15 Cent je 10 MJ NEL bei Maissilage bzw. 20 Cent je MJ NEL bei Grassilage erzeugen derzeit nur sehr wenige Betriebe das wirtschaftseigene Futter. Die entscheidenden Einflussfaktoren sind die Maschinenkosten und daneben die Kosten für die Düngung. Nur durch eine deutliche Reduzierung der Kosten für die eigene Maschinenausstattung, die häufig in den Betrieben nicht ausgelastet werden kann, und durch kostengünstige Lohnunternehmer sind spürbare Kostensenkungen möglich. Jeder Betriebsleiter sollte seine Kostenstellen kennen und aktiv an die betrieblichen Erfordernisse anpassen.

Sollen die Milcherzeugungskosten aus Grobfutter niedrig sein, müssen die Energiedichte und die Gärqualität für eine möglichst optimale Milchleistung aus dem Grobfutter hoch sein.

Silagen mit einer hohen Energiedichte neigen aber unter Entnahmebedingungen häufig zur aeroben Instabilität. Die dadurch möglichen Verluste an TM und Energie können hoch sein. Daher werden alle notwendigen Maßnahmen für eine Optimierung der Silagequalität zur Erreichung des Ziels »Abraumfreie Silage« hinsichtlich der Siliertechnik und des Managements bei Verdichtung und Siliermitteldosierung beschrieben. Viele Silagen werden z.Z. noch auf Siloplatzen gelagert. Dieses System weist hohe Arbeitskosten und höhere Verluste auf als Fahrsilosysteme mit Seitenwänden.

Siloplaten sind zwar günstiger zu bauen als Fahrsilos, verursachen jedoch höhere Arbeits-, Bewirtschaftungs- und Nebenkosten. Ein komplexer Systemvergleich aller 3 Systeme sowohl im Futterbaubetrieb als auch bei der Biogassilage weist aus, dass Fahrsilosysteme mit schrägen Seitenwänden wirtschaftliche Vorteile bieten. Allerdings ist eine hohe Liquidität zur Realisierung der Investition erforderlich. Bei wachsenden Betrieben wird das Fahrsilosystem mit schrägen Seitenwänden zunehmend den Vorzug erhalten. Mit Hilfe des »Silo-Controllings« werden die angewandte Silierarbeit überprüft und Hinweise zur deren zukünftigen Verbesserung erarbeitet.

## Summary

### Recommendations for ensiling-technique and silage-management to achieve high quality silages with low costs

The costs of silages are a considerable expense factor in dairy farms and a key for the improvement of the economic viability. The costs of self-mechanization of silage making are often underestimated. To full costs of 15 cents 10 MJ NEL with maize silage or 20 cents MJ NEL with grass silage few farms generate nowadays low silage production costs. The determining factors of influence are the machine costs and the costs of fertilization. Only by a clear reduction of the costs for own machine equipment which cannot be balanced often in the farms and by reasonable wage enterprisers perceptible reduction in costs is possible. Every manager should know his costs positions and adapt actively to the operational requirements.

Should the milk production costs from silage be low, the energy concentration and the fermentation quality must be high for a optimum milk yield from silages.

However, silages with a high energy concentration incline often to a low aerobic instability under withdrawal conditions. The losses possible thereby of DM and energy can be high. Hence, all necessary measures are described for the optimization of the silage quality for the reaching of the purpose »low loss silage« concerning the ensiling-technique and the silage-management with compression and silage additive application systems. Many silages are stored at the moment still on silo plates. This system shows high labor cost and possible higher losses in comparison with clamps with side walls. Indeed silo plates are more favorable to build due to lower construction costs, but cause higher labor cost, management costs and additional costs. A sophisticated comparison of all 3 systems in dairy farms as well as with the biogas-silage expels that clamps with sloping side walls offer economic advantages. Indeed, a high liquidity is necessary for the realization of this investment.

When farms grow the clamp silo system with sloping side walls will increase. With the help of the «silo controlling» the applied silage practice is checked and hints are compiled to their future improvement.

## Резюме

### Рекомендации по технике силосования и менеджменту для производства высококачественного силоса.

Издержки на грубые корма являются существенным фактором денежных затрат в молочном хозяйстве и ключом для улучшения его рентабельности. Денежные затраты на собственное производство часто не правильно оценивают. По затратам в размере 15 центов на 10 МДж НЭЛ у кукурузного силоса и 20 центов на 10 МДж НЭЛ у силоса из злаков в настоящее время только немного хозяйства свой основной корм. Решающие факторы влияния являются издержки на использование машин и мимо этого расходы на удобрения. Только значимым снижением издержек на собственное оборудование машинами, которые часто в хозяйствах не полностью используются, и договорами с сервисными предприятиями возможно существенная редукция финансовых затрат. Каждый руководитель хозяйства должен знать структуру своих издержек и ее активно приспособливать хозяйственным требованиям. Для низких финансовых затрат на производство молоко из грубых кормов требуется высокую плотность энергии и высокое качество брожения для возможно оптимального удоя. Но силос с высокой плотностью энергии часто склоняются к аэробной нестабильности при выгрузке. Этим вызванные потери сухой массы и энергии могут быть довольно высокими. Поэтому описываются все необходимые мероприятия для оптимизации качества силоса для достижения цели «безотходного силоса» по технике силосования, менеджмента при уплотнении и дозировке силосных добавок. Во многих хозяйствах хранят силос в настоящее время еще в горизонтальных хранилищах без боковых стенок. Такая система отличается более высокими рабочими затратами и более высокими потерями по сравнению с горизонтальными силосохранилищами с боковыми стенками. Горизонтальные хранилище без боковых стенок легче строятся чем горизонтальные силосохранилища с боковыми стенками, но вызывают более высоких рабочие, хозяйственных и побочных затрат. Комплексное сравнение всех трех систем так в области кормопроизводства, как и в области производства биогаза показывает, что силосохранилища с косыми боковыми стенками имеют экономические преимущества. Но требуется высокая ликвидность для необходимых капиталовложения. С увеличением предприятий система силосохранилищ с боковыми стенками будет преобладающей. С помощью «Silo-Controllings» проверяется достигнутое качество силосования и разработают советы для будущего улучшения.

## 1. Einfluss der Grobfutterqualität auf die Milchleistung

Zunächst trägt eine hochwertigere Silage besser zur Energieversorgung der Kühe bei. Entscheidender ist jedoch der Einfluss auf die Futteraufnahme, denn von besseren Silagen wird auch mehr gefressen. Weiterhin steht die maximal zu verabreichende Kraffuttermenge in einem festen Verhältnis zur Grobfutteraufnahme. Fressen die Tiere weniger Grobfutter, müssen auch die Kraffuttermengen begrenzt werden, wenn die Ration noch wiederkäuergerecht bleiben soll. Eine Kompensation schlechter Grobfutterqualitäten durch Kraffutter ist somit nicht möglich. Häufig besteht die Grundration jedoch nicht nur aus Grassilage. Ein Anteil von 30-50% Maissilage ist heute üblich. Die Energiegehalte der Maissilagen schwanken allerdings weniger stark als die der Grassilagen. Betriebszweigauswertungen belegen, dass der Energiegehalt von Maissilage in den einzelnen Milchleistungsklassen nahezu konstant blieb, wobei leistungsstärkere Betriebe tendenziell etwas mehr Maissilage einsetzen. Der Energiegehalt der Grassilagen steigt hingegen mit wachsenden Milchleistungen eindeutig an. Betriebe im Leistungsbereich größer 8.000 kg Milch verfügen in der Regel über Grassilagen mit einer Energiekonzentration von über 6,2 MJ NEL. Daraus lässt sich der Schluss ziehen: Der Betriebserfolg in der Milchviehhaltung hängt maßgeblich von der Qualität der Silagen ab!

## 2. Zielsetzung bei der Silagequalität

<b>Silagequalität produzieren</b>	 Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein
<b><u>Zieleigenschaften der Silagequalität</u></b>	
<b>TM-Gehalt %:</b>	<b>Gras 30 - 40</b> <b>Mais 28- 35</b>
Sicher über der Gärstoffbildungsgrenze von <b>28-30 % TM</b>	
<b><u>Gute Gärqualität:</u> schnelle, tiefe <b>Ansäuerung</b> keine <b>Buttersäurebildung</b></b>	
<b><u>Hygienisch einwandfrei:</u> keine <b>Schimmelbildung</b> keine <b>Nacherwärmung</b> keine <b>Pilzgifte (Mycotoxine)</b></b>	
<b><u>Ganzjährig:</u></b>	<b>Abraumfreie Silage</b>
Silietechnik und -management Dr. Johannes Thaysen, jthaysen@lksh.de	10. Symposium Dr. Pieper Neuruppin, 25. Oktober 2007

Abb. 1

Zieleigenschaften der Silagequalität

### 3. System Silierung

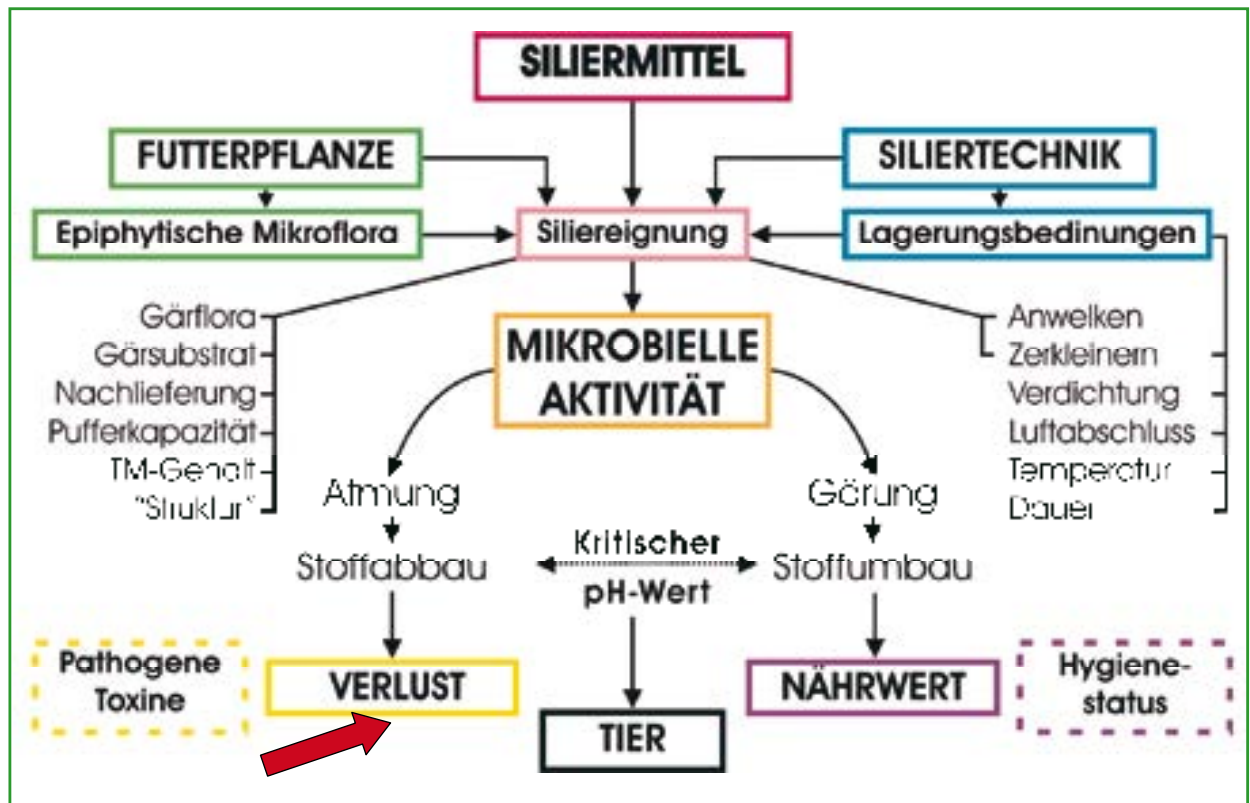


Abb. 2 System Silierung (ergänzt nach ZIMMER, 1969)

### 4. Verluste erkennen und vermeiden

Am Beispiel der Silomaissilierung sind in Abbildung 3 die TM- und Energieverluste den verschiedenen Verlustursachen zugeordnet. Demnach ist aufgrund der unvermeidlichen Vergärungs- und Feldverluste im günstigsten Fall mit 70 €/ha TM-Verlust und mit 7 €/ha Energieverlust zu rechnen. Treten die verfahrensabhängigen bzw. vermeidbaren weiteren Verluste in Form von Gärtsaftbildung oder Nacherwärmung auf, summieren sich die monetären Verluste auf über 600 €/ha.

Neben der Einhaltung der optimalen Nutzungszeitpunkte und Anwelk- bzw. Reifegrade (s. Abbildung 1) sind der Einsatz schlagkräftiger Siliertechnik und das dazugehörige Siliermanagement von entscheidender Bedeutung für die Höhe der Verluste und damit für die Silagequalität im Silo und auf dem Futtertisch.

Ursache	Bewertung	TM €/ha	NEL €/ha
Restatmung	unvermeidbar	-	1 ... 2
Vergärung	unvermeidbar	58 ... 116	5 ... 12
Gärsaft	verf.-abhängig	0 ... 81	0 ... 9
Feldverluste	verf.-abhängig	12 .. 58	1 ... 6
Fehlgärungen	vermeidbar	0 .. <b>174</b>	0 ... <b>12</b>
Nacherwärmung	vermeidbar	0 .. <b>174</b>	0 ... <b>12</b>
Summe	<b>Silomais</b>	<b>70 ... 604</b>	<b>7... 54</b>
<b>Ohne Bewertung: Leistung Tiere, Tiergesundheit</b>			

Abb. 3

Monetäre  
Verluste bei der  
Maissilierung  
(ergänzt nach  
ZIMMER, 1969)

Aus der Vielzahl der möglichen Einflussfaktoren auf die Silagequalität (s. Abbildung 2) sollen im Folgenden aus den Bereichen Siliertechnik und -management die folgenden Punkte behandelt werden:

- Siloanlagenplanung
- Verdichtung
- Siliermitteldosierung
- Silagelagerung für Fahrsilosilagen

## 5. Siloanlage vor der Befüllung planen

Die wichtigste und alleinige Planungsgröße für Siloanlagen ist der Vorschub (Entnahmemenge pro Zeiteinheit). Folgende Anforderungen für Gras- und Maissilagen sind anzusetzen:

- 1,5 m/Woche in der kälteren Jahreszeit
- 2 (-2,5) m/Woche in der wärmeren Jahreszeit (Mais)

Bei heute üblichen Abfahrwagengrößen muss ein Fahrsilo mindestens 45 m lang sein. Ist es kürzer, wird beim Abladen die Grüngutschicht dicker als 30 cm. Als Lösung bietet sich an, parallel ein zweites Silo zu befüllen.

Viele Betriebe haben in den letzten Jahren den Viehbestand vergrößert. Oft ist aber die Siloanlage der Aufstockung nicht angepasst worden. Folglich kann bei diesen Betrieben das Silo nur in die Höhe wachsen. Hohe Silos haben aber entscheidende Nachteile. Zum einen vergrößert sich die Anschnittsfläche, je höher das Silo wird. Ein angestrebter Vorschub von zwei Meter pro Woche im Sommer lässt sich nur schwer einhalten. Zum anderen werden die Randbereiche bei hohen Silos schlechter verdichtet. Die Verluste steigen deshalb in der Regel mit der Höhe eines Fahrsilos an. Fazit: Ein Fahrsilo sollte deshalb vor allem lang und nicht allzu hoch sein.

## 6. Verdichtung und Abdeckmanagement

Die Verdichtung von Silagen beeinflusst deutlich deren Lagerstabilität. Bei unzureichender Verdichtung kann verstärkt Sauerstoff in das Silo eindringen; dieses fördert wiederum das Wachstum unerwünschter Keime wie Hefen und Schimmelpilze und führt zur Nacherwärmung der Silagen. Die Auswertung einer Versuchsreihe mit Laborsilos, bei denen optimale luftdichte Verhältnisse und standardisierter Luftzutritt ermöglicht wurden, zeigen einen eindeutigen Zusammenhang: Luftzutritt und Verdichtung haben einen direkten Einfluss auf das Hefewachstum und damit auf die aerobe Stabilität von Silagen (Tab. 1). Die um 3 Tage längere Stabilität in den luftdicht gelagerten Silagen ist durch die etwa 1000fach geringere Keimzahl an Hefen zu erklären.

*Tab. 1 Einfluss von Verdichtung und Luftzutritt auf Hefekonzentrationen und die aerobe Stabilität (Mittelwerte aus 10 Versuchen mit Grassilage). (KLEINMANS, 1996)*

	<b>Laktat abb. Hefen</b> (Log KBE/g FM)	<b>Aerobe Stabilität</b> (Tage)
sehr gute Verdichtung, 100% luftdicht	3,0	6,3
sehr gute Verdichtung, mit Luftzutritt	4,1	5,7
schlechte Verdichtung, mit Luftzutritt	6,1	3,3

HONIG (1987) legte deshalb Mindestverdichtungen für einen Gasaustausch von  $< 20 \text{ l}/(\text{m}^2 \times \text{h})$  fest (Tab.2), die als Sollwerte gelten.

Tab. 2 Sollwerte für Verdichtungen für einen Gasaustausch von  $< 20 \text{ l}/(\text{m}^2 \times \text{h})$  nach Honig (1987)

Futterart	TM Gehalt (%)	Lagerdichte (kg TM/m <sup>3</sup> )
<b>Gras</b>	20	160
15 mm theor. Häcksellänge	40	120
<b>Luzerne</b>	20	180
15 mm theor. Häcksellänge	48	240
<b>Mais</b>	28	230
4-7 mm theor. Häcksellänge	33	240
<b>GPS</b>	35	230
gehäckselt	45	260
<b>CCM</b>	55	400
	45	260

Im Zeitraum vom Sommer 2003 bis zum Frühjahr 2005 wurden 211 Praxissilagen hinsichtlich ihrer Verdichtung untersucht (Abb. 4).

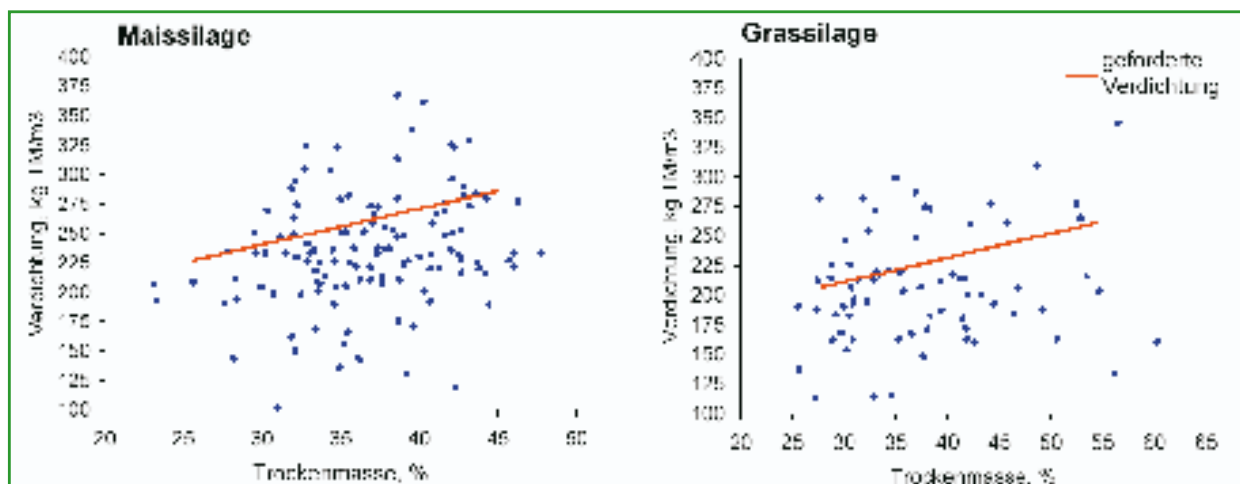


Abb. 4 Verdichtung in Maissilagen ( $n = 134$ ) und Grassilagen ( $n = 77$ ) mit unterschiedlichen Trockenmassegehalten.

In mehr als der Hälfte der Bestimmungen wurde die empfohlene Mindestverdichtung nicht erreicht. Die restlichen Betriebe konnten jedoch die Sollwerte erreichen – selbst bei höheren Trockenmassen. Es ist also durchaus möglich, mit dem richtigen Verfahren eine ausreichende Verdichtung zu erreichen.



Das Nadelöhr einer schlagkräftigen Silierkette ist meistens die Verteilung und Verdichtung des Grüngutes im Fahrsilo. Häufig übernehmen die Betriebe diese Arbeit selbst, während die übrigen Teile der Silierkette anderweitig vergeben werden. Es kommt jedoch nicht selten vor, dass das Gewicht des hofeigenen Schleppers für diesen Zweck nicht ausreicht und zudem die Fahrsilos vom Lohnunternehmer mit Grüngut überfrachtet werden. Eine ausreichende Verdichtung lässt sich dann nicht mehr erzielen. **Als Faustzahl sollte der Walzschlepper das Vierfache der Siliergutmenge wiegen, die in einer Stunde eingebracht wird.** Wenn also alle 10 Minuten eine Fuhre abgeladen wird, errechnet sich bei üblichen Silierwagengrößen (30 m<sup>3</sup>) eine erforderliche Schleppermasse von 12 Tonnen. Kommt dagegen nur alle 15 Minuten neues Siliergut, reichen 8 Tonnen aus. Ist der Schlepper zu leicht, hilft auch häufiges Hin- und Herfahren nicht weiter, weil die ausreichende Tiefenwirkung fehlt. Letztere wird neben der Achslast auch von der Reifenbreite und vom Reifendruck bestimmt. Überbreite Reifen oder gar Zwillingsreifen scheiden für das Festwalzen aus. Außerdem müssen die Reifen immer prall gefüllt sein; der Luftdruck sollte nahe am zulässigen Limit liegen (ca. 2,5 bar). Eine Wasserfüllung in den Reifen und zusätzliche Gewichte am Schlepper können die Walzwirkung noch erhöhen. Wenn nicht schneller als 4 km/h gefahren wird, reichen im Normalfall zwei bis drei Überfahrten aus, um das Siliergut ausreichend zu verdichten.

### **Beste Mann auf das Walzaggregat !!!**

Auf den Walzschlepper gehört stets der kompetenteste Fahrer, der notfalls auch die ganze Silierkette stoppen können muss, wenn er mit dem Walzen nicht nachkommt. Es mag deshalb für einige Betriebe sinnvoll sein, auch die Walzarbeit an den Lohnunternehmer zu vergeben. Sollte es dann zu Schimmelbildung oder Nacherwärmung kommen, kann der Beauftragte dafür verantwortlich gemacht werden. Zurzeit liegt die Verantwortung für die korrekte Ausführung der Walzarbeit allein beim Walzschlepperfahrer. Mittelfristig ist eine Technik zu fordern, die dem Fahrer anzeigt, an welchen Stellen auf dem Silo noch gewalzt werden muss bzw. an denen die Walzarbeit bereits ausreichend geleistet worden ist.

Ganz entscheidend für das Verdichtungsergebnis ist auch, dass von Anfang an gewalzt wird. Nur so kann ein sauberer, schichtweiser Aufbau des Silos erreicht werden. Häufig wird mit dem Walzen erst begonnen, wenn schon mehrere Fuhren Grüngut im Silo zusammengekommen sind. Da die Tiefenwirkung der Achslast nicht über 30-40 cm hinausreicht, werden somit die untersten Lagen nicht mehr ausreichend verdichtet.

In Abbildung 5 sind die produktionstechnischen Empfehlungen zum Verdichtungsmanagement zusammengefasst.



- ➔ schwerer Walzschlepper ohne Zwillingsreifen
- ➔ Reifendruck 0,2 MPa (2 bar)

**FAUSTZAHL:**

$$\text{Walzschleppergewicht} = \frac{\text{Bergeleistung in Tonnen pro Stunde}}{3^*}$$

\* bei Ladewagen (Faktor 4 bei Häckslersilage)

- ➔ max. 40 cm Schichtdicke zum Walzen
- ➔ 4 km/h Walzgeschwindigkeit bei mind. 3 Überfahrten
- ➔ 2-3 Minuten Verdichtungsaufwand pro Tonne Erntegut
- ➔ mind. 0,5 bis 1 h Nachwalzen, je nach TS-Gehalt

Abstimmung der Walzkapazität auf die Schlagkraft des Ernteverfahrens:

Bei grosser Ernteleistung bzw. geringer Hof-Feld-Entfernung:  
2 Walzschlepper mit Schiebeschilden und Verteilern

Abb. 5 Produktionstechnische Empfehlungen der Verdichtungstechniken im Fahr-silo (WAGNER, 2007)

## Walztechniken

Als Walzaggregate stehen aufballastierte Schlepper, Radlader, Rüttelwalzen und Spezialsilowalzen zur Verfügung. Während Walzschlepper die eigentliche Verdichtungsarbeit vornehmen, weisen Radlader den weiteren Vorteil auf, Siliergut auf das Silo tragen und verteilen zu können. Spezielle Rüttelwalzentechnik eignet sich nur für Häckselgut wie Maissilage bei Fahrsilos mit Seitenwänden. Spezialsilowalzen wie die ARNOLD Silowalze aus gebrauchten Waggonrädern befinden sich noch in der Erprobung.

Für Siloplatten hat sich der Einsatz von Raupenbaggern zur Optimierung der Kantearbeit, zum Seiteneinzug und zur Schlusskontur bewährt (Abb. 6).

## Baggerverdichtung nur Kanten

Mittelwerte aus 5 Betrieben, mittlerer TM-Gehalt Maissilage 31 %

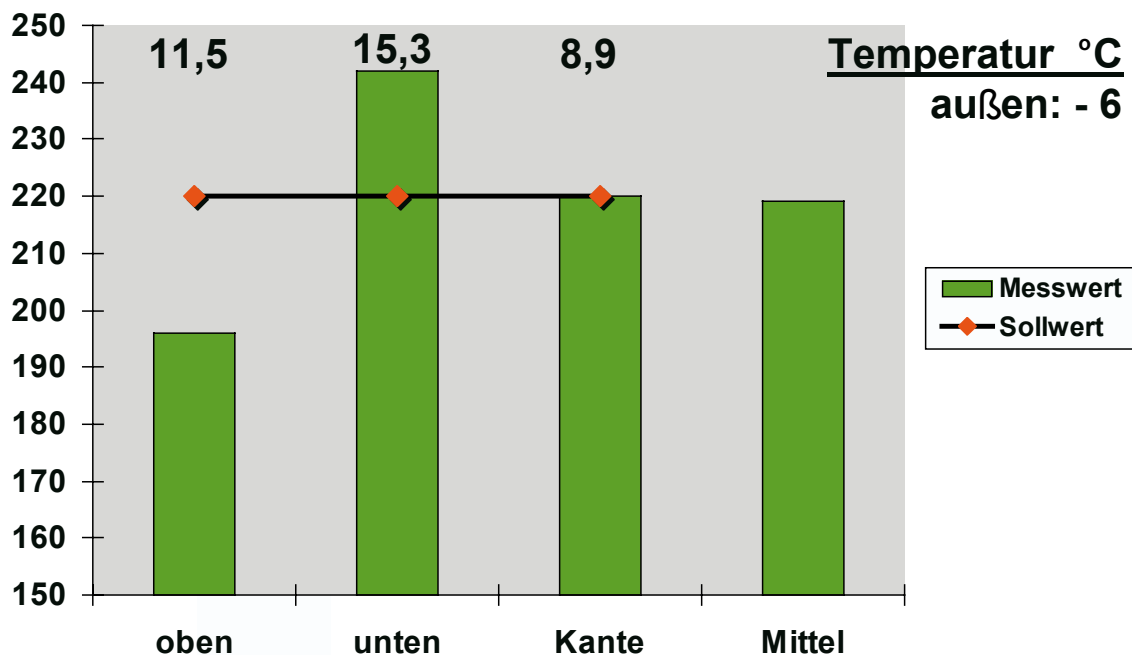


Abb. 6 Verdichtung von Maissilage mittels Raupenbaggereinsatz

### Abdeckungsmanagement

Meistens reichen die Silierarbeiten bis tief in die Abend- oder Nachtstunden. Da ist es durchaus verständlich, wenn manch einer sein Silo erst am nächsten Tag abdeckt. Dies hat jedoch weit reichende negative Auswirkungen auf den Gärverlauf. **Deshalb sollten die Silos gleich nach dem Nachwalzen zumindest mit einer Unterziehfolie abgedeckt werden.** Die sorgfältige Abdeckung mit einer weiteren, dickeren Folie kann am kommenden Tag erfolgen. Selbst wenn das Silo am nächsten Tag noch weiter befüllt wird, ist es sinnvoll, das bereits eingefahren Siliergut über Nacht abzudecken.

Neben der Verdichtung hat auch die Silierdauer einen direkten Einfluss auf den Gehalt an Hefen und Schimmelpilzen im Gärgut. Eine Lagerung von mindestens 6-8 Wochen sorgt dafür, dass die Keimzahl an Hefen und Schimmelpilzen im Silo vermindert wird. Wenn außerdem noch heterofermentative Milchsäurebakterien als Siliermittel eingesetzt wurden, sollte das Silo unter keinen Umständen früher geöffnet werden.

Bei der Futterentnahme aus dem Silo ist die unvermeidliche Luftfeinwirkung auf ein Mindestmaß zu begrenzen. Deshalb sollte der Anschnitt auch nicht in der Haupt-

windrichtung liegen. Ein Herausreißen von Siliergut ist ebenso zu vermeiden wie eine Auflockerung des Futterstocks. Außerdem muss die Plane über dem Anschnitt immer beschwert werden und darf nicht flattern, da sonst Luft in das Silo gepumpt wird.

## 7. Siliermitteldosierung

Voraussetzung für eine optimale Wirksamkeit von Siliermitteln ist die homogene Verteilung im Futter durch gleichmäßige Dosierung des Mittels und gute Benetzung des Siliergutes.

Diese Forderungen werden am besten mit einem für das jeweilige Siliermittel geeigneten Dosiergerät am Ernteaggregat (Exakthäcksler, Ladewagen, Presse) erfüllt.

Sowohl biologische als auch chemische Siliermittel werden entweder in streufähiger Form als Granulat/Pulver oder in flüssiger Form als Säure, Siliersalzlösung oder als wasserlösliches Konzentrat angeboten.

Die Flüssigdosierung von Siliermitteln bietet in der Praxis eine gleichmäßigere Verteilung der Wirkstoffe im Vergleich zur streufähigen Applikationsform. Mit der Flüssigdosierung erfolgt eine Benetzung des zu behandelnden Gutes insbesondere auch bei höheren Trockenmassegehalten ohne Rieserverluste.

Im Rahmen der überbetrieblichen Silagebereitung ermöglicht ein säurefestes Flüssigdosiergerät mit einem Fassungsvermögen des Vorratsbehälters von 400 Litern und mit einer Pumpenleistung von bis zu 6 Litern je Tonne Siliergut den flexiblen Wechsel von verschiedenen Flüssigprodukten für unterschiedliche Anwendungsbereiche, wie zum Beispiel den Milchsäurebakterieneinsatz zu Anwelksilage und den flüssigen Siliersalzeinsatz zu einer Feuchtsilage.

Prinzipiell setzt die zuverlässige Wirkung von Siliermitteln eine homogene Verteilung im gesamten Siliergut voraus. Diese ist im besonderen Maße für Impfbzusätze aus Milchsäurebakterien (MSB) erforderlich, da diese in sehr kleinen Mengen von 1 – 2 Litern pro Tonne Siliergut zugesetzt werden. Trotz der geringen Ausbringungsmengen müssen mit den bisher weit verbreiteten Dosiergeräten und den heutigen Häckslerleistungen große Wassermengen mitgeführt werden. Das ist zeit- und kostenaufwendig und insbesondere bei Lohnunternehmen ein oft geäußerter Kritikpunkt. Daher wurden verschiedene Dosiertechniken entwickelt, die mit bis zu einem Hundertstel des bisherigen Ausbringungsvolumens auskommen. Die technischen Lösungen dieser ULTRA-LOW VOLUME-Dosierer reichen vom hochoberflächig arbeitenden Spezial-Zerstäuber bis zur Präzisions-Dosierpumpe im Gebläsestrom des Häckslerauswurfs bei Luftströmungsgeschwindigkeiten zwischen 40 und 70 m pro Sekunde. Ein weiterer

Vorteil dieser Technik ist die Möglichkeit der Verwertung von Restmengen durch die Abnahme des Konzentratbehälters und anschließende Kühlagerung.

Die Wirkung eines Silierzusatzes ist unter anderem von der Einhaltung der nach Herstellerangaben vorgeschriebenen Dosierung abhängig. Unter- und Überdosierungen sind zu vermeiden. Die Aufwandmenge eines Siliermittels ist von der Futterart und der Ertragsleistung sowie vom Trockenmassegehalt des Siliergutes abhängig. In der Praxis hat sich zur Ermittlung der exakten Aufwandmenge eines Silierzusatzes die Wägung von drei Silierwagen und die Abschätzung des Trockenmassegehaltes zur Ernte mit anschließender optimaler Einstellung der Dosiergeräte bewährt. Besser wäre jedoch die Ermittlung des Mengengutstromes mit einer parallelen Bestimmung des Trockenmassegehaltes als kontinuierliche Messung während des Erntevorganges. Diese technische Entwicklung wird bereits von einem Häckslerhersteller angeboten (s. Abbildung 7)

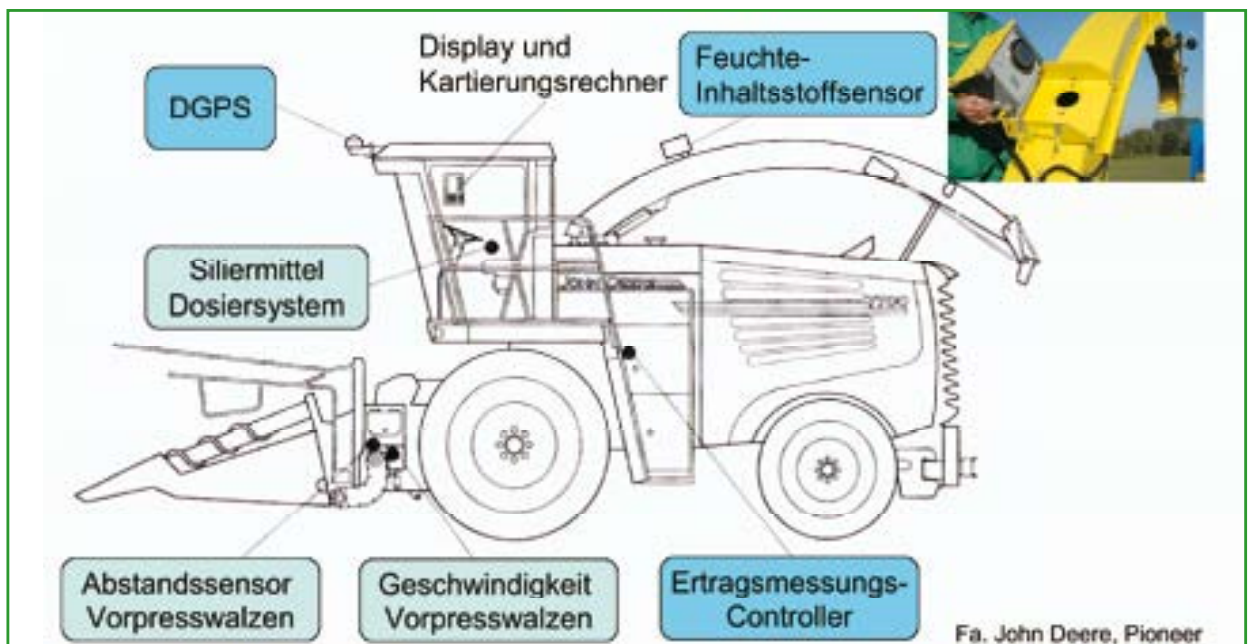


Abb. 7 Silierzusatzdosierung aufgrund der gemessenen Erträge und TM-Gehalte beim Exakthäcksler

Für alle Silierzusätze gilt, dass die Wirkung an eine möglichst gleichmäßige Verteilung im Siliergut gebunden ist. Beim Feldhäcksler bieten sich viele Orte der Einbringung nicht korrosiver Silierzusätze an, zum Beispiel vor den Vorpressewalzen, in die Trommel oder am Auswurfkrümmer, da überall eine gleichmäßige Vermischung erfolgen kann. Die Applikation oberhalb der Vorpressewalzen ermöglicht gleichzeitig eine Kontrolle über den Dosierstrom des Silierzusatzes. Bei Ladewagen und Pressen sollte die Dosierung oberhalb der Pick-up erfolgen, um eine gute Durchmischung zu gewährleisten.

Sowohl für den Landwirt als auch für Lohnunternehmer sind für jeden Einsatzzweck geeignete Dosiergeräte am Markt erhältlich.

## Ausbringung von Siliermitteln mit ätzender und korrosiver Wirkung

Die bei der Feuchtgetreidekonservierung möglichen Schadkeime lassen sich gut durch einen Säurezusatz unterdrücken. Säuren greifen jedoch bei Kontakt Metalle an, sie wirken also korrosiv. In Deutschland ist der Einsatz von korrosiven Siliermitteln, wie zum Beispiel Ameisensäure, unüblich. Nur Propionsäure wird im Rahmen der Feuchtgetreidekonservierung oder zur Anschnittsflächensicherung von Silos häufig genutzt. Die meisten chemischen Siliermittel sind entweder durch Komplexbindungen oder durch Abpufferungen mittels Überführung der Säuren in Salze deutlich weniger ätzend und weniger korrosiv.

Werden zum Beispiel schwach korrosiv wirkende Säuren während des Erntevorganges verwandt, so ist eine Dosierung am Auswurfkrümmer des Exakthäckslers zu praktizieren, da das Mittel auf diese Art und Weise wenig mit dem Aggregat in Berührung kommt. Allerdings ist die Dosiergenauigkeit bei derartiger Vorgehensweise aufgrund von Abdampfung und mangelnder Vermischung nicht optimal. Bei Ladewagen- oder Presseneinsatz ist eine gewisse Lackablösung demzufolge unvermeidbar.

Generell sind nach der Behandlung die Fahrzeuge gründlich zu reinigen und vor weiterer Korrosion durch konservierende Maßnahmen zu schützen.

Bei der Anwendung nicht gepufferter Siliersäuren ist jeglicher Hautkontakt zu vermeiden, das heißt, das Tragen einer geeigneten Schutzkleidung ist erforderlich. Im Übrigen sind die auf den Gebinden aufgedruckten Sicherheits- und Warnhinweise der Hersteller zu beachten.

## Ausbringung von Melasse

Jeder Melasseeinsatz erfordert eine Melasselagerung auf dem Betrieb und/oder eine mobile Logistik zur Verbringung derselben zum Applikationsort.

Melasse wird mit relativ großen Aufwandmengen von 15-40 kg/t Siliergut eingebracht, um die erforderliche Mindestkonzentration des Zuckerzusatzes zu gewährleisten. Diese großen Aufwandmengen und die Notwendigkeit einer gleichmäßigen Verteilung erfordern eine Logistik, die in der Praxis für den Exakthäcksler mit der Nachläufertechnik inklusive der gutstromabhängigen Dosierung gelöst ist. Für Ladewagen oder Pressen gibt es ebenfalls eine entsprechende Technik, wobei

der Schlepper in der Fronthydraulik das Fass mit der Melasse führt, die über eine Verschlauchung und Pumpentechnik oberhalb der Pick-up ausgebracht wird. Wenn Milchsäurebakterien zusätzlich dosiert werden sollen, wie es durch die Officialberatung auch empfohlen wird, so ist eine weitere für diesen Zusatz geeignete Flüssigdosiertechnik am Ernteaggregat erforderlich.

Andere Formen der Melasseausbringung, wie die Schwadbehandlung unmittelbar vor der Ernte mit dem Güllefass oder die Behandlung des Siliergutes im Silo, sind als Notlösungen bei Nichtvorhandensein der oben beschriebenen Technik anzusehen.

### **Ausbringung von Futterharnstoff**

Futterharnstoff gibt es als streufähiges, geprilltes Granulat oder als Flüssigkeit. Bei der Ganzbehandlung des Gutstromes ist die flüssige Form zu bevorzugen. Die Aufwandmenge bei Flüssigausbringung kann je nach Trockenmassegehalt zwischen 3-4 kg/t Siliergut, bei Granulatapplikation zwischen 4-6 kg/t Siliergut betragen. Als Dosiermöglichkeiten kommen die bei der Melasse beschriebenen Techniken zum Einsatz.

Bei der Kanten-, Rand- und Oberflächenbehandlung mit Mengen von 600 g/m<sup>2</sup> bei feuchterem und bis 800 g/m<sup>2</sup> bei trockenerem Siliergut kann auch das geprillte Granulat Verwendung finden. Eine Einarbeitung, zum Beispiel mit einer Kreiselegge, verbessert die Verteilgenauigkeit und erfüllt die Forderung der gleichmäßigen Durchmischung.

### **Oberflächen- und Kantenbehandlungen bei der Anlage von Silos**

Trotz intensiver Walz- und Verdichtungsleistung sind die Oberflächen und Kanten die Zonen eines Silos, die schlechter als der übrige Silostock verdichtet und, aufgrund eines größeren Porenvolumens, anfällig für Nacherwärmung und Schimmelbildung sind. Bei Siloanlagen mit luftdurchlässigen Seitenwänden ist generell eine Verhinderung des Luftsauerstoffeintrittes durch eine Folieneinhängung vorzunehmen.

Sowohl die Kanten als auch die Oberflächen lassen sich mit flüssigen oder streufähigen Additiven mit geeigneter Dosiertechnik am Walzschlepper bei anschließender Einarbeitung, zum Beispiel mit einer Kreiselegge, behandeln. Die Ausbringung mittels Gießkanne ist eine arbeitsintensive Notlösung, die den Nachteil der ungleichmäßigen Einbringung aufweist.

## Anschnittsflächenbehandlung

Gering verdichtete Silofutterstöcke oder längere Entnahmepausen erfordern die Behandlung der Anschnittsflächen, um das Siliergut vor Verderb zu schützen. Hierzu eignen sich, wenn überhaupt, nur flüssige Präparate, da eine vertikale Fläche zu behandeln ist. Vorteilhaft für das tiefere Eindringen des Zusatzes ist ein vorheriges Anschrägen der zu behandelnden Flächen. Dann wird mittels einer säurefesten Rückenspritze oder mittels einer Pumpe mit angeschlossener Lanze ein geeignetes chemisches Siliermittel ausgebracht und anschließend das Silo wieder gut verschlossen.

## 8. Kosten der Silagelagerung in Fahrsiloanlagen

Bei der Gärfutterbereitung kommt es darauf an, das Siliergut sicher, gut verdichtet und mit optimalem Luftabschluss einzulagern, damit Verluste durch Sickersaftbildung und Fehlgärung möglichst gering gehalten werden können. Eine wesentliche Rolle spielt dabei die bauliche Gestaltung der Siloanlage.

Für Häcksel- oder Ladewagensilage werden zurzeit drei verschiedene Siloanlagen-systeme verwendet:

- Siloplatten ohne Seitenwände,
- Fahrsilos mit geraden Seitenwänden,
- Fahrsilos mit schrägen Seitenwänden  
(Wandneigung =  $23^\circ$ , Traunsteiner Silosystem).

Die Siloanlagen haben eine Fülle von Vor- und Nachteilen, und nicht zuletzt unterscheiden sie sich auch in den Herstellungskosten. Silosysteme mit Seitenwänden sind hierbei erheblich teurer. Wie sieht jedoch die Rentabilität der Systeme bei Berücksichtigung der Nebenkosten und der unterschiedlichen Verluste bei der Bewirtschaftung aus?

## Silagequalität muss sicher sein

Die kostengünstige Bereitstellung hochqualitativen Grobfutters ist eine ständige Herausforderung. Die aktuelle Preisentwicklung am Getreide- und Eiweißfuttermittelmarkt macht eine hochwertige Silage besonders attraktiv. Eine genaue Analyse der Nettoerträge aus dem eingelagerten Futter über einen längeren Zeitraum ist eine entscheidende Voraussetzung für den wirtschaftlichen Erfolg des jeweiligen Be-



etriebes. Bei der Wahl des Silosystems sollte daher jenem der Vorrang gegeben werden, das langfristig die höchste Silagequalität mit den geringsten Verlusten liefert. Die Silageherstellung sollte alles in allem so verlustarm wie möglich bei gleichzeitig geringen Betriebskosten (für Abdeckung, Einlagern, Auslagern etc.) erfolgen. Kurzfristige Einsparungen beim Bau der Siloanlage werden in der Regel schnell wieder aufgezehrt.

### **Kosten durch Arbeitszeitbedarf und Verluste**

Die Siloplatte ohne Seitenwände verursacht bei der Einlagerung des Siliergutes gegenüber den Fahrsilovarianten die höchsten Kosten (siehe Tabellen 3 und 4). Die Kosten je Arbeitsstunde wurden bei der Berechnung mit 12 Euro angesetzt. Beim Traunsteiner System fallen lediglich geringe Arbeitskosten durch das Einhängen der Folie an. Bei beiden Silagearten (Gras und Mais) wurden gleiche Kostensätze ermittelt.

Die Verluste lassen sich in Trockenmasse- und Energieverluste unterteilen. Bei der Grassilierung wurde unterstellt, dass ein Wert von 10% bei beiden Verlustarten in der Praxis nicht zu unterschreiten ist, bei der Maissilierung wurden 5% Verluste als unumgänglich veranschlagt. Diese Verlusthöhen wurden also bereits von den Bruttoerträgen subtrahiert. Bei der weiteren Betrachtung der systembedingten Verlustarten wie Einlagerung, Oberflächen- und Kantenverluste wurden diese Werte vom Nettoertrag abgezogen.

Die allgemeine Bezugsbasis war jeweils ein Hektar, so dass sich daraus die Größenordnungen der verschiedenen Verlustquellen ergaben. Frei Trog standen dann die jeweiligen Trockenmasse- und Energiemengen mit ihrer Energiedichte zur Verfügung.

Abschließend wurden die genannten Verluste anhand der Erzeugungskosten monetär bewertet. Bewusst wurde die Energieeinheit der jeweiligen Silage nicht mit der des Kraftfutters gleichgesetzt, wie es in vielen betriebswirtschaftlichen Kalkulationen üblich ist. Täte man dies, würden die Unterschiede der monetären Verluste erheblich höher ausfallen.

Die höchsten Kosten durch Verluste verursacht die Siloplatte gefolgt vom Fahrsilosystem mit geraden Seitenwänden. Günstigstes System ist das Traunsteiner Silosystem. Aufgrund der höheren Erzeugungskosten für Mais liegt das Kostenniveau der Maissilage rund zwei Drittel über dem der Grassilage.





## Siloplatte ist im Bau am billigsten

Für den Vergleich der Siloanlagen wurde ein Milchviehbetrieb mit 250 GV, 33 ha Mais und 75 ha Gras herangezogen.

### **Für die Kalkulation des Baupreises wurde von folgenden Bedingungen ausgegangen:**

- tragfähiger Baugrund mit annähernden Neigungsverhältnissen von rund ein bis zwei Prozent;
- Frostschuttschicht: rund 45 cm;
- Wände: Stahlbeton mit den Anforderungen nach DIN 11622-2
  - für die geraden Wände (bis zwei Meter Höhe) wurde Ortbeton, geschalt, mit einer Dicke von 20 cm, gewählt;
  - bei geraden Wänden über 2 m Höhe bestehen diese aus Betonfertigteilelementen;
  - die schrägen Wände bestehen aus Fertigteile-Wandplatten und Fertigteile-Stellrinnen; die Preise basieren auf Mittelwerten für den laufenden Meter Silowand (bei schrägen Wänden einschließlich Erdwall);
- Trennsystem für Oberflächenwasser und Gärtsaft, die Drainage befindet sich bei den schrägen Wänden in den Erdwällen;
- Asphalttragschicht = 10 cm;
- Asphaltdeckschicht, säurefest = 4 cm;
- in der Position »Sonstiges« sind Baustelleneinrichtung, Kontrollschächte, Gärtsaftbehälter etc. enthalten (Tab. 5);
- für die Kalkulation wurden die Baupreise von Musteranlagen im mitteldeutschen Raum zugrunde gelegt; im Einzelfall können die Preise, vor allem die der eingesetzten Materialien, abweichen.

Tab. 5 Vergleich verschiedener Siloanlagentypen, Silodimensionen und Baukosten (THAYSEN et al. 2007)

Kenngrößen	Einheit	Siloplatte			Fahrsilo			Traunsteiner Silo		
		150	250	Biogas	150	250	Biogas	150	250	Biogas
GV/Betrieb										
Silagefläche Mais	ha	20	33	230						
Silagefläche Gras	ha	45	75							
<b>Silovolumen</b>										
Breite eines Silos	m	7,9	10,4	35,4						
Gesamt-Länge	m	65	65	65						
Dichte Silage	t/m <sup>3</sup>	0,65	0,65	0,7						
Anzahl Silos	n	4	4	2						
Wandhöhe	m	0	0	0						
Anschnittsfläche maximale Füllhöhe	m <sup>2</sup>	12,8	22,2	123,7						
	m <sup>2</sup>	2,4	3,1	5,3						
<b>Gesamtvolumen</b>	m <sup>3</sup>	<b>2976</b>	<b>5157</b>	<b>14.353</b>	<b>2942</b>	<b>5192</b>	<b>13.399</b>	<b>2742</b>	<b>4791</b>	<b>12.580</b>
<b>Kosten</b>										
Erdarbeiten	€/m <sup>2</sup>	4	4	4						
Entwässerung	€/m <sup>2</sup>	6	6	6						
	€/									
Wände	lfm	0	0	0						
Siloplatte	€/m <sup>2</sup>	36	36	36						
Sonstiges	%	5	5	4						
<b>Gesamtpreis</b>	€	119.615	151.010	231.043	156.183	201.897	264.884	146.894	201.487	235.878
<b>Baukosten/m<sup>3</sup></b>										
<b>Siloraum</b>	€	<b>40</b>	<b>29</b>	<b>16</b>	<b>53</b>	<b>39</b>	<b>20</b>	<b>54</b>	<b>42</b>	<b>19</b>

Für eine Siloplatte wird im Vergleich der drei Systeme die größte versiegelte Fläche benötigt. Ein Schutz der Kantenbereiche (bei Asphalteinbau) kann mit einer Betonkante (Borde) erreicht werden. Eine sichere Trennung von Regenwasser und Gärstoff ist kaum möglich.

Die Walzarbeit ist bei Siloplatten aufwändiger, wobei die Verdichtung des Siliergutes nur mittelmäßige Werte erreicht. Durch die großen Oberflächen entstehen höhere Abdeckkosten.

Bei Siloanlagen mit senkrechten Wänden ist die tatsächliche Nutzhöhe der Wände zu beachten. Durch die Einbindung der Wände in das Fundament und die Einhaltung einer Absturzkante im oberen Wandbereich (etwa 30 cm) verringert sich die Nutzhöhe um rund 50 cm. In den Randbereichen kann bei diesen Silowänden nicht ausreichend gewalzt werden. Das Eindringen von Regenwasser in den Silostock kann meist nicht ausgeschlossen werden.

### **Traunsteiner Silo wirtschaftlich im Vorteil**

Beim Traunsteiner Silosystem kann der Erdaushub für die Siloplatte zum Bau der Erdwälle verwendet werden. Der Nachteil des größeren Platzbedarfes durch die Erdwallbreite wird durch die Vorteile des gefahrlosen und verlustfreien Walzens im Silorandbereich und durch das schnelle und sichere Abdecken vom Erdwall aus mehr als ausgeglichen. Selbst höhere Baukosten stehen in keinem Vergleich zu den dadurch zu erzielenden Ertragssteigerungen.

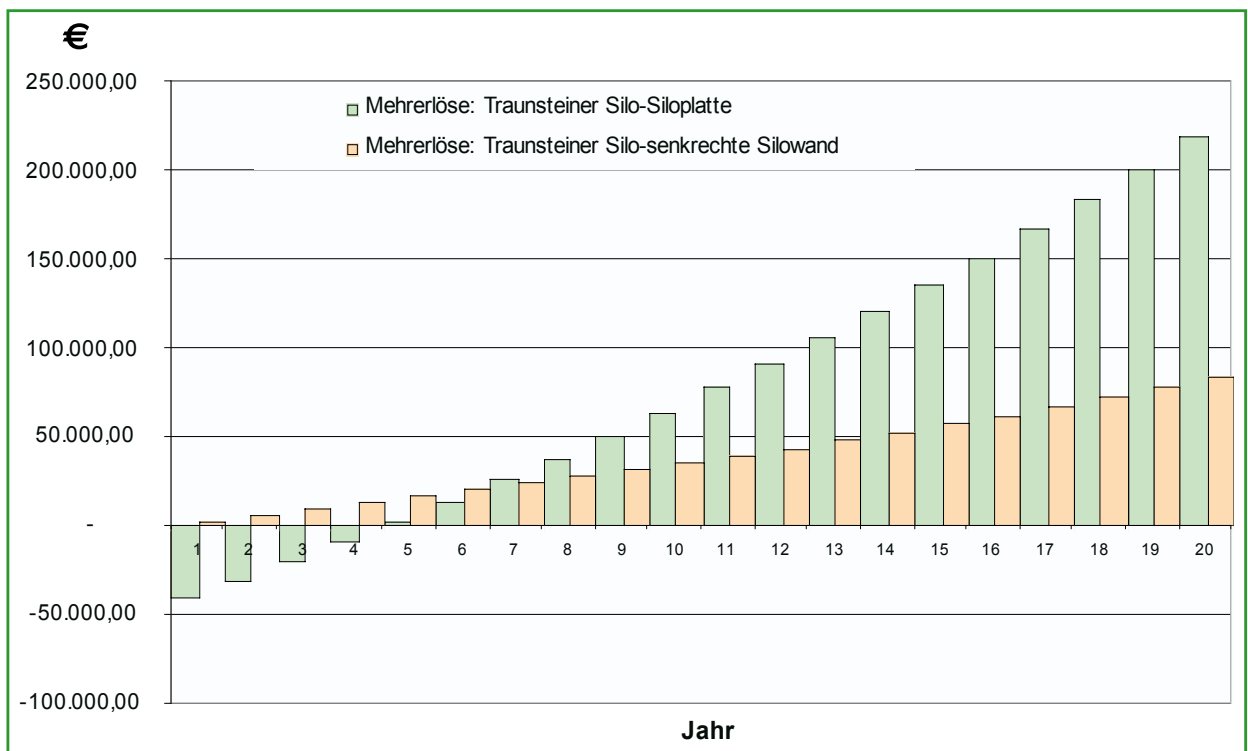
Beim Bau von vergleichsweise kleinen Anlagen (1.500 m<sup>3</sup> je Kammer) ist ein hoher Anteil von Eigenleistung unter Einbeziehung einer Fachkraft möglich. Mit der Größe der Siloanlage steigen die bautechnischen Voraussetzungen für eine fachgerechte Ausführung. Für Anlagengrößen mit Wandhöhen ab zwei Metern ist eine schlüsselfertige Bauweise wirtschaftlich vertretbar.

Die Einlagerung großer Substratmengen, z.B. für den Biogasbereich, unterliegt einem hohen Sicherheitsstandard in Bezug auf Dichtigkeit und Trennung von Oberflächenwasser sowie Gär- und Sickersaft. Das Traunsteiner System mit seinen schrägen Silowänden bietet sich durch seine Konstruktion optimal zur Umsetzung von Umweltauflagen an.

### **Rentabilität im Vergleich**

Beim Vergleich der verschiedenen Silagelagermöglichkeiten über einen längeren Zeitraum (Abb. 8) hat sich das Traunsteiner Silosystem als wirtschaftlichste Form

erwiesen. In Milchviehfutterbaubetrieben war es bereits ab dem zweiten Jahr möglich, Mehrerlöse gegenüber der Siloplatte zu erzielen, lediglich die Größenordnung unterscheidet sich entsprechend den Betriebsgrößen.

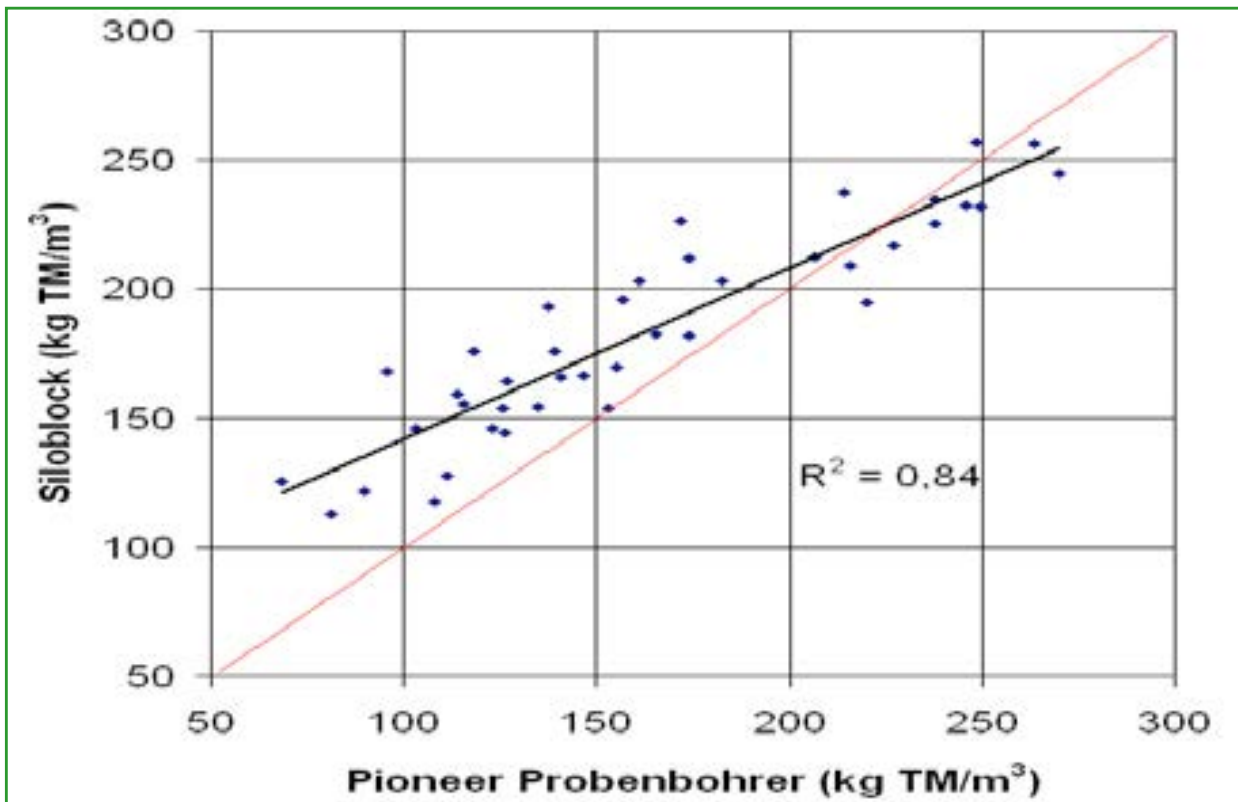


*Abb. 8 Mehrerlöse durch Siloanlage »Traunsteiner System« gegenüber Siloplatte und senkrechten Wänden, Betriebssystem: Futterbau 250 GV, 33 ha Mais, 75 ha Gras (THAYSEN et al. 2007)*

## 9. Silo-Controlling

Unter »Silo-Controlling« versteht man die Ermittlung der Silagequalität am Anschnitt vor der Verfütterung. Neben der Futter- und Gärqualitätsanalytik anhand von repräsentativ gezogenen Bohrproben werden hier die Ermittlung der Verdichtung der Silage und die aktuelle Temperatur in den verschiedenen Zonen des Siloprofils vorgenommen. Dabei wird die Verdichtung mit Hilfe eines Horizontalbohrers gegenüber der Blockwiegung mittels Siloblocksneider hinreichend genau ermittelt, wie Abbildung 9 ausweist. Die Erstellung eines Temperaturprofils ermöglicht Aussagen zur Nacherwärmung bzw. zur Notwendigkeit des Umsilierens in besonders schwerwiegenden Problemfällen. Auch bei Silagereklamation können die Methoden des Silo-Controllings eingesetzt werden.

Abb. 9 Vergleich eines Horizontalbohrers mit Siloblockwiegung zur Ermittlung der TM-Verdichtung (THAYSEN,2006)



## Literatur

**HONIG, H. (1987):** Influence of forage type and consolidation on gas exchange and losses in silo. Summary of papers, 8 th Silage Conf. AFRC-Institute for Grassland and Animal Production, Hurley, Maidenhead, Berks.SL6 5 LR, p. 51-52

**KLEINMANS, J. (1996):** pers. Mitteilung

**LÜPPING, W. (2007):** Grobfutter: Die Grundlage, DLG-Forum Spitzenbetriebe, 5, S. 22-24

**THAYSEN, J. (2006):** Silo-Controlling: Ein Instrument zur Verbesserung der Grobfutterqualität. Vortragsmanuskript der GKL-Tagung in Bonn

**THAYSEN, J. und KRIZ, R. (2007):** Eine hohe Bauqualität zahlt sich aus. Neue Landwirtschaft, 11, S. 28-30

**WAGNER, A. (2007):** Erntetechnik: Größer, schwerer, schneller: Ist das die Lösung für eine optimale Grobfutterqualität? Vortragsmanuskript 11. Grundfüttertag der LK SH, Rendsburg

**ZIMMER, E.(1969):** Biochemische Grundlagen der Einsäuerung. Proceedings of the 3rd general meeting of the European Grassland Federation, Frankfurt a. M., S. 113-125



Liebling, für dich nur

**BIO-SIL<sup>®</sup>**

SILAGE



JP'07

# Beratung Bauplanung Baubetreuung



**Stallbau  
für Profis!**



**InnovationsTeam  
Christiane Brandes**

Hof Rump • D-19294-Heiddorf  
Tel.: (038758) 36650 • Fax: (038758) 36659  
[www.InnovationsTeam.com](http://www.InnovationsTeam.com)



# Grobfutterqualität zwischen Wunsch und Wirklichkeit



*Horst Seibicke,*

*Joachim Brachwitz und Falk Seibicke,  
Glücksburg Agrar e.G. Dixförda*

## Zusammenfassung

Ideale Bedingungen zur Produktion von hochwertigem Grundfutter für die Milchproduktion findet man in Regionen Norditaliens und im Norden Spaniens. Doch hier wird gezeigt, dass es auch möglich ist, auf Sandboden niedriger Bonität (AZ 24) im Raum südlich von Berlin bestes Futter für 600 Hochleistungskühe zu erzeugen. Es wird dargestellt, mit welchen Technologien das sowohl bei Grassilagen vom Dauergrünland (6,9 NEL beim ersten Schnitt) als auch bei Maissilagen (8,1 NEL bei CCM, 6,1 NEL bei Silomais) vom beregneten Ackerland gelingt. Den Beweis dafür liefert eine durchschnittliche Leistung von 10.700 kg Milch und 777 FEK.

## Summary

### Coarse feedstuff quality between wishing and reality

You find ideal conditions for the production of basic rations for milk production in the regions of Northern Italy and in the north of Spain. The article above is about the production of best feedstuff on sandy soil of low valuation (AZ 24) south of Berlin for 600 high-yielding dairy cows. Techniques used for grass silages from permanent grass land (6,9 NEL first cut) as well as for corn silages (8,1 NEL of CCM, 6,1 NEL of silage corn) from irrigated arable land are illustrated. The proof is an average performance of 10.700 kg milk and 777 fat and protein concentration.

## Резюме

### Качество грубых кормов между желанием и реальностью.

Идеальные условия для производства для приготовления высококачественных основных кормов для производства молока имеется в регионах северной Италии и на севере Испании. В нашем докладе мы показываем, что и на песчаных почвах (бонитет почвы 24) в регионе южнее Берлина возможно производить корм лучшего качества для 600 высокодойных коров. Изложится, какими технологиями это удастся и у силоса из злаков постоянных зеленых угодий (6,9 НЭЛ при первом укосе) и силоса из кукурузы (8,1 НЭЛ у зерно-стержневых смесей(ССМ) и 6,1 НЭЛ у кукурузы на силоса) на орошаемой пашне. Доказательством этому служит 10700 кг молока среднего удоя коров стады при 777 кг жира и протеина/корову.

Unser Betrieb – ein Agrarunternehmen in der Rechtsform einer eingetragenen Genossenschaft (e.G.) – liegt 90 km südlich von Berlin. Wir bewirtschaften 2.700 ha LF, davon 1.780 ha Ackerland. Und es gibt eine Besonderheit, die unsere Wirtschaftsweise charakterisiert, ja erst möglich macht. Wenn man die Gelegenheit hat, das Ganze aus der Luft zu betrachten (Abb. 1), sieht man auf den Feldern während der Vegetationszeit große grüne Kreise. Sie sind das Werk von Kreisberegnungsanlagen. Außerhalb der Kreise leuchtet hell der Sandboden. Er hat mit 24 Bodenpunkten und 10 m Distanz zum Grundwasser nur eine geringe Bonität. Deshalb sind unsere Nutzflächen auch, soweit das Auge reicht, von Kiefernwäldern – die sich in dunklerem Grün abbilden – umgeben.



Abb. 1

*Territorium der  
Glücksburg  
Agrar e.G.  
aus der Luft*

Erst die Beregnung auf rund 1.000 ha erlaubt es uns also, auf diesem Standort intensive Landwirtschaft zu betreiben.

Hier unsere Produktionsschwerpunkte:

- 300 ha Kartoffeln/400 ha Mais
- 600 Kühe mit eigener Nachzucht
- 650 Sauen mit eigener Mast (4.500 Mastplätze, 16.000 dt Produktion)
- 15.000 Legehühner.

Sie sehen, dass wir außer den Rindern noch andere Produktionsschwerpunkte haben, auf die ich hier aber nicht näher eingehen möchte.

Im Zentrum unserer Bemühungen steht nämlich seit langem die Grobfutterproduktion. Von ihrer Qualität hängt die Wirtschaftlichkeit unseres Unternehmens und damit der Wohlstand der Eigentümer und Mitarbeiter (von unseren 60 Beschäftigten sind 38 Genossenschaftsmitglieder) ganz entscheidend ab.

### Von Italienern und Spaniern lernen?

Nun zum Thema »Wunsch und Wirklichkeit«. Nach der Wende haben wir die Möglichkeit genutzt, uns in der Welt anzusehen, wie es die anderen machen. Besonders beeindruckend fand ich da die Grobfutterproduktion im Norden Italiens und im Norden Spaniens. Sie basiert auf einer stabilen Maissilage und auf Luzerneheu. Luzerne wächst dort unter Beregnung. Wenn man die Beregnung abschaltet, dann ist Erntewetter. Es wird 6 bis 7-mal geschnitten. Und noch interessanter war, dass unter diesen Bedingungen die Luzerne (mit Fördergeldern aus Brüssel) nach einem Anwelkprozess in Einzelballen nachgetrocknet und zertifiziert wird. Jede Fuhre, die bei den Viehwirten angeliefert wird, besitzt also eine standardisierte Qualität. Wer eine solche Futtergrundlage hat, den muss man beneiden. Sollten wir da nicht wenigstens den Wunsch haben, etwas Ähnliches aufzubauen?

Doch ist das auch ein realistisches Ziel? Beim Maisanbau ja, soviel vorweg. Schwieriger gestaltet sich die Sache beim Gras. Wir haben einen schwachen Grünlandstandort. Wo früher auf nassem Sand noch einigermaßen Futter wuchs, ist nach großflächiger Melioration heute eigentlich nur noch ein Drittel dieser insgesamt 670 ha umfassenden Fläche grünlandtauglich. Außerdem haben wir es mit stark wechselnden Witterungssituationen zu tun. Dazu ein Beispiel: Wir haben die Niederschläge seit 58 Jahren aufgezeichnet (Abb. 2). 35 Jahre davon hatten wir im Juni weniger als 60 mm Niederschläge und viele Jahre weniger als 20 mm. In den anderen Monaten, die für uns entscheidend sind, Mai, Juli, August, sind die Verhält-

nisse ähnlich. Was wir heute über die globale Klimaveränderung hören, mag vielleicht richtig sein. Wovon wir aber sicher ausgehen können, ist, dass Witterungsverhältnisse, die wir vor 30 oder wie viel Jahren hatten, garantiert wiederkommen. Wir wissen nur nicht, in welchem Jahr.

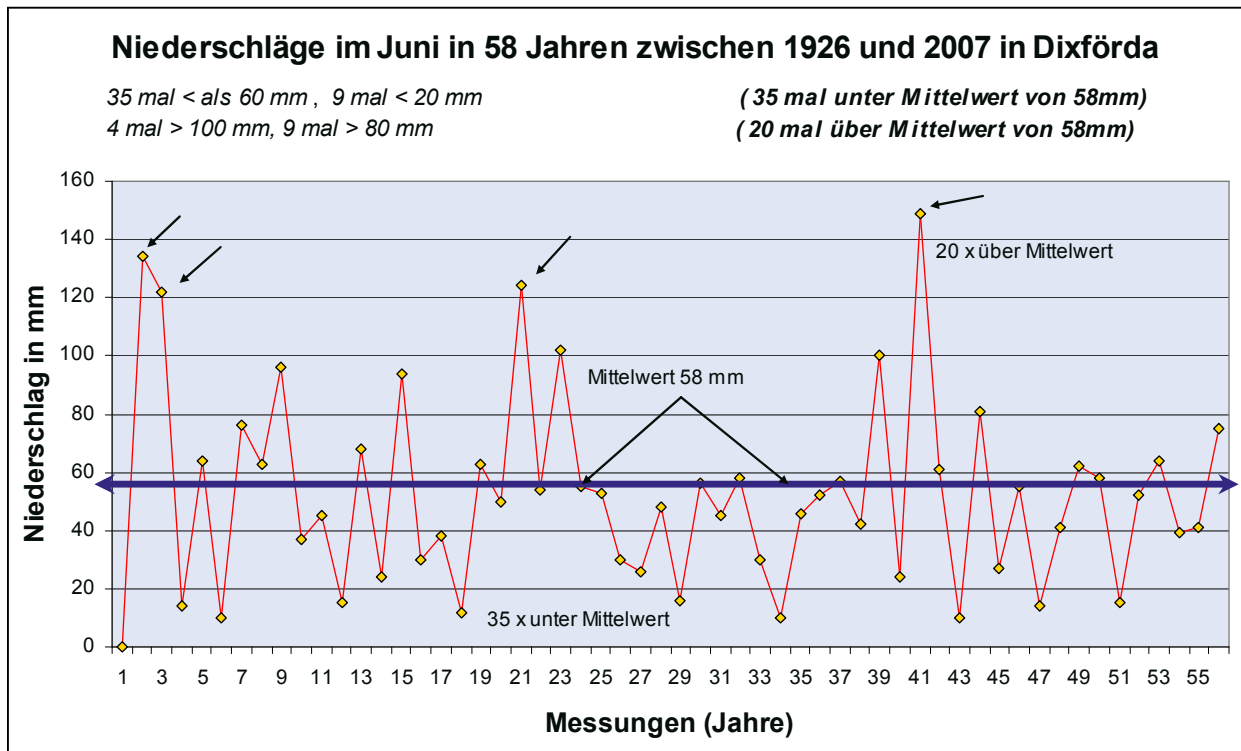





Abb. 2 Niederschläge im Juni in Dixförda in 58 Jahren zwischen 1926 und 2007

Im letzten April gab es schon Panik, weil wir mal 5 Wochen keinen Regen hatten. Viele werden sich aber noch an 1976 erinnern. Da hatten wir im ganzen Jahr nur 292 mm Niederschläge, bei einem langjährigen Durchschnitt von reichlich 500 mm. Solche Witterungsextreme sind gar nicht so selten. Wenn wir den Wunsch haben, stabil Grundfutter zu produzieren, dann müssen wir uns also etwas einfallen lassen, wie wir ihre Auswirkungen mindern können.

Was taugt da das Beispiel Norditalien? Luzerne gedeiht natürlich auch bei uns. Leider aber wächst sie nicht so gut, dass man damit unter Beregnungsbedingungen ökonomisch Qualitätsfutter erzeugen könnte. Deshalb brauchen wir Gras als Ergänzung zum Mais. Säen wir Weidelgräser an, sind wieder die Niederschläge der begrenzende Faktor. In einem Jahrzehnt kommen wir vielleicht nur zwei Jahre auf ein befriedigendes Ergebnis. Deshalb versuchen wir lieber, aus gewachsenen Grünlandbeständen etwas zu machen. Das beginnt damit, dass wir uns mit der Düngung auf den 1. Schnitt konzentrieren. Der bekommt in der Regel genügend Feuchtigkeit. Zwar machte 2007 wieder die Ausnahme, aber in 10 Jahren klappt

es erfahrungsgemäß neunmal. Dann kommt die nächste Hürde: Mindestens in der Hälfte der Fälle haben wir zum optimalen Schnitzeitpunkt kein Erntewetter. Wir müssen einzelne, manchmal auch halbe Tage nutzen, um das Grüngut mit dem gewünschten Trockensubstanzgehalt (bei 28 bis 30% TS) einfahren zu können. Die großen Durchfahrtilos bekämen wir so aber nicht in einem vertretbaren Zeitraum gefüllt. Für diese Fälle hat sich die Schlauchsilierung gut bewährt. Wir arbeiten mit diesem Verfahren seit über 10 Jahren. Auf Anregung von Dr. Pieper setzen wir, weil es Gräser sind, die nicht über den notwendigen Zuckergehalt verfügen, Melasse und **BIO-SIL**® ein. Wenn wir dann an die untere Grenze des Rohfasergehaltes gehen, können wir, so zwischen 5. und 10. Mai, Silagen erzeugen, die hohe Energiekonzentration und hohen Eiweißgehalt aufweisen (Tab. 1).

Tab. 1 Parameter der verfütterten Silagen

		Mais	Gras 1/2007	Gras 2/2006	CCM
<b>Behandlung</b>		<b>BIO-SIL</b>	<b>BIO-SIL Melasse</b>	<b>BIO-SIL Melasse</b>	<b>BIO-SIL</b>
<b>Trockenmasse</b>	g/kg	300	365	348	630
<b>Rohasche</b>	g/kg TM	39	62	115	16
<b>Rohprotein</b>	g/kg TM	78	197	128	85
<b>Rohfaser</b>	g/kg TM 	197	224	276	20
<b>Zucker</b>	g/kg TM	n.b.	121	37	2
<b>Stärke</b>	g/kg TM 	331	n.b.	n.b.	732
<b>nXP</b>	g/kg TM	131	154	123	154
<b>NH<sub>3</sub>-N</b>	% vom Ges.-N	7,6	4,1	4,4	7,1
<b>ph-Wert</b>		3,6	3,9	3,8	3,8
<b>NEL</b>	MJ/kg TM 	6,6	6,9	5,6	8,1
<b>Konservierungserfolg</b>		<b>sehr gut</b>	<b>sehr gut</b>	<b>sehr gut</b>	<b>sehr gut</b>

Allerdings sind diese Silagen sehr sensibel. Wenn man die dann schon im Juni/Juli oder im August unter freiem Himmel aufmacht, dann kippen sie um. Deshalb lagern wir die Schläuche mit diesen qualitativ hochwertigen Silagen unter Dach. Seit drei Jahren bewährt sich das Verfahren hervorragend. Wir können damit beste Silagen erzeugen und verfüttern, ohne dass es irgendwelche Verluste gibt.

## Kriterium der Wahrheit ist die Leistung

Nun zu unserer wichtigsten Futterpflanze, dem Mais. Wenn wir ihn entsprechend berechnen, erreichen wir auf unserem Sandboden genau so hohe Erträge wie sie auf guten Böden erzielt werden. Allerdings erfordert das Sorgfalt und Erfahrung, denn auf unserem Standort können schon 4 bis 5 Tage trockener Ostwind und Hitze zur Notreife führen. Außerdem ist die optimale Erntezeitspanne sehr kurz, so dass wir jedes Jahr Sorge haben, der Mais könnte zu schnell abreifen.

Maissilage in Form von CCM machen wir in großem Maße seit 8 bis 9 Jahren. In diesem Jahr haben wir 3.700 t nach diesem Verfahren geerntet und eingelagert. Dieser Feuchtm Mais, bei dem ein Teil der Spindel mit verwendet wird, dient sowohl als stärkereiche Komponente für die Rinderration als auch in der Schweinemast. Es kommt darauf an, im Ausgangsmaterial möglichst einen Trockensubstanzgehalt von unter 67% zu erreichen. Wenn das dann mit **BIO-SIL**<sup>®</sup> versetzt, ordentlich gemahlen und angewalzt wird, dann steht diese Silage, auch wochenlang im Sommer bei 30 bis 37°C. Es gibt keinerlei Verluste, und das ist wörtlich zu nehmen.

Natürlich kann man den Feuchtm Mais auch im Schlauch silieren. Das Resultat sehen Sie auf dem Foto (Abb. 3). Es handelt sich dabei bereits um Silage aus diesem Jahr. Die vorjährige hat nicht so lange gereicht. Wenn also die optimale Erntezeit eingehalten wird, dann ist das beim Mais wie beim Gras eine sehr sichere Sache.



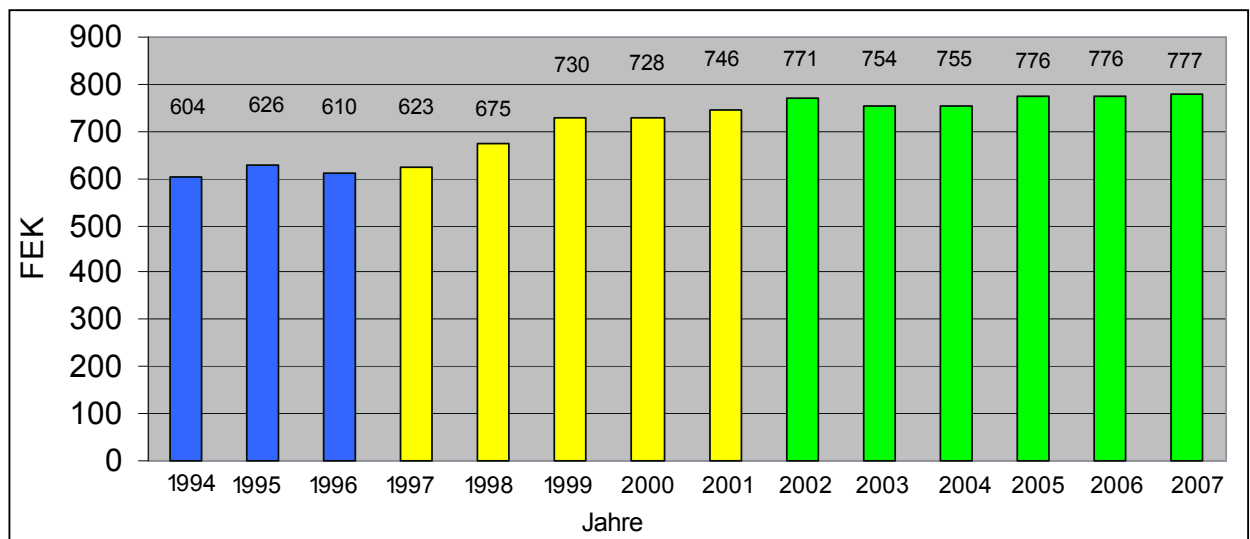
Abb. 3

*Feuchtm Mais lässt sich, gemahlen und mit **BIO-SIL**<sup>®</sup> versetzt, im Schlauch praktisch verlustfrei konservieren.*

Doch ob man mit diesem Verfahren wirklich das Wunschfutter erzeugt hat, das muss sich anhand der Leistung beweisen. Wie sieht die bei uns aus? Ich habe hier, da über die vielen Jahre keine anderen vergleichbaren Daten vorhanden sind, die alten Kennziffern verwendet. Das sind also Fett-Eiweiß-Kilo je Kuh von 1994 bis



2007 (Abb. 4). Die blauen Säulen, stehen für die Zeit vor Dr. Pieper, die gelben kennzeichnen die Lernphase, und die grünen stehen für die Jahre, in denen wir nach den Empfehlungen von Dr. Pieper arbeiten.



*Abb. 4 Fett-Eiweiß-Kilo-Leistung je Kuh und Jahr in der Glücksburg Agrar e.G. von 1994 bis 2007*

Wir können natürlich auch mit aktuelleren Parametern untersetzen, welche Ergebnisse wir dank der verbesserten Grundfutterqualität erreicht haben. Die moderne Informationstechnologie erlaubt es uns, bei Leistungsvergleichen mit dem Milchkilogramm je Lebenstag zu rechnen. Da kommen wir auf 15,9 kg. Leider ist diese Kennziffer bei den Praktikern noch nicht allgemein geläufig. Viele haben sie zwar seit 2,5 Jahren auf den monatlichen Milchauswertungen stehen, aber sie arbeiten noch nicht damit. Doch das wäre wichtig. Der Durchschnittswert liegt nämlich nur bei 12 kg. Ein Kilo Unterschied drückt hier schon eine gewaltige Differenz aus. Wenn wir davon ausgehen, dass eine Kuh im Durchschnitt etwa 2.000 Lebenstage genutzt wird, so sind das eben schon 2.000 kg je Kuh. Wenn der Wert – es handelt sich immer um die selektierten Kühe – sogar 3 oder 4 kg niedriger liegt, dann hat das schon ein erhebliches ökonomisches Gewicht.

Eine andere Kennziffer, die wir auch monatlich erhalten, sind die Totgeburten. Wir liegen bei unserem Durchschnittsbestand von 600 Kühen im 12-Monatsrhythmus der Abkalbungen inzwischen bei sehr guten 5 Prozent. Wirklich wichtig aber ist, wie viele Tiere wir am Ende übrig haben, die wir nicht selber remontieren müssen. Was wir in den letzten 5 Jahren zur Zucht verkaufen, bzw. zur Bestandsentwicklung verwendet haben, zeigt die Abbildung 5. Die gebräuchlichste Kennziffer für den Betriebsvergleich ist natürlich noch immer die Milchleistung. Die letzte Milchkontrolle

vom September 07 weist für unseren Bestand von 627 Kühen 10.729 kg Milch bei 3,96% Fett und 3,38% Eiweiß aus (Abb. 6).

Wirtschaftsjahr	Tiere zur Zucht	Bestandsentwicklung	Gesamt
02/03	41	+58	99
03/04	91	-9	82
04/05	68	-23	45
05/06	53	+51	104
06/07	67	+42	109

Abb. 5 Verkaufte weibliche Rinder zur Zucht, ergänzt durch Bestandsveränderung

A/B Kühe	Mtg	Mkg	F-%	Fkg	E-%	Ekg
627	326	10729	3,96	425	3,38	352
<b>Vergleich zum Vorjahr</b>		<b>+ 59</b>	<b>+ 0,01</b>	<b>+ 1</b>	<b>- 0,02</b>	<b>+ 0</b>

Abb. 6 Jahresleistung ab 01.10.2006 bis 30.09.2007

## Rationen richtig austarieren

Die beschriebenen Konservate – Anwelksilage, Maissilage und CCM – sind die wichtigsten Komponenten unserer Totalen Mischrationen (TMR) im Milchviehstall. Dazu kommen noch Stroh und Kartoffelpülpe. Letztere fällt an, weil wir auf 300 ha Stärkekartoffeln anbauen, und die Rückstände aus der Fabrik zurücknehmen müssen. Aber sie ist auch ein interessantes Futter. Und auch Stroh kann und muss als Futter angesehen werden. Welche Rationen wir einsetzen, ist der Tabelle 2 zu entnehmen.

Wenn man TMR einsetzt, braucht man eine gute Fütterungsberatung. Die besorgt bei uns seit zehn Jahren Herr Werner Beschoren von der Spezialfutter Neuruppin GmbH & Co. KG. Wir sind damit sehr zufrieden.

Tab. 2 Futterrationen für den Milchviehbestand der Glücksburg Agrar e.G.

Komponente	Trockensteher		Vorbereiter		Frische bis 60 Tage		Hochlaktation bis 220 Tage		Spätlaktation bis zum Ende	
	OS	TM	OS	TM	OS	TM	OS	TM	OS	TM
	Maissilage	9	2,7	19	5,7	26	7,8	30	9	23
Anweilksilage 1/2007			6	2,2	14	5,1	18	6,6	14	5,1
Anweilksilage 2/2006	24	8,4							7	2,4
Häckselstroh	1	0,9	0,5	0,4	0,45	0,38				
Grobfutter gesamt		12		8,3		13,3		15,6		14,4
Kartoffelpülphe					3	0,55	6,5	1,2	8	1,5
CCM 63,0%			1	0,63	2,8	1,8	4	2,5	3,6	2,3
Deuka UDP 39			1,7	1,5	3,8	3,3	4,3	3,8	3,2	2,8
Bergafat T-300					0,3	0,3	0,3	0,3		
Krafffutter gesamt		0		2,13		6		7,8		6,6
Propylenglykol					0,2	0,2				
Glycerin			0,2	0,17	0,2	0,17	0,3	0,25		
SN - Mineral 1 Lactal	0,1	0,1	0,15	0,15	0,38	0,38	0,4	0,4	0,3	0,3
SN - Carotin 2000			0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1		
Viehsalz	0,03	0,03	0,03	0,03	0,08	0,08	0,1	0,1	0,08	0,08
Transi-fit pur + E			0,45	0,45						
TM gesamt		12,13		11,3		20,2		24,3		21,4
MJ NEL/kg TM		5,65		6,55		7,34		7,3		6,9

Natürlich treten auch bei uns bisweilen Probleme auf, und nicht immer geben die Tiere soviel Milch, wie wir es auf Grund der Rationsgestaltung erwarten. Wichtig aber ist, dass wir es dabei nicht bewenden lassen, sondern nach den Ursachen forschen.

Wenn es in Milchviehställen Probleme mit der Leistung gibt, heißt es schnell, das Futter ist schuld. Wir haben den Vorteil, dass wir über zwei gleich große Milchviehanlagen verfügen. Sie erhalten das gleiche Futter aus den gleichen Silos. So kann man relativ schnell herausfinden, woran das Futter wirklich schuld ist und woran nicht. Ein Beispiel aus dem letzten halben Jahr: Nicht sehr große aber dennoch deutliche Unterschiede bei den Milchinhaltsstoffen und dem Laktosewert zwischen den Herden in den beiden Anlagen. Wie ist das bei dieser Konstellation zu erklären? Dr. Pieper vermutete bei einer entsprechenden Beratung die Ursache darin, dass die Kühe in der einen Herde im Durchschnitt rund 1 kg TS pro Tag weniger fressen, obwohl sie die gleiche Menge auf den Futtertisch bekommen. Die Frage, warum sie das tun, ist nicht leicht zu beantworten. Wir haben aber inzwischen eine Methode entwickelt, mit der wir das herausfinden werden.

## Unser Standort hat Zukunft

Noch mal zum Thema Wunsch und Wirklichkeit: Wir haben nun mal für die Futterproduktion in dieser Region nicht solche idealen Bedingungen wie in Norditalien oder Nordspanien. Unser Trumpf in Dixförda sind die Berechnungsmöglichkeiten für über 1.000 ha, wofür wir 20 Anlagen angeschafft haben. Und wir nutzen diese Technik voll aus, denn berechnungswürdig sind unter unseren Bedingungen alle Kulturen, außer dem natürlichen Grünland. Wir betrachten es als Verpflichtung, aus unserem Standort zu machen, was wir können, um im globalen Wettbewerb mitzuhalten.

Damit bemühen wir uns um etwas, was auch der Veranstalter des Symposiums, Dr. Pieper, so verdienstvoll auf einem viel größeren Aktionsfeld tut. Das umfasst den ganzen Raum, aus dem heute die Tagungsteilnehmer kommen. Vor 10 Jahren hat Dr. Bernd Pieper die Offensive gestartet und hochwertige Silierhilfsmittel für die Hälfte des Preises an uns verkauft, den andere für vergleichbare Produkte durchgesetzt hatten. Er hat das mit einer intensiven Beratung verbunden und eine von ihm entwickelte sehr erfolgreiche Technologie angeboten. Damit sind wir immer weiter vorangekommen. Ich meine, dass sehr viele, zumindest im Osten Deutschlands, seiner Arbeit einen Grossteil des Fortschrittes in der Milchproduktion und damit auch ihrer Wettbewerbsfähigkeit zu verdanken haben.

Die Zukunftsaussichten für die Milchproduktion in unserem Land sind meiner Ansicht nach gut bis sehr gut. Wie gesagt, haben wir uns in der Welt viel umgesehen. Das ging so weit, dass mein Mitarbeiter und Mitreferent, Joachim Brachwitz, und unsere Vertragstierärzte sogar in Australien auf Milchviehfarmen mitgearbeitet haben. Wir wollten im Detail mitbekommen, was die angeblichen Weltmarktführer besser machen, und was wir von ihnen lernen können. Als Erkenntnis bleibt: Wenn wir die Möglichkeiten, die unser Klima bietet, gekonnt nutzen, wenn wir das nötige Kapital aufwenden, wenn wir den guten Stand von Fachkräften erhalten und weiterbilden, dann sollte die Zukunft für unseren Standort gesichert sein.

## Diskussion

*Herr Dr. Hünting:*

*Sie lagern ihre Grassilage unter Dach. Warum? Wenn man voraussetzt, dass 600 Kühe gefüttert werden, ein Schlauchdurchmesser von 3 oder 4 m gegeben ist, der Vorschub in jedem Fall bei 2,5 m liegen sollte, Gras eine sehr gute isolierende Eigenschaft hat, und die Verdichtung im Schlauch eigentlich o.k. sein sollte, dürfte es eigentlich keinen Grund dafür geben.*

*Antwort:*

*Das sind Silagen mit 6,9 NEL, und sie machen nur einen Teil der Silage in den Rationen für die 600 Kühe aus. Wenn man diese hochwertigen Konservate schon nach 4 Wochen verfüttern will – weil die alten sehr guten Silagen alle sind – besteht die Gefahr der Nacherwärmung. Wir haben jedenfalls festgestellt, dass nach 4 bis 5 Tagen unter freiem Himmel die Sache immer wärmer wurde. Seit wir die Schläuche unter Dach lagern, und das machen wir schon das dritte Jahr, vermeiden wir das. Außerdem haben wir eben die dafür geeigneten Hallen.*

*Herr Dr. Hünting:*

*Im Normalfall sollte man ja sagen, die Nacherwärmung kann nur dann zustande kommen, wenn Sauerstoffeintrag in die Silage kommt. Wenn das so ist, müssten sie eigentlich darüber nachdenken, ob mit ihrer Technik irgendetwas falsch läuft, weil die Verdichtung nicht ausreicht.*

*Antwort:*

*Grassilage in Schläuchen zu machen, ist nicht so einfach wie Maissilage. Dabei*

entstehen in der Regel überall Falten, das haben wir auch in den USA und woanders gesehen. Wenn so ein Schlauch frei liegt, und der Wind weht rein, dann kann man vieles versuchen, Stricke drüber hängen oder sonst was. Aber bei uns geht es eben mit der Hallenlagerung sehr gut.

*Frage:*

Mir ist aufgefallen, dass die Qualität des 2. Grasschnittes 2006 (Tab. 1) deutlich schlechter ist als die vom 1. Grasschnitt 2007 (5,6 gegenüber 6,9 MJ). Man konnte sehen, dass der Rohfasergehalt stark angestiegen war von 224 auf 276 g/kg TM. Meine erste Frage: Zu welchem Termin haben Sie geschnitten, und war das auch ein Grund für den erhöhten Rohfasergehalt im 2. Schnitt?

*Antwort:*

Das Gras kommt von Dauergrünland, wo in den letzten 30 Jahren nichts umgebrochen, nichts nachgesät worden ist. Da gibt es also von der Graszusammensetzung her schon Nachteile. Und 27% TS sehen wir, wenn wir Pülpe und CCM zum Ergänzen haben, noch nicht als schlecht an. Es wäre nur nicht gut, wenn man ausschließlich solche Silage hätte. Klar ist, dass der TS-Zuwachs sehr hoch ist, wenn trockenes Wetter herrscht.

*Frage:*

Ich fragte eben, weil wir die ähnlichen Erfahrungen haben, dass der 1. Schnitt hervorragende Qualitäten bekommen hat in diesem Jahr und der 2. Schnitt dermaßen abgestürzt ist. Ich hatte gehofft, dass Sie oder vielleicht andere hier im Saal Erklärungen dafür haben, weil das Problem bei uns noch nicht gelöst ist.

*Antwort:*

Der Hauptgrund für die hohe Qualität des 1. Schnittes ist der, dass wir dort mit sehr niedrigen Erträgen herangehen und wirklich schon zu einem Zeitpunkt ernten, wo wir vor 10 Jahren noch gesagt haben, lass es mal noch 4 bis 5 Tage stehen. Jetzt wollen wir dieses Futter im Rahmen unseres Gesamtkonzeptes haben, und da ernten wir eben schon mal bei nur 80 dt Ertrag vom Hektar.

# Einsame Klasse



**CLAAS**

**In der Technik weit voraus.  
In der Praxis nah am Kunden.**

- Marktprägende Innovationen sind unser Markenzeichen.
- Top-Leistung, Schlagkraft und Zuverlässigkeit sichern Ihnen höchsten wirtschaftlichen Nutzen.
- Exzellenter Service ist bei uns Teil der Produktqualität.

Ihr CLAAS Partner vor Ort berät Sie gern:

**BLT** BRANDENBURGER  
LANDTECHNIK GMBH

**16909 Heiligeграbe**

Tel.: 033962/62 46 0  
Fax: 033962/62 48 0

**14641 Nauen**

03321/46 02 07  
03321/46 01 70

**16278 Angermünde**

03331/26 38 0  
03331/26 38 41

**16775 Löwenberg**

033094/70 37 5  
033094/70 37 8

**[www.brandenburger-lt.de](http://www.brandenburger-lt.de)**



# Mais

Top Qualität und Ertrag für  
alle Nutzungsrichtungen

## SALUDO

S 210, ca. K 210

- ertragsstabil
- qualitätsreich
- frühe und sichere Reife

## SPHINXX

S 220, K 230

- standfest
- hervorragende Futterqualitäten
- hohes Ertragspotenzial

## TIBERIO

ca. S 240, K 230

- ertragreich in allen Nutzungsrichtungen
- ausgezeichnete Qualitätseigenschaften

## AVIXXENE

ca. S 240, ca. K 240

- hohe Ertrags-sicherheit
- standfest
- gute Druschei-genschaften

**WIR ZÜCHTEN ERFOLG**

R.A.G.T Saaten Deutschland GmbH, Postfach 2515, 32015 Herford  
Tel. (0 52 21) 76 52-0, Fax (0 52 21) 71 85-3, [www.ragt.de](http://www.ragt.de)



# Einflüsse der Silagequalität auf den Biogas-Ertrag



*Dr. Matthias Plöchl*

*Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim,  
14469 Potsdam*

*E-Mail: [mploechl@atb-potsdam.de](mailto:mploechl@atb-potsdam.de)*

## Zusammenfassung

Die Biogasproduktion oder anaerobe Vergärung ist ein vierstufiger Prozess aus Hydrolyse, Acidogenese, Acetogenese und Methanbildung. Das Produkt dieses Prozesses, Biogas, ist eine Mischung aus Methan (ca. 60%), Kohlendioxid (ca. 40%) und Spuren von Schwefelwasserstoff, Wasserstoff, Ammoniak, Stickstoff und Sauerstoff. Generell ist jedes organische Material, solange es nicht reich an Lignin ist, als Futter für Biogasanlagen geeignet. In den letzten Jahren hat die Bedeutung von Energiepflanzen als Einsatzstoff deutlich zugenommen. Um die gute Qualität dieser Stoffe zu sichern ist eine hochwertige Silagebereitung unumgänglich. Aus Batch-Vergärungstests ist bekannt, dass Silagen ein höheres Biogasbildungspotenzial zeigen als Frischmassen. Mit Hilfe von Szenariorechnungen kann gezeigt werden, dass diese Steigerung auch die Verluste durch die Silagebereitung ausgleichen kann. Wird jedoch eine Silage von geringerer Qualität erzeugt, können die Silierverluste nicht mehr ausgeglichen werden. Dies wird noch verstärkt, wenn die Silage eine geringe aerobe Stabilität aufweist. Deshalb kann es empfehlenswert sein, chemische Stabilisatoren zuzufügen.

## Summary

### Influence of silage quality on biogas yield

Biogas production or anaerobic digestion is a four-step process. These steps are hydrolysis, acidogenesis, acetogenesis and methane formation. The product of this process is biogas, a mixture of methane (approx. 60%), carbon dioxide (approx. 40%) and traces of sulphur hydrogen, hydrogen, ammonia, nitrogen and oxygen. In principle, all organic material can be used as feedstock as long as it is not rich in lignine. Only recently the usage of energy crops as feedstock has considerably increased. In order to obtain and maintain this feedstock in good quality it is necessary to prepare high quality silages. From batch digestion experiments it is known that silage preparation can increase biogas yield on an organic dry matter basis. Scenario calculations on a hectare bases demonstrate that this increase can compensate dry matter losses due to silage preparation. But if silage preparation is of low quality dry matter losses will outbalance increases in biogas yield. This effect will be increased in the case of increased aerobic instability of silages. Therefore it might be recommendable to increase aerobic stability by the addition chemical stabilisers.

## Резюме

### Влияние качества силоса на выход биогаза

Производство биогаза или анаэробное брожение является четырехступенчатым процессом, состоящим из гидролиза, ацидогенеза, ацетогенеза и образования метана. Продукт этого процесса, биогаз, представляется смесь из метана (около 60%), двуокиси углерода (около 40%) и из следов сероводорода, водорода, аммиака, азота и кислорода. Принципиально можно использовать каждый органический материал, если он не содержит слишком много лигнина, в качестве кормового средства для биогазовых установок. В последние годы сильно возросло значение культурных растений как кормовые средства для биогазовых генераторов. Высококачественное силосования является предпосылкой для обеспечения качества этих веществ. Из беч-опытов известно, что силос имеет более высокий потенциал для образования биогаза чем свежей массы. С помощью вычисления разных сценарио показывается, что это повышение может и компенсировать потери при силосовании. Но если производят силос низкого качества, эти потери

не компенсируются. Это усиливается еще при производстве аэробно нестабильного силоса. В таких случаях может быть полезным применять химические силосные добавки.

## Einleitung

Biogas wird in einem vierstufigen Prozess (Abb. 1) aus organischem Material gebildet. In der ersten Stufe werden die Kohlenhydrate, Fette und Eiweiße in der organischen Masse zu kleineren Molekülen hydrolysiert. Im nächsten Schritt (Acidogenese) werden hieraus länger-kettige organische Säuren gebildet, die in der Acetogenese zu Essigsäure abgebaut werden. Im gleichen Schritt werden auch Kohlendioxid und Wasserstoff gebildet. Sowohl aus der Essigsäure als auch aus Kohlendioxid und Wasserstoff werden im abschließenden Schritt Methan und Kohlendioxid gebildet.

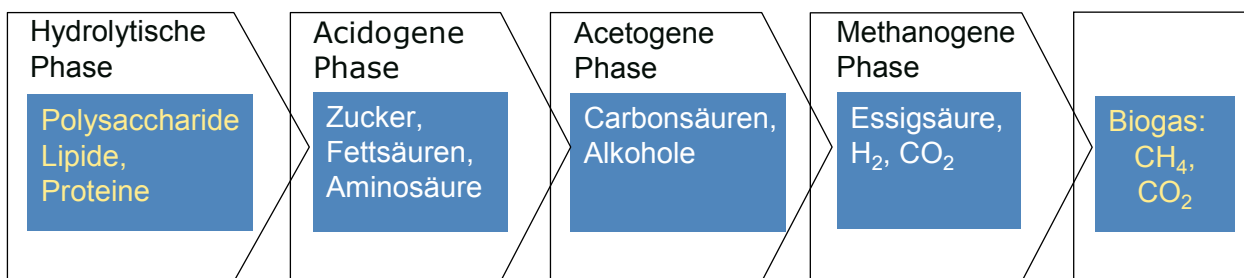


Abb. 1 Der vierstufige Biogasbildungsprozess

Der komplette Prozess wird von einer Vielzahl von Bakterien und Archaeabakterien unter anaeroben Bedingungen durchgeführt. Die hierbei entstandene Mischung aus Gasen weist neben den Hauptbestandteilen Methan und Kohlendioxid noch Spuren weiterer Gase auf: Schwefelwasserstoff, Wasserstoff, Ammoniak, Stickstoff und Sauerstoff (Tab. 1).

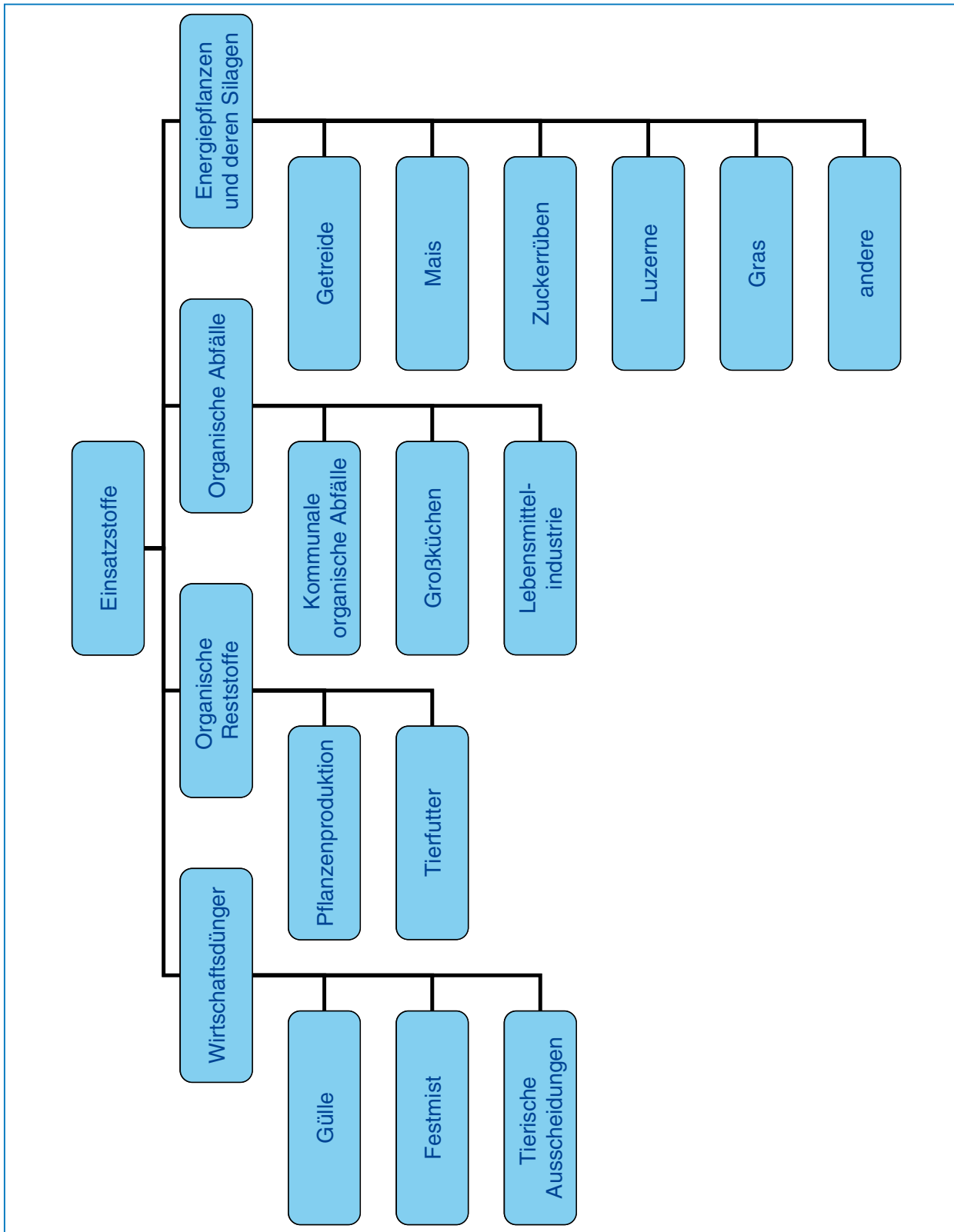
Methan	50 – 70 %
Kohlendioxid	30 – 50 %
Schwefelwasserstoff	20 – 1000 ppmV
Wasserstoff	1 – 2 %
Stickstoff	1 – 5 %
Wasser	1 – 2 %

Tab. 1  
Zusammensetzung von  
Biogas

## Einsatzstoffe zur Biogasbildung

Für die Biogasbildung können eine Vielzahl organischer Stoffe eingesetzt werden (Abb. 2).

Abb. 2 Einsatzstoffe für Biogasanlagen



Voraussetzung ist, dass diese Stoffe einen geringen Ligningehalt haben, da dieses von den Bakterien nicht aufgeschlossen werden kann. Die Vergärbarkeit dieser Stoffe wird in Batch-Gärtests, gemäß VDI 4630 ermittelt. Hierzu wird das zu untersuchende Material in einer 2l-Flasche (Abb. 3) mit einem Inoculum, das ausreichend Bakterien enthält, im Verhältnis 1:2 (in Bezug auf die organische Trockenmasse) gemischt.

Das Biogas wird in einem Gasometer aufgefangen und täglich nach Menge und Zusammensetzung analysiert. Nach etwa vier Wochen ist der Versuch abgeschlossen. Die Biogasausbeute, in dieser Zeitspanne, ist für die meisten Stoffe in der Größenordnung von 400 l CH<sub>4</sub>/kg OTM, wobei der Methangehalt des Biogases zwischen 52 und 56% liegt.

Seit einigen Jahren werden zunehmend speziell für die Biogasproduktion angebaute Energiepflanzen eingesetzt. Um diese für den Einsatz ganzjährig vorrätig zu halten, ist eine Silierung der Grünmasse sinnvoll. Hierbei kann auf die Erfahrung der Silagebereitung in der Tierfutterbereitstellung zurückgegriffen werden.



Abb. 3

*Batch-Gärtests (gemäß VDI 4630): Volumen ca. 1.6 l, ca. 1500 ml Impfmateriale und 100 g FM zu untersuchendes Material, mesophile Bedingungen (35 °C). Die Biogasproduktion wird über einen Zeitraum von 28-35 Tagen als Biogassumme ermittelt, parallel wird der Methangehalt (Vol.-%) erfasst.*

## Silagen

Im gleichen Maße wie Silagen in der Biogasproduktion eingesetzt werden, wird darüber diskutiert, ob es unterschiedliche Ansprüche an die Silagequalität zwischen Biogas- und Tierfuttersilagen gibt. Zum einen wird an der Eindeckung gespart, bzw. wird mit Getreideeinsaat abgedeckt, zum anderen wird die These aufgestellt, dass essigsäure Silagen für die Biogasanlagen geeigneter seien als milchsäure Silagen.

Generell sind bei der Silagebereitung für die Biogasproduktion die siliertechnischen Grundlagen zur Sicherung von Qualität und Stabilität von Silagen aus der Futtermittelkunde gültig (HERRMANN et al. 2007). Insbesondere im Bereich der eigentlichen Silagebereitung und der Abdeckung ist darauf zu achten, dass hier keine Eintrittsstellen für aeroben Abbau oder Verderb anderer Art entstehen, da jeder Trockenmasseverlust auch einen Verlust an Energie darstellt. Etwas anders stellt sich die Situation im Bereich der Sickersäfte und anderer flüssiger Emissionen dar. Diese können generell in die Biogasanlage eingeleitet werden und tragen somit zum Energiegewinn bei. Die Silagebereitung kann durch Silierhilfsmittel unterstützt werden. Ob und welche Silierhilfsmittel zum Einsatz gelangen, hängt vom Siliergut, d.h. der Pflanzenart, dessen Qualität, ausgedrückt u. a. durch Trockenmasse, Zuckergehalt und Pufferkapazität, ab. Um den Anforderungen nach gesicherter Silagequalität und reduzierten Gärverlusten bei der Silierung von Energiepflanzen für die Biogasproduktion gerecht zu werden, können homofermentative, heterofermentative und chemische Mittel zum Einsatz kommen. Homofermentative Mittel haben den Vorteil, dass ein geringerer Masseverlust während der Silierung auftritt, da hierbei kein CO<sub>2</sub> gebildet wird. Chemische Mittel sollten vor allem eingesetzt werden, wenn Masseverluste aufgrund aerober Instabilität drohen. Bei der Anlage des Silos ist darauf zu achten, dass Höhe und Breite so dimensioniert sind, dass genügend Vorschub gewährleistet ist.

Aus Praxiserfahrungen wird deutlich, dass zweijährige Silagen einen höheren Biogasertrag pro Einheit organischer Trockenmasse zeigen als jüngere Silagen. Hierfür gibt es noch keine eindeutigen Erklärungen, jedoch lässt sich vermuten, dass nachträgliche Säurebildung hierzu beiträgt. Versuche mit dem Zusatz von Milch- und Essigsäure zu Silagen haben gezeigt, dass in beiden Fällen eine Anregung der Biogasbildung stattfindet, die deutlich über die Menge an Biogas hinausgeht (4.2% bzw. 4.9% statt der erwarteten 3.9% mehr Biogas), die aus der zugesetzten Säure gebildet werden könnte (Tab. 2).

Tab. 2 Methanausbeuten von Einsatzstoffen

Energiepflanzen (Silagen)	TM [% FM]	OTM [% TM]	Biogasausbeute [Nm <sup>3</sup> /t OTM]	Methan [Nm <sup>3</sup> /t OTM]
Futtermix <sup>1</sup>	10-16	86-91		297-370
Dauergrün <sup>1</sup>	10	88		246
Kleegras <sup>1</sup>	9-17	88-91		290-390
Luzerne <sup>2</sup>	14-35	84-88	514-737	283-405
Mais <sup>1</sup>	30-48	96-97		247-375
Mais <sup>4</sup>	20-42	95-97		330-400
Gerste <sup>2</sup>	25-38	90-93	694-920	382-506
Roggen <sup>2</sup>	33-46	91-93	733-734	403-404
Zuckerrübe <sup>3</sup>	22	90		504
Futterrübe <sup>4</sup>	23	95		400
Hanf <sup>2</sup>	28-36	92-93	452-485	250-267
Roggenschrot <sup>5</sup>	88	97	650-1039	300-655
Ananastrester <sup>5</sup>	10	97	1166	599
Apfeltrester <sup>5</sup>	8-16	99	607-690	
Sanddorntrester <sup>5</sup>	5-9	98	712	379
Auberginenkraut <sup>5</sup>	52	88	464	217
Paprikakraut <sup>5</sup>	48	88	157-169	52-63
Tomatenkraut <sup>5</sup>	30	81	454-516	193-222
Chicoreeknolle <sup>5</sup>	20	67	740	343
Kohl <sup>5</sup>	13	89	584	200
Gemüseabfälle <sup>5</sup>	21	95	1280-1663	773-1014

TM = Trockenmasse;

FM = Frischmasse;

OTM = organische Trockenmasse,

Nm<sup>3</sup> = Normkubikmeter, d.h. Volumen ist auf Normbedingungen gesetzt:

0 °C, 1023 mbar Luftdruck und 0% relative Feuchte;

<sup>1</sup> Amon et al., 2004; <sup>2</sup> Heiermann and Plöchl, 2004; <sup>3</sup> Linke et al. 2003;

<sup>4</sup> Oechsner et al., 2003; <sup>5</sup> ATB-Datenbank

## Szenarien zu Siloverlusten

Im Folgenden soll hier auf die Bedeutung der Masseverluste in der Silagebereitung und bei mangelnder aerober Stabilität eingegangen werden. Hierzu wird eine Reihe von Szenarien gebildet, die sowohl geringe (4%), mittlere (8%) und hohe (16%) Silierverluste abbilden als auch Silageverluste durch geringe aerobe Stabilität, außerdem wird zwischen Pflanzen mit hohen und mit geringen Hektarerträgen unterschieden (Tab. 3).

Tab. 3 Steigerung der Biogausausbeute durch Zusatz organischer Säuren

	Maissilage [m <sup>3</sup> / t OTM]	Maissilage + 1% Essigs. [m <sup>3</sup> / t OTM]	Maissilage + 1% Milchs. [m <sup>3</sup> / t OTM]	Prozentuale Steigerung Essigs. [%]	Prozentuale Steigerung Milchs. [%]
Biogausausbeute theoretisch	636.39	661.19	661.19	3.9	3.9
Biogausausbeute Versuch	636.39	662.95	667.42	4.2	4.9
Methanausbeute theoretisch	353.41	365.81	365.81	3.5	3.5
Methanausbeute Versuch	353.41	367.93	366.68	4.1	3.8

Die Szenarienrechnungen zeigen, dass unter der Bedingung, dass Silagen etwa 9% höhere Methanerträge bilden als Frischmassen, die geringen Silierverluste überkompensiert und mittlere Silierverluste noch in etwa ausgeglichen werden können. Deutliche Verluste ergeben sich bei hohen Silierverlusten und bei aerober Instabilität (Abb. 4 und 5).



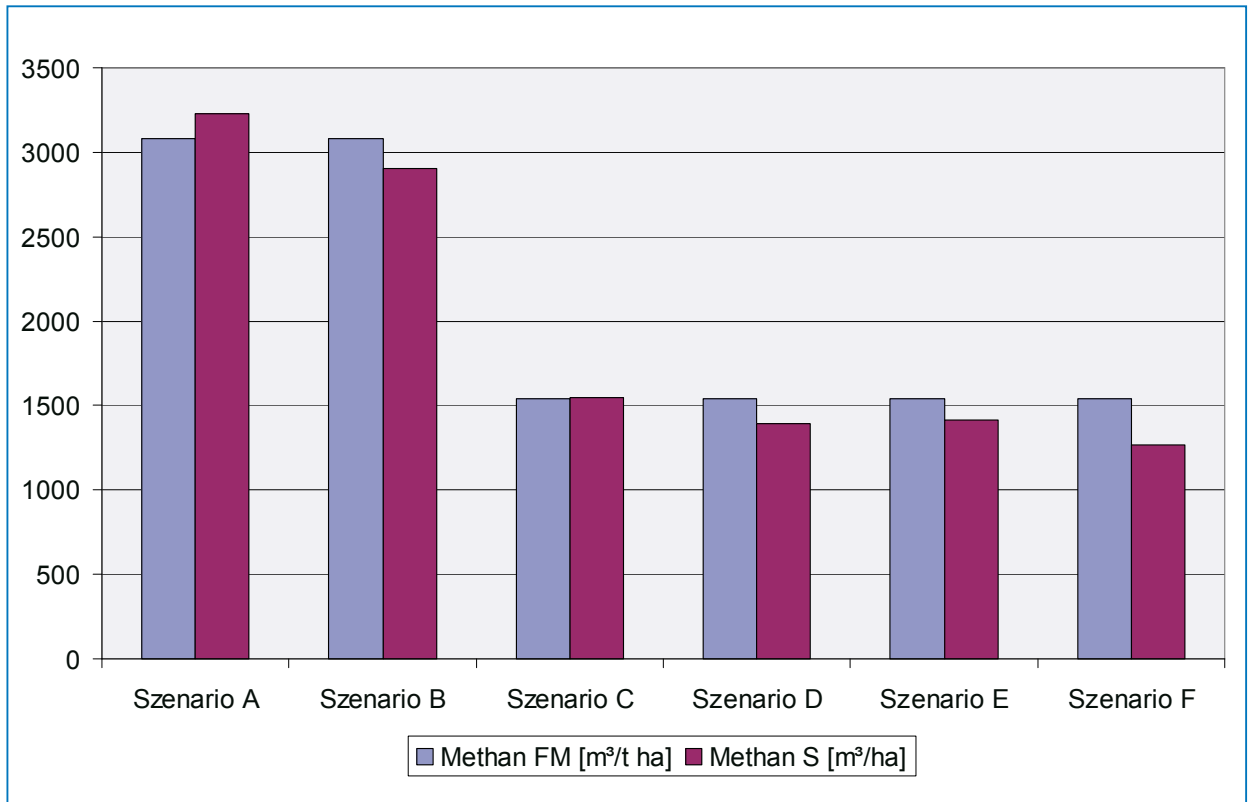


Abb. 4 Methan-Hektarerträge der Frischmassen (FM) und Silagen (S) der Szenarien A bis F (Tab. 4)

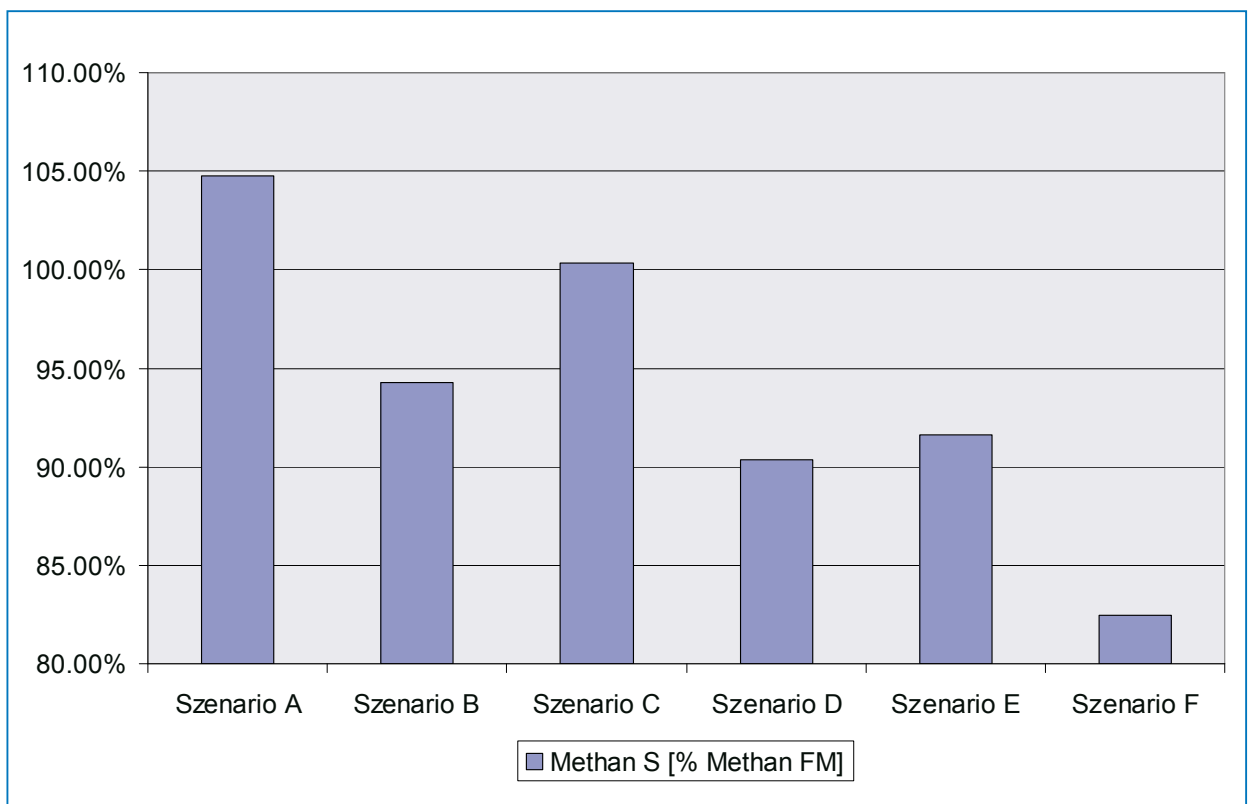


Abb. 5 Relative Gewinne und Verluste der Methanbildung aus Silagen gegenüber den Frischmassen der Szenarien A bis F (Tab. 4)

Tab. 4 Szenarien zu Masseverlusten

	Szenario A	Szenario B	Szenario C	Szenario D	Szenario E	Szenario F
Ernte [t FM/ha]	40,00	40,00	20,00	20,00	20,00	20,00
TM [kg/kg FM]	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Ernte [t TM/ha]	14,00	14,00	7,00	7,00	7,00	7,00
Silieverlust [%]	4%	4%	8%	8%	16%	16%
Silage [t TM/ha]	13,44	13,44	6,44	6,44	5,88	5,88
aerobe Silageverluste [%]	0%	10%	0%	10%	0%	10%
Silage, netto [t TM/ha]	13,44	12,10	6,44	5,80	5,88	5,29
FM Methan [m <sup>3</sup> /t TM]	220,00	220,00	220,00	220,00	220,00	220,00
S Methan [m <sup>3</sup> /t TM]	240,00	240,00	240,00	240,00	240,00	240,00
Methan FM [m <sup>3</sup> /ha]	3080,00	3080,00	1540,00	1540,00	1540,00	1540,00
Methan S [m <sup>3</sup> /ha]	3225,60	2903,04	1545,60	1391,04	1411,20	1270,08
Methan S [% Methan FM]	104,73%	94,25%	100,36%	90,33%	91,64%	82,47%

## Fazit

Letztlich gilt für den Einsatz von Silagen in Biogasanlagen, die gleiche Sorgfalt walten zu lassen wie bei Silagen zur Milchviehfütterung. Nichtsdestotrotz kann angenommen werden, dass es Unterschiede gibt zwischen der idealen Silage für die Tierfütterung und dieser für die Biogasanlage. Zumindest erlaubt der Einsatz in Biogasanlagen ein weiteres Spektrum an Gärsäuren. Es ist jedoch noch ungeklärt, ob es hier einen anderen Idealzustand gibt als für die Tierfütterung.

Der Tierfütterung gleich gilt jedoch auch, dass Verluste im Silagebereitungsprozess und im Silo Energieverluste sind und somit der Verlust baren Geldes. Außerdem kann davon ausgegangen werden, dass Silierung eine Form der Futtervorbehandlung ist, die zur Steigerung der Biogaserträge führt. Diese Steigerung kann geringe Silierverluste, die unweigerlich auftreten, kompensieren. Bei zu erwartenden stärkeren Verlusten, z. B. bei nicht idealem Siliergut, ist der Einsatz von Silierhilfsmitteln ratsam.

## Literatur

**AMON, T., KRYVORUCHKO, V., AMON, B., BUGA, S., AMID, A., ZOLLITSCH, W., MAYER, K., PÖTSCH, E. 2004:** Biogaserträge aus landwirtschaftlichen Gärgütern. In Proc. 10. Alpenländisches Expertenforum, 18th-19th March 2004, Irdning (A) 2004, 1-6

**HEIERMANN, M., PLÖCHL, M. 2004:** Biogas aus Pflanzen-Ergebnisse von Gärversuchen. In Proc. 10. Internationale Tagung »Energetische Nutzung nachwachsender Rohstoffe«, TU Bergakademie Freiberg (D) 2004, 79-84

**HERRMANN, C., HEIERMANN, M., IDLER, C., SCHOLZ, V. 2007:** Einfluss der Silierung auf die Biogasbildung – Aktuelle Forschungsergebnisse (Impact of ensiling process on biogas production – recent research results). In: Tagungsband »Energiepflanzen im Aufwind – Wissenschaftliche Ergebnisse und praktische Erfahrungen zur Produktion von Biogaspflanzen und Feldholz«, 12./13. Juni 2007, Potsdam. Bornimer Agrartechnische Berichte, Heft 61, 86-99

**LINKE, B., HEIERMANN, M., GRUNDMANN, P., HERTWIG, F. 2003:** Grundlagen, Verfahren und Potenzial der Biogasgewinnung im Land Brandenburg. In: M. Heiermann, M. Plöchl, eds, Biogas in der Landwirtschaft – Leitfaden für Landwirte und Investoren im Land Brandenburg, 2. überarbeitete Auflage, Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg, Potsdam, 10-23

**OECHSNER, H., LEMMER, A., NEUBERG, C. 2003:** Feldfrüchte als Gärs substrat. Landtechnik 58, 146-147



www.krone.de



# Fortschritt ist Bewegung



## Selbstfahrender Feldhäcksler BiG X

- 4 Modelle von 510 PS bis über 1.000 PS  
= maximale Leistung bei bester Häckselqualität
- 6 Vorpresswalzen + Corn-Conditioner mit 25 cm Walzen-  
durchmesser = Bessere Häckselqualität ist messbar!
- Biogastrommel für kurze Häcksellängen optional (40 Messer) =  
bis zu 25 % mehr Durchsatz bei 16 % geringerem Dieserverbrauch

**Maschinenfabrik  
Bernard KRONE GmbH**  
Heinrich-Krone-Straße 10  
D-48480 Spelle

Tel.: +49 (0) 5977/935-0  
Fax: +49 (0) 5977/935-339  
E-Mail: [Info.Idm@krone.de](mailto:Info.Idm@krone.de)  
Internet: [www.krone.de](http://www.krone.de)

# Aktuelle Ergebnisse zur Silierung von Zuckerhirse



*Dr. Bernd Pieper, Dr. Ulrich Korn,*

*Dr. Pieper Technologie- und  
Produktentwicklung GmbH, Neuruppin/OT Wuthenow  
Robert Oldag, Robert Oldag GbR, Belsch,  
Marion Buck, LMS Landwirtschaftsberatung, Schwerin*

## Zusammenfassung

Es wurde die Silierfähigkeit von 3 Zuckerhirsesorten, die auf verschiedenen Standorten in Mecklenburg-Vorpommern angebaut wurden, geprüft. Die Trockenmassegehalte des Ausgangsmaterials variierten zum Erntezeitpunkt zwischen 17,9 und 24,4%, der Zuckergehalt betrug ca. 92 g/kg TM, die Pufferkapazität im Bereich von 22-25 g Milchsäure lag sehr niedrig. Stärke konnte nicht nachgewiesen werden. Nach 4-monatigem Wachstum wurde ein durchschnittlicher Frischmasseertrag von 40 t/ha erreicht. Die Futterwerte, Mineralstoffzusammensetzung, Spurenelemente und DCAB ähnelten denen von Mais. Der Zusatz der homofermentativen Milchsäurebakterien *Lactobacillus plantarum* DSM 8862 und DSM 8866 (**BIO-SIL**<sup>®</sup>) bewirkte eine deutliche Erhöhung des Milchsäuregehaltes und eine Senkung des pH-Wertes im Vergleich zur unbehandelten Kontrollsilage. Zuckerhirse ist mit 5,6 bis 5,8 MJ NEL und Rohproteingehalten bis zu 12% eine brauchbare Futterpflanze und mit geringen Ergänzungen für trockenstehende Kühe geeignet. Die zuckerhaltigen Pflanzen lassen sich gut silieren, die Zugabe von **BIO-SIL**<sup>®</sup> führt zur Verringerung der Verluste und zur deutlichen Verbesserung der Silagequalität.

## Summary

### Topical results of ensiling of sweet sorghum

The ensiling capability of 3 sweet sorghum varieties cultivated at different locations in Mecklenburg-Vorpommern was reviewed. Dry matter content of the starting material at harvest time ranged from 17.9 to 24.4%, the sugar content was about 92 g/kg of DM, the buffer capacity was very low in the range of 22-25 g lactic acid per kg dry matter. Starch could not be detected. After 4 months growth, an average fresh matter yield of 40 t/ha was obtained. The feed values, mineral composition, trace elements and DCAB were similar to those of maize. The plants were good fermentable after the addition of the homolactic acid bacteria *Lactobacillus plantarum* DSM 8862 and DSM 8866 (**BIO-SIL**<sup>®</sup>). Sweet sorghum has an energy content of 5.6 to 5.8 MJ NEL, a crude protein content up to 12% and is suitable as fodder plant for dry cows after small additions. The sugar containing plants are well fermentable, the addition of **BIO-SIL**<sup>®</sup> leads to reduction of dry matter losses and improves significantly the silage quality.

## Резюме

### Новые результаты по силосованию сахарного сорго

Проводилась проверка силосуемости трех сортов сахарного сорго, которые выращивались на разных местах в Федеральной земле Мекленбург-Форпоммерн. Содержания сухой массы исходного материала колебалось от 17,9 и 24,4%, содержание сахара составляло около 92 г/кг сухой массы. Буферная емкость в диапазоне от 22 до 25 г молочной кислоты очень низка. Крахмала не установлена. После четырехмесячного роста и развития была достигнута урожайность свежей массы в размере 40 т/га. Кормовая ценность, состав минеральных веществ и микроэлементов похоже на показатели кукурузы на силос. Добавка гомоферментативных молочнокислых бактерий *Lactobacillus plantarum* DSM 8862 и DSM 8866 (**BIO-SIL**<sup>®</sup>) дала значительное улучшение параметров брожения. Сахарное сорго с содержанием энергии 5,6 до 5,8 МДж НЭЛ и сырого протеина до 12% является подходящим кормовым растением и с некоторыми кормовыми добавками пригодным кормом для стельных коров. Сахаристые растения хорошо силосуются, добавка **BIO-SIL**<sup>®</sup> снижает потери и улучшает качество силоса.

Aufgrund vermehrter Nachfragen aus Brandenburg, Thüringen und Mecklenburg-Vorpommern zum Anbau von Zuckerhirse stellten wir uns die Aufgabe, die Silierfähigkeit dieser an Bedeutung zunehmenden Futterpflanze zu prüfen. Dazu nutzten wir die Sorten Bovital, Goliath und Rona, die im Umland von Belsch (nahe Redefin, MV) durch die Robert Oldag GbR am 2.6.07 auf einem zur Sommertrockenheit neigenden Standort mit 18 BP nach Düngung, Eggen und Grubbern ausgesät wurden. Auf einem zweiten, sandigen Standort mit 15 BP wurde die Sorte Rona pfluglos mit einer Schlitzsaat-Drille ebenfalls am 2.6.07 ausgebracht. Der erste Standort erhielt im Frühjahr 15 m<sup>3</sup> Rindergülle und 15 t Festmist je ha und kurz vor der Aussaat 230 kg Kornkali/ha sowie nach ca. 50 cm Aufwuchshöhe weitere 230 kg KAS/ha. Auf den zweiten Standort wurden im Frühjahr nur 15 m<sup>3</sup> Rindergülle und vor der Aussaat sowie nach 20 cm Aufwuchshöhe jeweils 230 kg/ha Kornkali ausgebracht. Da der erste Standort durch die Bodenbearbeitung sehr trocken war, liefen die Pflanzen stark verzögert und uneinheitlich auf. Durch die pfluglose Bearbeitung verblieb im zweiten Standort mehr Feuchtigkeit im Boden. Das führte zu schnellerem und sehr einheitlichem Aufwuchs, der Bestand war allerdings anfälliger für Unkräuter. Nach 3,5 Monaten erreichten die Pflanzen je nach Sorte und Standort zwischen 2 und 3 m Höhe und blühten bzw. begannen mit dem Kornansatz. Längere Trockenperioden waren für die Jungpflanzen unproblematisch. Nach Regen und ausreichender Wärmezufuhr (Mindestwärmemenge 2500 K) holten die Pflanzen das Wachstum mit großer Geschwindigkeit wieder auf. Zum Erntetermin am 9.10.07 wurde ein durchschnittlicher Frischmasseertrag von 40 t/ha bei einer Pflanzenhöhe bis 3,5 m, sehr feuchtem Erntegut und durchschnittlichem Einzelpflanzengewicht von 1800 g erreicht. Der Tabelle sind der Futterwert und die Mineralstoffgehalte der angebauten Hirsesorten zu entnehmen.

Tab. 1 Futterwert verschiedener Zuckerhirsesorten (Ausgangsmaterial vom 9.10.07)

		Bovital	Goliath	Rona	Rona (Sand)
<b>TM</b>	g/kg OS	202	179	212	244
<b>Rohasche</b>	g/kg TM	49	63	42	46
<b>Rohprotein</b>	g/kg TM	118	106	95	74
<b>Rohfaser</b>	g/kg TM	294	308	278	287
<b>Zucker</b>	g/kg TM	91	93	92	91
<b>Stärke</b>	g/kg TM	n.n.*	n.n.*	n.n.*	n.n.*
<b>NDF</b>	g/kg TM	598	580	567	580
<b>ADF</b>	g/kg TM	358	376	325	329
<b>ADL</b>	g/kg TM	45	61	48	46
<b>NFC</b>	g/kg TM	294	222	267	271
<b>NEL</b>	MJ/kg TM	5,8	5,7	5,8	5,8
<b>nXP</b>	g/kg TM	128	125	126	122
<b>RNB</b>	g/kg TM	-1,7	-3	-4,9	-7,7
<b>PK<sup>1</sup></b>	g MS/kg TM	22,3	22,9	22,2	24,8
<b>Z/PK<sup>2</sup></b>		4,08	4,06	4,14	3,67
<b>VK<sup>3</sup></b>		53	50	54	54

n. n. \*-nicht nachweisbar | <sup>1</sup> Pufferkapazität | <sup>2</sup> Quotient aus Zuckergehalt und Pufferkapazität | <sup>3</sup> Vergärbarkeitskoeffizient (VK=TM[%] + 8 Z/PK)

Tab. 2 Mineralstoffe und Spurenelemente sowie DCAB verschiedener Zuckerhirsesorten (Ausgangsmaterial vom 9.10.07)

		Bovital	Goliath	Rona	Rona (Sand)
<b>Ca</b>	g/kg TM	3,4	3,4	4	2,4
<b>P</b>	g/kg TM	2,5	2	2,2	2,9
<b>Mg</b>	g/kg TM	3,2	3,3	2,4	2,5
<b>K</b>	g/kg TM	14,4	20,3	12,3	15,1
<b>Na</b>	g/kg TM	< 0,1	< 0,1	0,1	< 0,1
<b>Cl</b>	g/kg TM	2,9	4,3	1,8	1,6
<b>S</b>	g/kg TM	0,5	0,7	0,5	0,5
<b>Cu</b>	mg/kg TM	5,5	5,1	4,9	2,6
<b>Zn</b>	mg/kg TM	40,4	34,1	34,1	21,1
<b>Fe</b>	mg/kg TM	177	120	101	159
<b>Mn</b>	m/kg TM	28	87	82	25
<b>DCAB</b>	meq/kg TM	256	359	237	341



Am 9.10.07 wurden die Pflanzen gehäckselt und mit **BIO-SIL**<sup>®</sup> (1 g/t) in Laborsilos einsiliert. Bereits nach wenigen Tagen war die Wirkung der Milchsäurebakterien am niedrigen pH-Wert erkennbar (Tab. 3). Es wird ersichtlich, dass die untersuchten Zuckerhirsesorten mit Bakterienzusatz schneller einen tiefen pH-Wert erreichen und mehr Milchsäure bilden als unbehandelte Kontrollsilagen.

*Tab. 3 Trockenmasse- und Milchsäure-Gehalte sowie pH-Werte verschiedener Zuckerhirsesorten nach 5 bzw. 12 Tagen Silierdauer*

Parameter		TM		pH		Milchsäure	
		(g/kg)				(g/kg TM)	
Silierdauer		12 d	5 d	12 d	12 d	12 d	12 d
Bovital	Kontrolle	215	4,14	3,92		45	
	<b>Bio-Sil</b> <sup>®</sup>	214	3,71	3,60		54	
Goliath	Kontrolle	186	4,04	3,75		38	
	<b>Bio-Sil</b> <sup>®</sup>	184	3,69	3,58		62	
Rona 1	Kontrolle	208	3,94	3,76		41	
	<b>Bio-Sil</b> <sup>®</sup>	204	3,78	3,66		58	
Rona 1 (Sand)	Kontrolle	242	4,14	3,90		44	
	<b>Bio-Sil</b> <sup>®</sup>	241	3,93	3,69		55	

Zuckerhirse ist mit 5,6 bis 5,8 MJ NEL/kg TM und Rohproteingehalten bis zu 12% eine brauchbare Futterpflanze und mit geringen Ergänzungen für trockenstehende Kühe geeignet. Die Mineralstoffzusammensetzung, insbesondere der Kalziumgehalt, ähnelt der von Mais. Sorten- und standortabhängig schwanken die Nährstoffgehalte erheblich, so dass vor dem Einsatz als Futter Analysen zu empfehlen sind. Am Beispiel der untersuchten Hirsesorten wird deutlich, dass zuckerhaltige Pflanzen mit einem hohen Vergärbarkeitskoeffizienten gut siliert werden können, die Zugabe von leistungsfähigen Milchsäurebakterien jedoch noch eine deutliche Verbesserung der Silagequalität (Tab. 4) und eine Verringerung der Verluste zur Folge hat. Sollte in Zukunft Zuckerhirse eine größere Bedeutung erlangen, ist es notwendig, dass für die Praxis Daten zur Sickersaftbildung ermittelt werden. Die Trockenmassegehalte liegen in der Praxis oftmals zwischen 25 und 30%.

Tab. 4 Erreichte Gärparameter der untersuchten Zuckerhirsesorten nach Silierung mit **BIO-SIL**<sup>®</sup>

	Behandlung	DLG-Punkte*	Siliernote
<b>Bovital</b>	Kontrolle	89	gut
	<b>BIO-SIL</b> <sup>®</sup>	92	sehr gut
<b>Goliath</b>	Kontrolle	89	gut
	<b>BIO-SIL</b> <sup>®</sup>	94	sehr gut
<b>Rona 1</b>	Kontrolle	90	gut
	<b>BIO-SIL</b> <sup>®</sup>	92	sehr gut
<b>Rona 1 (Sand)</b>	Kontrolle	89	gut
	<b>BIO-SIL</b> <sup>®</sup>	90	gut

(\* max. 100 Punkte erreichbar)



Abb. 1 Zuckerhirsepflanzen nach 3,5 Monaten Wachstum

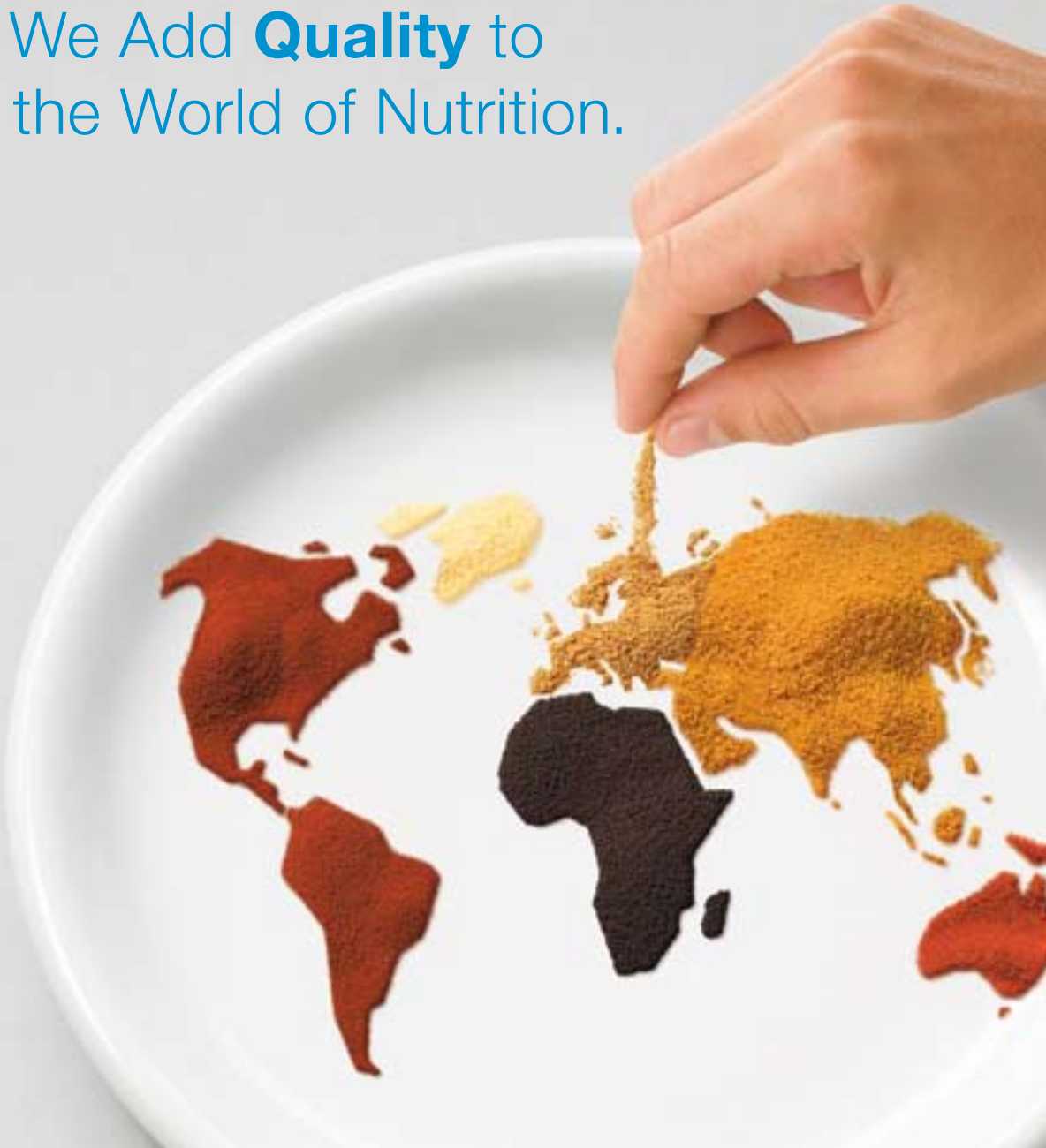


*Abb. 2 Herr Oldag (Robert Oldag GbR, Belsch) bei der Ertragsermittlung*



*Abb. 3 Einzelpflanzen bilden bis zu 8 Nebentriebe*

We Add **Quality** to  
the World of Nutrition.



**Unsere Futterzusatzstoffe machen  
Ihnen die Entscheidung leicht**

- Produkte, die höchsten gesetzlichen Anforderungen und Kundenwünschen entsprechen
- Ein Anbieter, der weltweit auf allen wichtigen Märkten aktiv ist
- Eine Philosophie der stetigen Verbesserung, auf die Sie sich verlassen können
- Nachhaltiges Engagement für die Tierernährung

**BASF Nutrition – the healthy decision.**

 **BASF**

The Chemical Company

# Ein neues Mittel zur Silierung von schwer vergärbaren Futtermitteln



*Dr. Bernd Pieper, Dr. Ulrich Korn,*

*Dr. Pieper Technologie- und Produktentwicklung GmbH,  
Neuruppin/OT Wuthenow*

## Zusammenfassung

Die Konservierung schwer und sehr schwer silierbaren Futters mit Ameisensäure kann unter bestimmten Umständen zu Fehlgärungen oder erheblichen Trockenmasseverlusten führen. Um dies zu vermeiden, haben wir eine teilweise neutralisierte Ameisensäure (Amasil NA®) bzw. reine Ameisensäure (Amasil 85®) mit den homofermentativen Milchsäurebakterien *Lactobacillus plantarum* DSM 8862 und DSM 8866 (**BIO-SIL**®) kombiniert. Die Komponenten wurden separat auf Luzerne bzw. unterschiedliche Grasmischbestände mit verschiedenen Erntezeitpunkten (TM 17-20%) aufgebracht und diese einsiliert. Dem Pflanzenmaterial wurde vor dem Silieren mit Clostridien sporen angereicherter Sand beigemischt, um auch bei clostridienfreien Partien einen Befallsdruck zur potenziellen Bildung von Buttersäure zu erzeugen. Durch die kombinierte Wirkung von MSB und Amasil NA® waren nach 90 Tagen Silierdauer die TM-Verluste, der Essigsäure- und Buttersäuregehalt sowie der  $\text{NH}_3\text{-N}/\text{N}_{\text{gesamt}}$  im Vergleich zur Kontrolle und allen weiteren untersuchten Varianten am geringsten. Ursache für die additive Wirkung ist die sofortige Ansäuerung des Siliergutes durch die Ameisensäure auf einen pH-Wert von 4,4 bis 5,0 und die anschließende sichere Vergärung der fermentierbaren Kohlenhydrate durch die zugesetzten MSB. Die Ansäuerung durch Amasil® NA führt zusätzlich zur Hygienisierung des Siliergutes, weil eine Reihe der unerwünschten Keime empfindlich gegenüber Ameisensäure ist. Während eine sichere Silierung auch durch die Kombination aus **BIO-SIL**® und Melasse möglich ist, war das Mittel Kofasil liquid auf der Basis von Na-Nitrit und Hexamethylentetramin teilweise wirkungslos.

## Summary

### A new product for ensiling of nearly unfermentable feedstuffs

Conservation of nearly un-fermentable feedstuffs with formic acid can cause to failure fermentation or significant dry matter losses under certain circumstances. To avoid we combined partially neutralized formic acid (Amasil NA®) or pure formic acid (Amasil 85®) with the homolactic acid bacteria *Lactobacillus plantarum* DSM 8862 and DSM 8866 (**BIO-SIL**®). The components were applied separately at different alfalfa and grass mixtures of diverse harvesting dates (DM 17-20%). Before ensiling plant materials were mixed with soil, enriched with clostridial spores to increase the potential of butyric acid production. Due to the combined effect of LAB and Amasil NA®, the dry matter losses, the acetic and butyric acid content, and  $\text{NH}_3\text{-N}/\text{N}_{\text{total}}$  were the lowest compared to the control and the other examined treatments after 90 days ensiling period. Reason of the additive effect of the combination is the immediate acidification of the crop by the formic acid to pH 4.4 to 5.0 and the subsequent safe fermentation of the fermentable carbohydrates by the added LAB. The acidification by Amasil NA® leads to a sanitizing of the silage matter because a number of unwanted germs are sensitive to the formic acid. The combination of **BIO-SIL**® and molasses guarantees a secure ensiling, whereas the chemical product Kofasil liquid on the basis of sodium nitrite and hexamethylenetetramine is partially ineffective.

## Резюме

### Новое средство для силосования трудно сбраживаемых кормовых средств

Консервирование трудно но и очень трудно силосуемого корма с помощью муравьиной кислоты может вызывать при определенных условиях ошибочное брожение или большие потери сухой массы. Для избежания этого, мы комбинировали частично нейтрализованную муравьиную кислоту (Amasil NA®) или чистую муравьиную кислоту (Amasil 85®) и гомоферментативные молочнокислые бактерии *Lactobacillus plantarum* DSM 8862 и DSM 8866 (**BIO-SIL**®). Компоненты внесли отдельно на люцерну или разные смеси злаковых трав разных сроков уборки (СМ 17-20%) и уборочный продукт силосовали. К растительному материалу добавили до силосования обогащенный со спорамиклостридий песок, чтобы обеспечить и у свободных от поражения клостридиями партий давление поражения для

потенциального образования масляной кислоты. Комбинированным действием МКБ и Amasil NA®) потери сухой массы, содержание уксусной и масляной кислот, а также соотношение NH<sub>3</sub>-азота к общему азоту были после 90 дневного силосования ниже по сравнению с контролем и с другими вариантами. Причинами аддитивного действия являются немедленное закисление силосного материала муравьиной кислотой до pH 4,4 ... 5,0 и последующее качественное брожение ферментируемых углеводов добавленными молочнокислыми бактериями. Закисление силосного материала с помощью Amasil NA® улучшает и его гигиеническое положение, так как ряд нежелательных возбудителей чувствительны к муравьиной кислоте. В то время, как качественное силосование получилось и комбинацией **BIO-SIL**® и мелассы, силосная добавка Kofasil liquid на основе нитрита натрия и гексаметилен-терамина оказалась отчасти без действия.

Die Konservierung schwer vergärbaren Futters kann durch die Absenkung auf einen stabilen niedrigen pH-Wert oder durch die Hemmung von Clostridien erfolgen. Die pH-Wert-Absenkung wird in der Praxis durch die Zugabe von Bakterien und Zucker, im Allgemeinen in Form des Naturstoffes Melasse, erreicht. Dies ist ein sehr preiswertes, sicheres, arbeitsschutz- und umweltfreundliches Verfahren. Silierverfahren in denen anorganische oder organische Säuren und/oder deren Salze eingesetzt werden, sind mit vergleichsweise höheren Kosten verbunden, und das Restrisiko für Fehlgärungen ist nicht ausgeschlossen. Bei der Silierung mit Ameisensäure oder anderen Säuren werden nicht in jedem Falle buttersäurefreie Silagen erzeugt. In Silierversuchen, in denen die Kontrollvarianten stark erhöhte Buttersäuregehalte aufwiesen, waren ca. 30% der Behandlungen mit Ameisensäure und 25% der Behandlungen mit einem Gemisch aus Natriumnitrit und Hexamethylentetramin (»Cekafusil«, heute »Kofasil«) ebenfalls fehlvergoren (WEIßBACH, 2006).

Die Kombination von Enzymen mit Milchsäurebakterien führt zu erhöhten Kosten, und es besteht ebenfalls ein Restrisiko für Fehlgärungen. Da die Enzyme die Zellwandbestandteile zerstören, kommt es zu erhöhter Sickersaftbildung, die im Nassbereich (»schwer vergärbare Siliergut«) besonders unerwünscht ist. Natriumnitrit zur Hemmung von Clostridien ist als Siliermittel bei der EU gelistet. Die Überprüfung hinsichtlich der Wirksamkeit und der Gefahren soll erst bis Ende 2010 abgeschlossen sein. Die letale Dosis dieser giftigen Chemikalie beträgt ca. 50 g für den Menschen. Nitrit-haltige Siliermittel sind mit einem sehr hohen Arbeitsschutz- und Umweltrisiko behaftet. Die Aufwandmengen an Natriumnitrit liegen bei 0,5-1 kg/t Frischmasse. In trockenen Silagen wird das zugesetzte und oberflächlich haftende

Nitrit sehr langsam abgebaut, so dass derartige Silagen selbst bei längerer Lagerdauer sehr gefährlich für Mensch und Tier sein können.

Wird Ameisensäure als reines Konservierungsmittel eingesetzt, muss der pH-Wert auf  $\leq 4,0$  abgesenkt werden. Obwohl Ameisensäure die stärkste organische Säure ist, müsste man dazu große Mengen einsetzen, was wiederum zu erhöhtem Sickersaftaustritt führt. Das Ansäuern als gängiges Verfahren erfolgt je nach Siliergut auf einen pH-Wert von 4,4 bis 4,8. Dabei wird im Vergleich zur Absenkung auf einen pH-Wert von 4,0 nur etwa die halbe Aufwandmenge benötigt. Es handelt sich eigentlich um einen Zuckerspareffekt, da ein pH-Wert von 4,4 erreicht wird, ohne Zucker für die Umwandlung in Milchsäure zu verbrauchen. Die weitere Absenkung auf einen stabilen pH-Wert ist demnach vom epiphytischen Besatz mit Milchsäurebakterien abhängig, d.h. zufällig. Eine schwache Besiedlung mit Milchsäurebakterien führt dann zu Fehlgärungen. Um zu demonstrieren, wie viel Zucker beim Einsatz von Ameisensäure eingespart wird, haben wir Luzerne mit 1 %-iger Milchsäure und 1 %-iger Ameisensäure auf pH 4,0 titriert (Abb. 1).

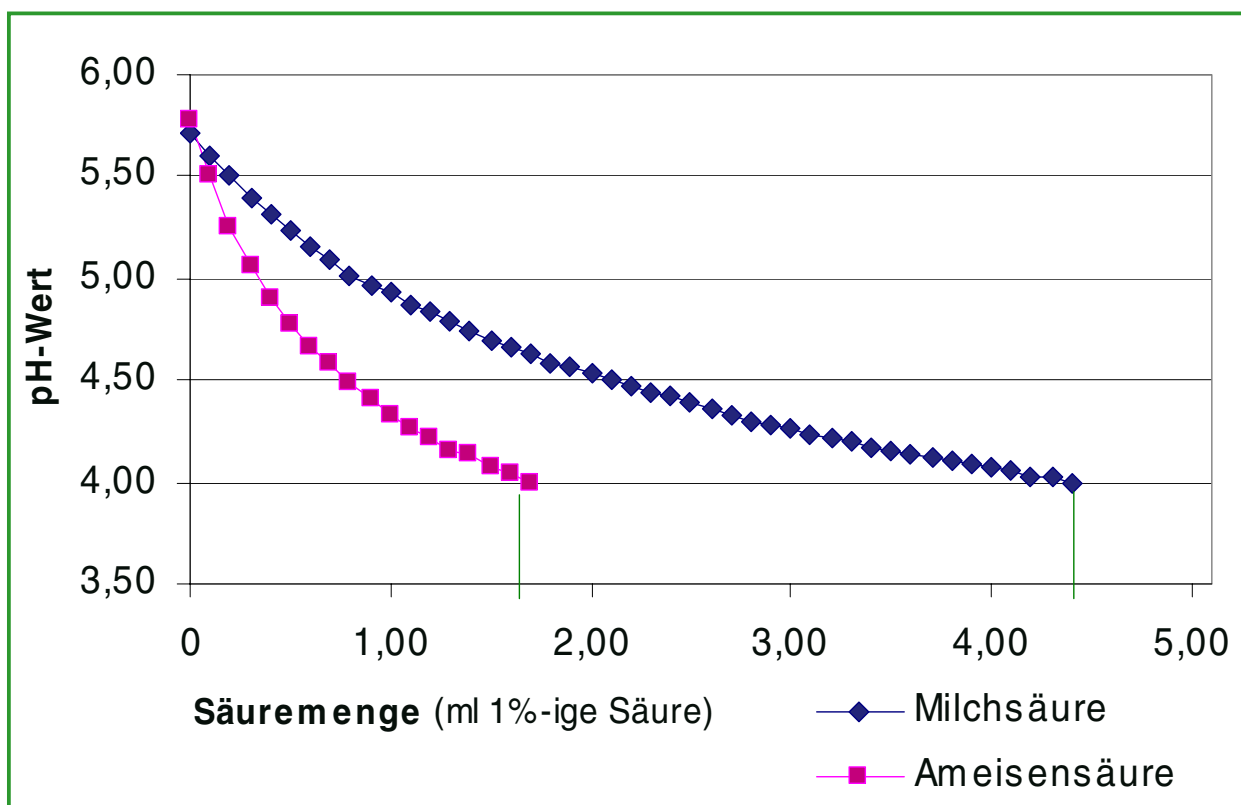


Abb. 1 Titration von Luzerne mit 1 %-iger Milchsäure bzw. Ameisensäure

Es werden 4,4 ml Milchsäure, aber nur 1,7 ml der deutlich stärkeren Ameisensäure benötigt. Demzufolge braucht man die 2,6-fache Menge Milchsäure für den gleichen Effekt, der mit der Ameisensäure erzielt wird. Da aus einem Molekül Zucker



zwei Moleküle Milchsäure entstehen, ist die dreifache Menge an Zucker erforderlich. Das heißt, die Zugabe von 3 l Ameisensäure zum Siliergut entspricht der Zugabe von 7,8 l Milchsäure bzw. von ca. 25 kg Melasse (Zuckergehalt 42 %), deren Zucker zu etwa 85 % in Milchsäure umgewandelt wird.

Ausgehend von diesen Überlegungen und zur Entwicklung eines neuen Mittels für schwer silierbares Futter, silierten wir schwer vergärbare Luzerne mit einem Vergärbarkeitskoeffizienten  $VK = 24$  in Laborsilos ein (Tab. 1).

Tab. 1 Ausgangsmaterial zur Silierung von Luzerne (Pieper und Korn, 2007)

Ausgangsmaterial	Luzerne 4. Schnitt
<b>TM</b>	167 g/kg
<b>Rohasche</b>	127 g/kg TM
<b>Rohprotein</b>	240 g/kg TM
<b>Rohfaser</b>	307 g/kg TM
<b>Zucker</b>	65 g/kg TM
<b>PK</b>	69 g Milchsäure/kg TM
<b>Z/PK</b>	0,94
<b>VK</b>	24 (laut DLG [2006] < 35 schwer vergärbbar)

Neben **BIO-SIL**<sup>®</sup> wurden zusätzlich Melasse, Amasil 85<sup>®</sup> (85 % Ameisensäure der Fa. BASF) bzw. Amasil NA<sup>®</sup> (schwach neutralisierte Ameisensäure; enthält 75 % Ameisensäure und 7 % Natrium der Fa. BASF) getrennt voneinander auf das Siliergut appliziert. Die in Tabelle 2 zusammengefassten Ergebnisse zeigen, dass die Luzerne auch mit Zusatz von Milchsäurebakterien aufgrund des fehlenden Zuckers nicht erfolgreich vergoren werden kann. Die Zugabe der Säureprodukte führt in allen Fällen zur schnellen pH-Wert-Senkung, bereits nach 5 Tagen wird der additive Effekt sowohl an den pH-Werten als auch am Milchsäuregehalt deutlich.

In unserem Auftrag wurden im Bildungs- und Wissenszentrum Aulendorf (LVG Baden-Württemberg), in der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen und in der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein ähnliche Versuche mit schwer vergärbaren Futterpflanzen in Kombination mit **BIO-SIL**<sup>®</sup> sowohl mit Luzerne als auch mit verschiedenen Grasmischbeständen durchgeführt. In den Vergleich wurde

Kofasil (30% NaNO<sub>2</sub>, 20% Hexamethylentetramin) einbezogen. Tab. 3 zeigt die erreichten pH-Werte und Energiegehalte verschiedener Silagen, die aus einer physiologisch weit fortgeschrittenen Luzerne (3. Schnitt) mit einem TM-Gehalt von 25,5% (VK=30) in der LVVG Aulendorf gewonnen wurden.

Tab. 2 pH-Werte und Milchsäuregehalte unterschiedlich behandelter Luzerne-silage (Pieper und Korn, 2007)

Behandlung	pH		Milchsäure (g/kg TM)	
	5. Tag	30. Tag	5. Tag	30. Tag
<b>Kontrolle</b>	5,8	5,9	6	0
<b>BIO-SIL<sup>®</sup></b>	5,5	5,8	10	0
<b>BIO-SIL<sup>®</sup> + Melasse</b>	4,4	4,3	68	82
<b>3,5 l Amasil NA<sup>®</sup></b>	4,9	4,4	7	54
<b>3,5 l Amasil NA<sup>®</sup> + BIO-SIL<sup>®</sup></b>	4,4	4,3	25	41
<b>3,0 l Amasil 85<sup>®</sup></b>	4,8	4,6	0	31
<b>3,0 l Amasil 85<sup>®</sup> + BIO-SIL<sup>®</sup></b>	4,3	4,2	32	48

Tab. 3 pH-Werte und Energiegehalte unterschiedlich behandelter Luzernesilage (Nußbaum, 2007)

Behandlung	pH-Wert				MJ/kg TM	
	4.	12.	49.	90.	ME	NEL
	Tag	Tag	Tag*	Tag	90. Tag	
<b>Kontrolle</b>	4,6	4,5	4,5	4,4	8,5 <sup>b</sup>	4,9 <sup>b</sup>
<b>BIO-SIL<sup>®</sup></b>	4,6	4,5	4,4	4,4	8,2 <sup>c</sup>	4,7 <sup>b</sup>
<b>Melasse</b>	4,6	4,3	4,2	4,2	8,9 <sup>a</sup>	5,2 <sup>a</sup>
<b>BIO-SIL<sup>®</sup> + Melasse</b>	4,3	4,2	4,1	4,2	8,8 <sup>a</sup>	5,2 <sup>a</sup>
<b>4,25 l Amasil NA<sup>®</sup></b>	4,7	4,7	4,3	4,2	8,9 <sup>a</sup>	5,2 <sup>a</sup>
<b>4,25 l Amasil NA<sup>®</sup> + BIO-SIL<sup>®</sup></b>	4,7	4,4	4,2	4,2	9,0 <sup>a</sup>	5,2 <sup>a</sup>
<b>Kofasil liquid</b>	4,9	4,7	4,5	4,5	8,4 <sup>bc</sup>	4,8 <sup>b</sup>

\* mit Luftstress nach 28 und 42 Tagen

<sup>a, b, c</sup> ungleiche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede bei 5% Irrtumswahrscheinlichkeit

Bereits in den ersten Gärtagen wird auch hier die additive Wirkung von **BIO-SIL®** und Amasil NA® deutlich. Das gleiche Ergebnis, schnellere pH-Absenkung und höhere Energiedichte als bei der Kontrolle, wird ebenso mit der Kombination aus Melasse und Milchsäurebakterien erzielt.

Durch Pries, Hünting und Menke (Landwirtschaftskammer NRW) wurden zwei Versuche mit schwer vergärbaren Grasmischbeständen mit TM-Gehalten von 20 und 18 % durchgeführt (Tab. 4). Dem Pflanzenmaterial wurde mit Clostridiensporen angereicherter Sand ( $4,5 \times 10^5$  KbE/g) beigemischt, um auch bei clostridienfreien Partien einen Befallsdruck zur potenziellen Bildung von Buttersäure zu gewährleisten.

*Tab. 4 Futtermittelparameter der für die Silierversuche eingesetzten Grasmischbestände (Pries, Hünting und Menke, 2007)*

		Bestand 1	Bestand 2
<b>Trockenmasse</b>	g/kg	201	181
<b>Rohasche</b>	g/kg TM	97	104
<b>Rohprotein</b>	g/kg TM	158	169
<b>Rohfett</b>	g/kg TM	36	38
<b>Rohfaser</b>	g/kg TM	246	236
<b>wasserlösliche Kohlenhydrate</b>	g/kg TM	112	101
<b>Nitrat</b>	mg/kg TM	434	248
<b>Pufferkapazität</b>	g Milchsäure/kg TM	60	72
<b>Vergärbarkeitskoeffizient</b>		35	29
<b>Milchsäurebakterien</b>	1g KbE/g	4,9	5

Obwohl die Bestände gut mit Milchsäurebakterien besiedelt waren, zeigt sich auch hier, dass epiphytische Kulturen nicht immer in der Lage sind, das Pflanzenmaterial ausreichend zu vergären (Tab. 5 und Tab. 7). Der Zusatz leistungsfähiger Milchsäurebakterien (**BIO-SIL®**) führt auch hier zur schnellen pH-Wert-Absenkung. Die besten Resultate werden ebenfalls wieder mit der Kombination aus **BIO-SIL®** und Amasil NA® erzielt, was sowohl an den pH-Werten und Gärverlusten, sowie an den Gärparametern (Tab. 6 und Tab. 8) ablesbar ist.

Tab. 5 pH-Werte und Gärverluste der Silage des Grasmischbestandes 1  
(TM 20,1 %)

	Kon- trolle	BIO- SIL®	Amasil NA®	Amasil NA® + BIO-SIL®	Kofasil liquid	Melasse + BIO-SIL®
<b>pH-Wert 3. Tag</b>	5,4	4,4	5,3	5,2	6,5	4,2
<b>pH-Wert 10. Tag</b>	5,0	4,2	5,1	4,3	5,1	4,1
<b>pH-Wert 90. Tag</b>	5,1	4,6	4,1	4,0	4,4	4,0
<b>Gärverluste in %</b>	13,7	9,3	6,6	5,0	7,8	9,2
<i>(Pries, Hünting und Menke, 2007)</i>						

Tab. 6 Gärparameter nach 90 Tagen Silierdauer des Grasmischbestandes 1  
(TM 20,1 %)

	Kon- trolle	BIO- SIL®	Amasil NA®	Amasil NA® + BIO-SIL®	Kofasil liquid	Melasse + BIO-SIL®
<b>NH<sub>3</sub>-N, % des Ges.-N</b>	21,3	14,0	5,7	3,4	7,5	3,1
<b>Milchsäure (g/kg TM)</b>	21	64	87	87	67	130
<b>Essigsäure (g/kg TM)</b>	23	20	37	12	41	12
<b>Buttersäure (g/kg TM)</b>	1	2	1	2	1	1
<b>Propionsäure (g/kg TM)</b>	51	28	4	2	5	3
<b>Ethanol (g/kg TM)</b>	12	8	9	4	14	23
<b>DLG Punkte (max. 100)</b>	29	56	76	100	62	100
<i>(Pries, Hünting und Menke, 2007)</i>						

Tab. 7 pH-Werte und Gärverluste der Silage des Grasmischbestandes 2  
(TM 18,1 %)

	Kon- trolle	BIO- SIL®	Amasil NA®	Amasil NA® + BIO-SIL®	Kofasil liquid	Melasse + BIO-SIL®
<b>pH-Wert 3. Tag</b>	5,3	4,3	5,1	5,0	6,4	4,2
<b>pH-Wert 10. Tag</b>	5,5	4,4	4,9	4,4	5,3	4,3
<b>pH-Wert 90. Tag</b>	5,4	4,8	4,1	4,0	4,6	4,0
<b>Gärverluste in %</b>	16,4	10,4	6,5	3,9	9,7	7,4
<i>(Pries, Hünting und Menke, 2007)</i>						

Tab. 8 Gärparameter nach 90 Tagen Silierdauer des Grasmischbestandes 2 (TM 18,1 %)

	Kon- trolle	BIO- SIL®	Amasil NA®	Amasil NA® + BIO-SIL®	Kofasil liquid	Melasse + BIO-SIL®
<b>NH<sub>3</sub>-N</b> , % des Ges.-N	32,9	15,5	6,2	4,1	11,9	5,8
<b>Milchsäure</b> (g/kg TM)	74	62	104	112	56	148
<b>Essigsäure</b> (g/kg TM)	2	24	40	12	74	18
<b>Buttersäure</b> (g/kg TM)	0	4	1	1	1	2
<b>Propionsäure</b> (g/kg TM)	80	38	5	2	12	3
<b>Ethanol</b> (g/kg TM)	14	11	8	0	17	11
<b>DLG Punkte</b> (max. 100)	24	31	72	100	22	99
<i>(Pries, Hünting und Menke, 2007)</i>						

Auffallend hoch ist in beiden Versuchsreihen die NH<sub>3</sub>-Freisetzung bei den Kontrollvarianten, ausgedrückt als NH<sub>3</sub>-N in % des Gesamt-N. Als Maß für die Proteolyse ist dies ein Hinweis auf Zersetzungsprozesse durch Mikroorganismen und Autolyse der Pflanzenzellen. Auch die alleinige Zugabe von **BIO-SIL®** kann dies nicht ausreichend unterdrücken. Die zusätzliche Zugabe von Amasil NA® führt hier wieder zu höchsten Qualitäten aller Silagen, dicht dahinter folgt die Kombination von Melasse mit **BIO-SIL®**. In beiden Versuchsreihen ist dies auch an den erreichten DLG-Punkten abzulesen. Nach den vorliegenden Ergebnissen war die Wirkung von Kofasil liquid im Vergleich unbefriedigend.

Aus den durchgeführten Versuchen mit alleiniger Anwendung von Amasil NA® und der Kombination dieser Säure mit **BIO-SIL®** lässt sich ein allgemeines Wirkschema ableiten (Abb. 2). Bei Applikation von Ameisensäure auf ein schwach mit Milchsäurebakterien besiedeltes Siliergut wird der pH-Wert, wie aus der Praxis bekannt ist, sofort auf etwa 4,4 abgesenkt und stagniert etwa in diesem Bereich (s. blaue Linie in Abb. 2). Obwohl Säure eingesetzt wurde, kommt es zur Buttersäuregärung. Ist der Bestand gut besiedelt, kommt es nach der Ansäuerung zeitverzögert zu einem stärkeren pH-Wert-Abfall und es wird der Bereich einer stabilen Silage (rote Linie) erreicht. Dennoch kann es in der ersten Gärphase zur Bildung unerwünschter Gärprodukte kommen. Wird das Siliergut hingegen zusätzlich mit Milchsäurebakterien behandelt, führt dies in der ersten Gärphase nach der Ansäuerung zu einem rasanten Abfall des pH-Wertes und erreicht schnell einen stabilen Bereich (grüne Linie). Generell sind der Grad der Ansäuerung und der erreichte stabile pH-Wert siliergutabhängig (Zuckergehalt, Trockenmasse bzw. Osmolalität, Pufferkapazität).

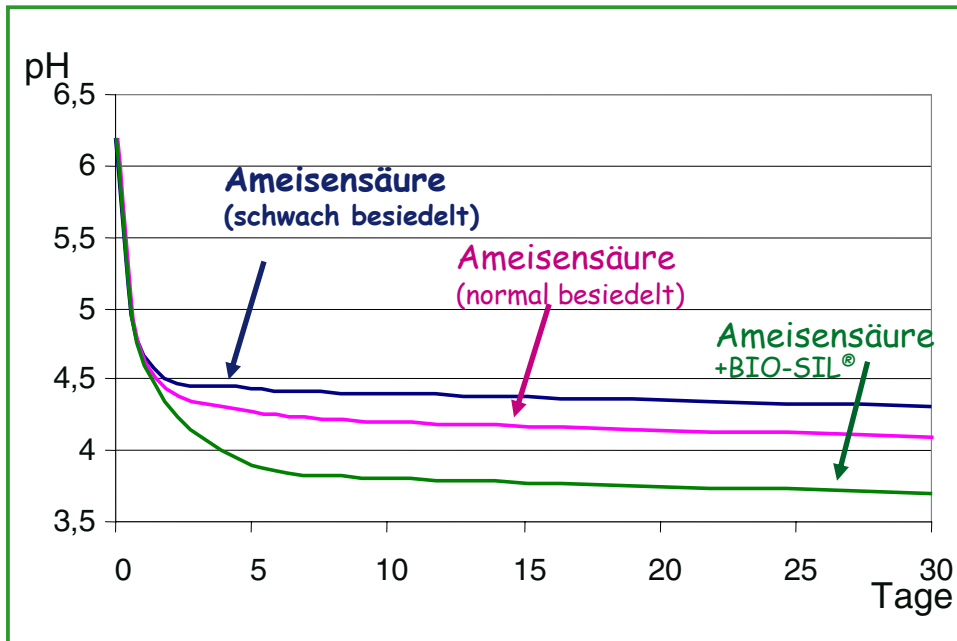


Abb. 2

*pH-Wert-Absenkung in Siliergut mit unterschiedlichem Besatz an Milchsäurebakterien beim Einsatz von Ameisensäure und von **BIO-SIL**® in Kombination mit separat applizierter Ameisensäure*

**Aus allen dargestellten Ergebnissen kann zusammenfassend geschlossen werden:**

1. Ameisensäure bzw. Amasil NA® und **BIO-SIL**® müssen am Häcksler oder Ladewagen separat appliziert werden.
2. Die Kombination von Ameisensäure bzw. Amasil NA® und **BIO-SIL**® hat eine sehr deutliche additive Wirkung, ist ein sehr sicheres Silierverfahren, senkt den Aufwand an Ameisensäure und damit auch die Kosten. Sie verbessert nachhaltig die Silagequalität und den Futterwert.
3. Die sichere Wirkung der Kombination von Melasse und **BIO-SIL**® für schwer vergärbare Siliergut hat sich beeindruckend bestätigt.
4. Das auf NaNO<sub>2</sub> basierende Produkt Kofasil ist sehr unsicher. Es hat teilweise keine Wirkung und kann der Praxis aus Sicht der Wirksamkeit, des Gesundheits-, Umwelt- und Arbeitsschutzes nicht empfohlen werden.
5. Es ist bekannt, dass Ameisensäure die Bildung der biogenen Amine Tyramin, Cadaverin und Putrescin hemmt und Milchsäurebakterien speziell die Bildung des Polyamins Spermidin hemmen. Da biogene Amine sich sehr negativ auf die Tiergesundheit auswirken können, haben wir dieses Thema zu einem unserer gegenwärtigen Forschungsprojekte zur Verbesserung der Silagequalität gemacht. Denn nach wie vor ist eine sehr gute Silagequalität der Schlüssel für eine effiziente Milchproduktion.

## Literatur

**WEIßBACH, F. (2006):** Die qualitätsentscheidenden Faktoren bei der Bereitung von Grassilagen, Tag der Silierung des LK Mecklenburg-Vorpommern, Güstrow, 31.3.2006

## Diskussion

*Frau Prof. Zeyner, Universität Rostock:*

*Was hat für Sie als Quelle der biogenen Amine die größere Bedeutung: eine Fehlfermentation im Pansen mit der Produktion der Amine durch die Mikrobiota des Pansens oder der externe Beitrag über Silagen?*

*Antwort:*

*Wir wissen z. B., dass wir bei der Milchkuh durch den Eintrag von buttersäurehaltiger Silage in den Pansen Ketose fördern können. Andererseits ist bekannt, dass 20% der gesamten Gär säuren, die im Pansen gebildet werden, Buttersäure sind. Das heißt also, wir stehen noch ganz am Anfang der Erforschung von externer Zufuhr und Bildung im Pansen. Welche Rolle spielen Resorptionsmechanismen oder Wechselbeziehungen, da wir im Pansen auch biogene Amine nachweisen können? Am Beispiel der Buttersäure stehen wir vor einem großen Fragezeichen. Es wird im Pansen wesentlich mehr Buttersäure gebildet, als durch fehlvergorene Silage zugeführt werden kann. Möglicherweise hat die Bildung biogener Amine sowohl bei Fehlgärungen in der Silage als auch im Pansen einen großen Einfluss auf die Tiergesundheit; beide können im Extremfall tödlich sein.*

*Frage:*

*Ich habe drei Fragen zu dem letzten Beitrag. Wie ist es um die Korrosivität der Ameisensäure bestellt? Bewegt man sich bei den zu erwartenden Kosten in einem Rahmen, den man darstellen kann? Wie sieht es mit der aeroben Stabilität der so erzeugten Silagen aus?*

*Antwort:*

*Zur ersten Frage: Die Technik steht bereit. Man appliziert die Bakterien vorn an der Häckseltrommel und die Ameisensäure oben im Auswurf. Das wird bereits praktiziert und ist nicht neu. Man muss mit zwei Dosierern arbeiten. Die Korrosion von Amasil NA® ist sehr stark reduziert. Die Korrosivität entspricht etwa der von Milch-*

säure, die nach mehreren Tagen von im Häcksler verbliebenen Grasresten gebildet wird. Die Kosten bestehen aus den Kosten für **BIO-SIL**<sup>®</sup> in Höhe von 0,60 €/t Siliergut und den Kosten für Amasil NA<sup>®</sup>, in Abhängigkeit von der Vergärbarkeit in der Spanne von 1,00 bis 5,00 €/t Siliergut.

Zur aeroben Stabilität: Bei den von Dr. Hünting durchgeführten Versuchen war die aerobe Stabilität bei der Kontrolle, der Amasil NA<sup>®</sup>-Variante und beim Kofasil hoch, bei der Melassevariante zum Teil niedrig, bei der Kombination von Bakterien und Amasil NA<sup>®</sup> ebenfalls noch gut. Allerdings wurden in der Prüfung die Gläser nach 28 Tagen einen Tag gelüftet. Es laufen z.Z. noch Versuche, bei denen die Gläser geschlossen bleiben und anschließend die aerobe Stabilität ermittelt wird. Wir erwarten hier erhebliche Unterschiede, insbesondere im Nassbereich, bei dem das Porenvolumen gering ist. Eine abschließende differenzierte Bewertung erfolgt noch.



# ALFARALIN, ΩMEGALIN & LACTAL



[www.sn-neuruppin.de](http://www.sn-neuruppin.de)



**Spezialfutter Neuruppin**

Friedrich-Bückling-Str. 9 · 16816 Neuruppin

☎ 03391 - 5930-0



AG BAGGER G 9000



Ankersystem

## AG BAG Silopressen (bis 200 t/h)

- niedrige Investitionskosten je Tonne
- geringes Kapitalrisiko
- hohe Futterqualität bei geringen Verlusten
- flexibel, hohe Leistung
- für alle Futtermittel und NaWaRo
- **NEU:** G 9000 mit 11' oder 12' Tunnel (3,30; 3,60 m) Ankersystem (Seile und Gitter entfallen)

## ROmiLL Feuchtkornbrecher (bis 40 t/h)

- mit und ohne Schlauchbefüllung
- höhere Mähdrauslastung
- Einsparung von Trocknungskosten
- eigenes Getreide verbleibt auf dem Hof



## NEU!!!

Zuckerrübensilierung für Biogasanlagen mit Kompostbagger



ROmiLL®



ROmiLL CP2

**BAG Budissa Agroservice GmbH**  
Birnenallee 10, OT Kleinbautzen  
02694 Malschwitz

Tel.: +49 (0) 35 932 / 35 630  
Fax: +49 (0) 35 932 / 35 656

[www.ag-bag.de](http://www.ag-bag.de)  
E-mail: [info@ag-bag.de](mailto:info@ag-bag.de)

# Aktuelle Ergebnisse zur Konservierung von Getreide mit BIO-SIL® und Wasser



*Dr. Bernd Pieper, Dr. Ulrich Korn,*

*Dr. Pieper Technologie- und Produktentwicklung GmbH,  
Neuruppin/ OT Wuthenow*

*M.Sc. Robert Pieper, Forschungsinstitut für die Biologie  
landwirtschaftlicher Nutztiere, Dummerstorf*

## Zusammenfassung

Ziel der Versuche war es, weitere Erkenntnisse zur Silierung von geschroteten, erntefrischen Roggenkörnern zu gewinnen. Auch bei Besiedlung mit einer großen Anzahl epiphytischer Milchsäurebakterien gelingt deren Konservierung nicht jedes Mal, da die natürliche Mikroflora oftmals nicht in der Lage ist, die vorhandenen fermentierbaren Kohlenhydrate ausreichend in Milchsäure umzuwandeln. Die Silierung von Getreideschrot ist hingegen sicher und verlustarm möglich, wenn der TM-Gehalt – gegebenenfalls durch Rückanfeuchten – 75% nicht wesentlich übersteigt und mit **BIO-SIL®** (*Lactobacillus plantarum* DSM 8862 und DSM 8866) leistungsfähige homofermentative Milchsäurebakterien zugesetzt werden. Die Zerkleinerung der Körner kann mit handelsüblichen Hammermühlen oder modernen Quetschen erfolgen. In Praxisbetrieben wird die Silierung von Weizen, Gerste, Roggen und Triticale nach diesem Prinzip bereits sehr erfolgreich angewendet.

## Summary

### Topical results of ensiling of freshly harvested grains using BIO-SIL® and water

The aim of the experiments was to provide further insights into the ensiling of freshly harvested and crushed seeds of rye with a dry matter content of about 75% using **BIO-SIL®** (*Lactobacillus plantarum* DSM 8862 and DSM 8866). The crushing of the

grains is feasible with commercial hammer mills or modern squeezers. The ensiling does not succeed every time, even with good colonization by epiphytic lactic acid bacteria, because the microbiota is not always efficient to convert the available sugar into lactic acid. The ensiling of wetted or grain is safe and low-loss possible, if the DM-content does not considerably exceed 75% and efficient homolactic acid bacteria are added. The ensiling of wheat, barley, rye and triticale according to this principle is widely and very successfully used in practice.

## Резюме

### Новые результаты по консервированию зерна с помощью **BIO-SIL®** и воды

Цель опытов состояла в том, получить новые информации по силосованию измельченных зерен ржи при содержании сухой массы 75% с помощью **BIO-SIL®** (*Lactobacillus plantarum* DSM 8862 и DSM 8866). Измельчение зерен можно проводить молотковыми мельницам, которые имеется в продаже, или современными зерноплющилками. Даже при заселении зерен большим числом эпифитических молочнокислых бактерий силосование не всегда удается, так как эта микрофлора не всегда в достаточной мере в состоянии, превращать имеющиеся сахара в молочную кислоту. Силосование обратно увлажненного или свежего зерна происходит без проблем, если содержание сухой массы не существенно превосходит 75% и добавляются эффективно действующие гомоферментативные молочнокислые бактерии. В хозяйствах очень успешно проводят силосование зерен пшеницы, ячменя, ржи и тритикалепо этому принципу.

PIEPER et al. (2005) berichteten erstmals über ein Verfahren zur kostengünstigen Konservierung von geschrotetem Getreide im Bereich bis 75% Trockenmasse (TM) mit **BIO-SIL®** (*Lactobacillus plantarum* DSM 8862 und DSM 8866).

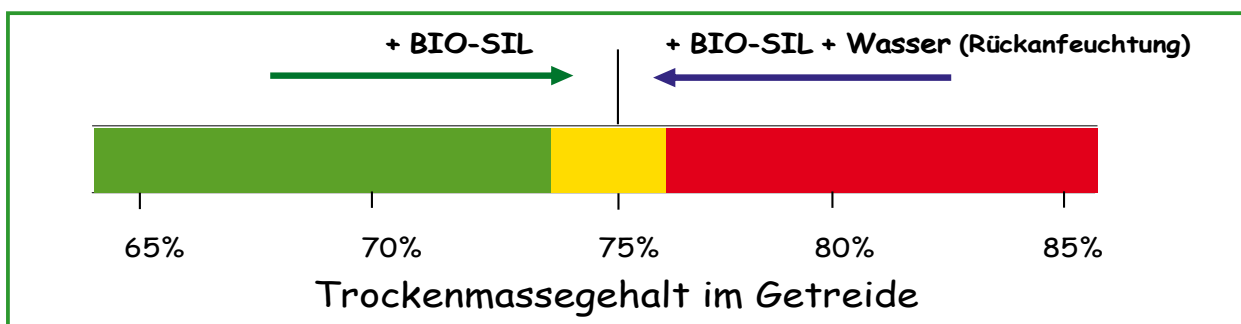


Abb. 1 Prinzip der Konservierung (Silierung) von zerkleinertem Getreide mit **BIO-SIL®** und Wasser

Das Prinzip des Verfahrens besteht darin, dass geschrotete oder gequetschte Getreidekörner durch Zusatz von **BIO-SIL**<sup>®</sup> siliert werden. Bei Trockenmassegehalten (TM) über 75% wird zusätzlich mit Wasser auf eine TM unter 75% angefeuchtet. In den 2005 gezeigten Versuchen wurde Getreide mit 85% TM durch Zugabe von Wasser auf 65% und 75% TM rückangefeuchtet und ein lagerfähiges Futter erzeugt. Weitere Versuche und großtechnische Anwendungen belegten, dass wir ebenso mit erntefrischem Roggen, Triticale, Gerste und Weizen bei unterschiedlichen TM-Gehalten hochwertiges Futter erzeugen können, das aerob stabil ist. Eine Zugabe von »Sila-fresh« (Kaliumsorbat) zur Erhöhung der aeroben Stabilität, die aus technischen Gründen mit erprobt wurde, kann wahrscheinlich in den meisten Fällen ganz entfallen. Hierzu sind noch weiterführende Untersuchungen notwendig. Neben Hammermühlen lassen sich jetzt auch moderne Quetschen zum Zerkleinern einsetzen (Abb. 2).

## Quetsche für Feuchtgetreide

- Geringer Energieaufwand
- Hoher Durchsatz auch bei höherem Feuchtigkeitsgrad
- Zusatz von Siliermitteln und
- Kombination mit Schlauchsilierung möglich



*Typ Romill, Fa. AG BAG Budissa Agroservice*

*Abb. 2*

*Quetsche für  
Feuchtgetreide*

Die Quetsche in Abbildung 2 erfordert einen vergleichsweise geringen Energieaufwand und erreicht auch bei höherem Feuchtigkeitsgrad, bei dem Hammermühlen konstruktionsbedingt nur noch unzureichend aufschließen, einen hohen Durchsatz. Man kann Siliermittel zusetzen und die Geräte direkt mit einer Schlauchsilierung kombinieren. Die Quetsche vom Typ »Romill« der Firma AG BAG Budissa aus Kleinbautzen wird bereits umfangreich in der Praxis für Getreide und Mais eingesetzt.

Mit geschroteten erntefrischen Roggenkörnern führten wir Versuche in Laborsilos durch. Die Trockenmasse des Siliergutes betrug 69, 73 und 77%. Die in Tabelle 1 zusammengefassten Ergebnisse belegen, dass die mit **BIO-SIL**<sup>®</sup> behandelte Variante mit TM 69% bereits nach 3 Tagen einen sehr tiefen pH-Wert von 4,1 aufweist, während die Kontrolle noch einen pH-Wert von 6,3 hat. Nach 10 Tagen ist die Fermentation im Wesentlichen abgeschlossen. Bei steigendem TM-Gehalt wird der Gärprozess durch den osmotischen Druck deutlich verlangsamt. Die Gärverluste liegen auf sehr niedrigem Niveau. Auch hier wird die Abhängigkeit vom TM-Gehalt deutlich. Insgesamt ist die positive Wirkung der Beimpfung mit Milchsäurebakterien klar erkennbar.

Tab.1 *pH-Werte und Trockenmasseverluste von Roggenschrot nach 3, 10 und 49 Tagen Silierdauer*

TM-Stufe Silierdauer		69%			73%			77%		
		3 d	10 d	49 d	3 d	10 d	49 d	3 d	10 d	49 d
<b>pH</b>	<b>Kontrolle</b>	6,26	5,85	4,86	6,26	6,24	5,66	6,23	6,11	6,11
	<b>BIO-SIL</b> <sup>®</sup>	4,09	3,77	3,84	5,56	4,57	4,47	6,08	5,84	5,72
<b>Verluste (%)</b>	<b>Kontrolle</b>	0,50	1,08	2,44	0,10	0,34	0,96	0,04	0,12	0,40
	<b>BIO-SIL</b> <sup>®</sup>	0,21	0,23	0,33	0,13	0,21	0,35	0,03	0,18	0,41

Die höheren Verluste bei der Kontrollvariante mit 69% TM sind auf die Besiedlung mit gärschädigenden Mikroorganismen, insbesondere Hefen und Pilze, zurückzuführen. Der Keimbesatz des erntefrischen Roggens war insgesamt relativ niedrig. Der Roggen war sehr sauber, der Besatz an Milchsäurebakterien lag unter der Nachweisgrenze von 102 KbE/g (Tab. 2). Der pH-Abfall nach 49 Tagen bei der Kontrollvariante (TM 69%) ist überwiegend auf Essigsäure zurückzuführen, die durch heterofermentative Milchsäurebakterien und Enterobakterien gebildet wird.

Insgesamt kann geschlossen werden, dass die Silierung von rekonstituiertem oder erntefrischem Getreideschrot sicher und verlustarm möglich ist, wenn der TM-Gehalt 75% beträgt und leistungsfähige homofermentative Milchsäurebakterien zugesetzt werden. Die Verdaulichkeit der Rohnährstoffe beim Schwein wird durch den Silierprozess nicht negativ beeinflusst. Die Verdaulichkeit der organischen Substanz und von Phosphat steigt durch die Silierung leicht an (Ergebnisse nicht dargestellt). Durch die

Verwendung von Wasser und homofermentativen Milchsäurebakterien lässt sich Getreide also sehr kostengünstig konservieren. Die Lagerung kann sowohl in festen Silos als auch in brotförmigen Freigärhaufen auf befestigten Flächen und in Siloschläuchen erfolgen (Abb. 3). Die niedrigen Verfahrenskosten eröffnen völlig neue Möglichkeiten zur Gewinnung von hygienischem Getreide aus der Ernteverfrüfung bzw. in Regenperioden. Dadurch kann die Erntetechnik bis zu 30% besser ausgelastet werden, und es wird Zeit für den Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten gewonnen.

Tab. 2 Keimbesatz von erntefrischem unbehandelten Roggen vor und nach dem Schroten (Ernte 2007) (KbE/g Frischmasse)

	MSB*	Pilze	Hefen	aerobe Sporenbildner	Enterobakterien
<b>Körner</b>	$< 10^2$	$2 \times 10^4$	$< 10^3$	$< 10^3$	$2,4 \times 10^3$
<b>Schrot</b>	$< 10^2$	$4 \times 10^4$	$2 \times 10^4$	$< 10^3$	$2 \times 10^4$

MSB\* -Milchsäurebakterien



Abb. 3

Erntefrische Getreideschrote lassen sich unter Zusatz von **BIO-SIL®** auch in Schläuchen silieren

## Literatur

**PIEPER, B., U. KORN, R. PIEPER UND W. HACKL (2005):** Eine neue Epoche der Getreidelagerung: »BIO-SIL® plus Wasser als Konservierungsmittel«, Tagungsbericht 9. Symposium »Fütterung und Management von Kühen mit hohen Leistungen, Neuruppin, 27.10.2005, 159-188

## Schlusswort zum Symposium, Dr. Bernd Pieper

Mein Dank gilt Frau Prof. Zeyner, die uns so souverän durch den langen und sehr anspruchsvollen Tag geführt hat. Ich möchte den Referenten danken, die sich intensiv vorbereitet haben und ihre neuesten Forschungsergebnisse präsentierten. Ich möchte auch meiner Mannschaft danken, die die Vorbereitungen getroffen hat, den Technikern, die die akustische Absicherung und Gestaltung des Raumes übernommen haben und der Inhaberin, Frau Kaatzsch, die uns ihr gesamtes Sportcenter für unseren Kongress zur Verfügung gestellt hat.

Es wurde heute ein breites Spektrum von Themen zur Diskussion gestellt. Alle Beiträge werden wieder in einem Tagungsband nachzulesen sein. Wenn wir alle weiter in der Bundesliga der Milchproduktion mitspielen wollen, dann müssen wir neue Erkenntnisse, die für den eigenen Betrieb ökonomisch sinnvoll sind, umsetzen. Sollten wir heute einen kleinen Beitrag dazu geleistet haben, dann ist das Ziel des Tages erreicht. Ich wünsche Ihnen allen, die Sie so aufmerksam zugehört haben, einen guten Nachhauseweg, viel Erfolg und vor allen Dingen: Bleiben Sie gesund! Das 10. Symposium ist zu Ende – auf Wiedersehen beim 11. Symposium.







## ► Vorteile des BIO-SIL®-Einsatzes:

- Signifikant mehr Milch
- Höchste Futteraufnahme
- Signifikante Erhöhung der Verdaulichkeit
- Senkung der TM- und Gärverluste
- Erhöhung der Biogasausbeute um ca. 5 %
- Hemmung der Bildung von Endotoxinen, biogenen Aminen u. nitrosen Gasen

## ► Warum universell einsetzbar?

- Sehr schnelle Vergärung eines **sehr breiten Kohlenhydratspektrums**.
- Sichere Vergärung bei **sehr niedrigen u. sehr hohen Trockenmassegehalten** (hohe Osmotoleranz).
- Intensive Milchsäuregärung bei **niedrigen und hohen Temperaturen**.
- Hervorragendes Durchsetzungsvermögen gegen konkurrierende Epiphyten.
- Einfache Handhabung: leicht löslich, sofort einsetzbar, lange Lagerdauer.

## ► Wie einsetzen?

... bei leicht bis mittelschwer vergärbaren Silagen	► nur <b>BIO-SIL®</b>
... bei schwervergärbaren Silagen	► <b>BIO-SIL®</b> in <b>Kombination</b> mit Melasse
	► <b>BIO-SIL®</b> in <b>Kombination</b> mit Amasil® NA
... für aerob stabile Silagen	► <b>BIO-SIL®</b> in <b>Kombination</b> mit Sila-fresh
... für aerob stabile Maissilagen	► <b>BIO-SIL®</b> in <b>Kombination</b> mit Harnstoff
... für Biogas-Silagen	► nur <b>BIO-SIL®</b>

- 1b: Verbesserung des Gärverlaufes für mittelschwer bis leicht silierbares Futter im unteren TM-Bereich < 35 %
- 1c: wie 1b, aber Futter im oberen TM-Bereich > 35 % bis 50 %
- 4b: Verbesserung der Verdaulichkeit
- 4c: Erhöhung der Milchleistung
- 1a: **BIO-SIL® + Amasil® NA**  
Verbesserung des Gärverlaufes für schwer silierbares Futter
- 2: **BIO-SIL® + Sila-fresh**  
Verbesserung der aeroben Stabilität für LKS, CCM, Feuchtmais und Feuchttgetreide

## Melassezusatz in Abhängigkeit vom TM-Gehalt des Siliergutes (kg/t) bei Kombination mit BIO-SIL®

TM %	20	25	30	35	40
Häcksellänge in cm	8	8	6	4	4
Wiesenrispe	50	40	30	-	-
Rotklee	50	40	30	-	-
Weidelgräser	20	-	-	-	-
Grasmischbestand	50	40	30	-	-
Luzerne	80	70	50	30	-
Futterroggen	20	-	-	-	-

**Beachte:** Der Kaufvertrag muss die Parameter handelsüblicher Melasse\* enthalten:

	Trockenmasse (%)	Zuckergehalt (%)	
		in der Trockenmasse	in der Originalsubstanz
Rübenmelasse	70	60	42
Rohrmelasse	70	64	45

## Amasil® NA-Zusatz in Abhängigkeit vom TM-Gehalt des Siliergutes (l/t) bei Kombination mit BIO-SIL®

TM %	20	25	30
Gras	4,0 l/t	3,0 l/t	2,5 l/t
Klee	5,0 l/t	4,0 l/t	3,5 l/t
Luzerne	6,0 l/t	5,0 l/t	4,0 l/t

- 1 bis 2 Tage Feldliegezeit und mittlere Düngungsintensität

\* Dichte ca. 1,3 kg/Liter



# Preisliste 2010

## MARKENWARE ZU GUTEN PREISEN

### Bewährt in den besten deutschen Milchbetrieben!

#### 1. Hochwirksame Silierzusätze




Mehr Milch, mehr Biogas!

#### Hochaktive homofermentative Milchsäurebakterien für alle Silagen!

Für alle Flüssigdosierer geeignet! Die DLG-Prüfungen zeigen:

Das von uns entwickelte Konzept der separaten Applikation von additiv wirkenden Siliermitteln sichert die höchste Wirksamkeit und setzt sich deshalb durch!

DENN GUTEN FREUNDEN  
GIBT MAN NUR DAS BESTE

- BIO-SIL®:**  **1b, 1c, 4b, 4c** für leicht bis mittelschwer vergärbares Siliergut (Milchleistung)
- NEU BIO-SIL® + Amasil® NA:**  **1a** für schwer silierbares Futter
- BIO-SIL® + Sila-fresh:**  **2** für Verbesserung der aeroben Stabilität bei CCM, LKS, Feuchtmais
- BIO-SIL® + Melasse:** für schwer silierbares Futter



**Grundpreis BIO-SIL® 0,74 €/t Siliergut!**  
**Rabatte bis 24% möglich!**



**Sila-fresh:** Silierzusatz auf der Basis von Kalium-Sorbat zur Verbesserung der aeroben Stabilität von Silagen und TMR-Vorratssilagen in Kombination mit **BIO-SIL®** sowie zur Verhinderung der Nacherwärmung auf dem Futtertisch  
Aufwandmenge: 0,4 kg/t Siliergut bzw. TMR; 1,38 €/t Siliergut bzw. TMR; 25 kg/Karton

z. Zt. **3,45 €/kg**  
frachtfrei

**Amasil® NA** partiell gepufferte Ameisensäure, 1000 kg Gitterboxcontainer  
Einsatzmenge in Kombination mit **BIO-SIL®** 1,0-5 l/t Siliergut

z. Zt. **1,15 €/kg**

**Chlor-ox:** Bei gechlortem Wasser empfehlen wir unser Produkt Chlor-ex.  
- 1 Beutel Chlor-ex (30 g) für 100 l Wasser

**2,60 €/Beutel**

#### 2. Modernste Dosiertechnik im Baukastensystem für alle Häckslertypen, Ladewagen, Ballenpressen und Schwader

Bei Verwendung unserer Dosierer für natriumnitrit- und hexamethylentetraminhaltige Siliermittel übernehmen wir keinerlei Haftung.



#### Bakterienflüssigdosierer

Geeignet für alle flüssig applizierbaren biologischen Siliermittel.

#### Hochdruckflüssigdosierer für BIO-SIL®

- für Feldhäcksler, mit elektronischer Steuerung, Aufwandmenge: **Nur 0,1 l/t Siliergut** mit 100 g **BIO-SIL®**/10 l Wasser
- mit 50 l Behälter **795,- €/Stück**
- mit 120 l Behälter **845,- €/Stück**

#### Dosiergerät mit elektronischer Steuerung

- für Ladewagen, Ballenpressen und Schwader, Aufwandmenge: **0,5 bis 2 Liter/t Siliergut.**
- für alle Feldhäcksler: erweiterbar auf automatische Regelung, Aufwandmenge: **1 Liter/t Siliergut.**
- mit 50 l Behälter **770,- €/Stück**
- mit 120 l Behälter **795,- €/Stück**
- mit 200 l Behälter **995,- €/Stück**
- mit 400 l Behälter **1.092,- €/Stück**



- Dosiergerät mit automatischer Regelung  
 - Aufwandmenge: 1 Liter/t Siliergut,  
 - Dosierung abhängig vom Häckselgutdurchsatz  
 - mit 400 l Behälter

2.910,00 €/Stück

Digitale Fernanzeige für alle Dosierer

278,00 €/Stück

- Nachrüstsatz für andere Bakteriendosierer zur Mengenregulierung  
 - Steuergerät + Schwebekörperdurchflussmesser  
 - Steuergerät mit digitaler Fernanzeige und elektronischem Durchflussmesser

210,00 €/Stück

466,00 €/Stück

### Flüssigdosierer

bedingt säurefest, elektronische Steuerung, mit 400 l Behälter, geeignet für Amasil® NA

1.498,00 €/Stück

### Melessedosierer

Elektronische Steuerung mit Fernanzeige, Zahnradpumpenkombination  
 (An die jeweiligen betrieblichen Einsatzbedingungen anpassbar)

3.990,00 €/Stück

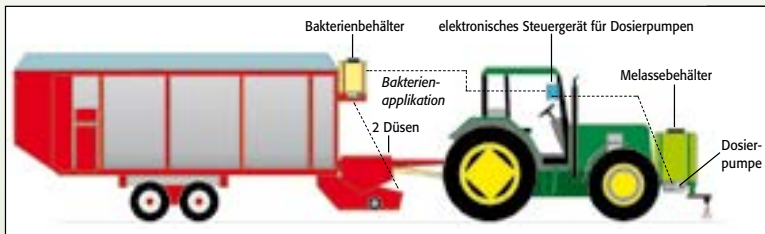
Automatische Regelung

4.690,00 €/Stück

- Dosierung abhängig vom Häckselgutdurchsatz

Melessedosierer mit Impellerpumpe und Handsteuerung

ab 990,00 €/Stück



### Kombination Bakterien- und Melessedosierer

- Automatische Regelung  
 - Dosierung abhängig vom Häckselgutdurchsatz  
 - mit 400 l Behälter für Bakterien

5.700,00 €/Stück

### Zubehör

- Einachs-Faßwagen für Melessedosierung  
 - 2800 l Behälter  
 - Breitreifen  
 - Schwallwand

4.900,00 €/Stück  
 zuzügl. Überführung

Betankungseinrichtung für Faßwagen

500,00 €/Stück

## 3. Abdeckung

### Silofolie, schwarz, 5 Jahre UV-stabilisiert

- 5 Jahre verwendbar  
 - Maße: 10 x 25 m, 6 x 50 m  
 - 500 µm; 480 g/m<sup>2</sup>



1,19 €/m<sup>2</sup> \*

### Unterziehfolie Superstretch

- grün transparent  
 - Maß: 10 x 50 m, 12 x 50 m  
 - 40 µm; 35 g/m<sup>2</sup>

0,08 €/m<sup>2</sup> \*

\* Preis gilt vorläufig, Jan. 2010. Andere Rollenabmessungen auf Anfrage. Für alle Folien gilt: Bei einer Abnahme über 500 kg liefern wir frachtfrei.

## Silofolie schwarz/weiß, 3-lagig, strapazierfähig, UV-stabilisiert

- Maße: 10 x 25 m, 14 x 25 m, 8 x 50 m, 12 x 50 m, 16 x 50 m,
- 150 µm; 140 g/m<sup>2</sup>

0,24 €/m<sup>2</sup>\*

## Spezielseitenfolie

- Maß: 3 x 100 m, 150 µm; 140 g/m<sup>2</sup>

0,24 €/m<sup>2</sup>\*

## Klebeband

- Bitumenklebeband, schwarz, 10 cm x 10 m
- Spezialklebeband, weiß, 10 cm x 10 m

21,90 €/Rolle \*

8,00 €/Rolle \*

## Trockeneis

- 600 kg im Thermobehälter, 10 kg Blöcke
- Behälternutzungspauschale
- Transportkosten für Thermobehälter

ca. 0,79 €/kg

17,80 €/Behälter

17,80 €/Behälter

\* Preis gilt vorläufig, Jan. 2010. Andere Rollenabmessungen auf Anfrage. Für alle Folien gilt: Bei einer Abnahme über 500 kg liefern wir frachtfrei.

## 4. Tierkomfort

### Pieper-Kipptränke

- voll elektronisch, 24 V-Anschluß
- berührungslose Füllstandsmessung
- hoher Hygienestandard, einfach zu säubern
- kein verschmutzter Schwimmer mehr
- Komfortleitungsfilter
- Frostfreiheit, vielfach bewährt

- 0,6 m-Tränke, inkl. Wandhalterung **695,00 €/Stück**
- 1,5 m-Tränke, inkl. Wandhalterung **785,00 €/Stück**



### Extras

- Blubb-Steuerung zur Frostsicherung der Wasserzuleitung
- Gestell für Standmontage
- Trafo 24 V; 1,3 A (für 2 Tränken)
- Trafo 24 V; 2,5 A (für 4 Tränken)

75,00 €/Stück

159,00 €/Stück

69,50 €/Stück

107,80 €/Stück

### Kälberdatsche

Kälberkomfort in kleinen Gruppen, mobile Entmistung im Treibewagenprinzip, Regelung der Frischluftzufuhr durch Rollos, schnell und einfach zu bewirtschaften; Bausatz

- 6-8 Kälber/Datsche, 3,15 m x 5,00 m

5.200,00 €/Stück



## 5. Fütterung und Management der Hochleistungskuh

### Propylenglykol USP (1,2 Propandiol), Einzelfuttermittel, Positivliste Nr. 12.07.01

[www.silage.de](http://www.silage.de)

- Zur Verbesserung der Energieversorgung im geburtsnahen Zeitraum, Ketoseprophylaxe
- 210 kg Fass, 1.000 kg Gitterboxcontainer
- ab 3.000 kg Anlieferung per Tankzug z. Zt. Orientierungspreis für lose Ware **ab 1,09 €/kg**

### Glycerin, roh, Einzelfuttermittel, Positivliste Nr. 12.07.03, 80 % Glycerin

- 1.250 kg Gitterboxcontainer
- ab 3.000 kg Anlieferung per Tankzug z. Zt. Orientierungspreis für lose Ware **ab 0,19 €/kg**

Einsatzempfehlung (g/Kuh und Tag) von:	Propylenglykol USP + Glycerin, roh
Vorbereitungsfütterung 2 Wo. a.p. bis zur Kalbung	<b>Transi•fit®</b> + 100 + 150
0. bis 3. Laktationswoche	200-220 + 200-250
Herdenleistung bis 9500 kg: bis 3. Laktationsmonat	150 + 200-250
Herdenleistung über 9500 kg: bis 5. Laktationsmonat	150 + 200-250

### Dosierer für Propylenglykol und Glycerin, Bandfütterung und Futtermischwagen

- Flüssigdosierer mit Zahnradpumpe **ab 890,00 €/Stück**
- Steuerung über externen Frequenzumrichter möglich (nicht im Lieferumfang)

### BERGAFAT T-300, pansengeschütztes Fett, Einzelfuttermittel, Positivliste Nr. 2.10.03

- nachweislich Erhöhung der Milchleistung und Verbesserung der Fruchtbarkeit
- keine Ca-Seife → hohe Futteraufnahme
- 25 MJ NEL/kg
- 625 kg BIG BAG oder 25 kg-Säcke, 1.000 kg pro Palette **Preise auf Anfrage**

### Transi•fit® 20 kg Säcke, 1000 kg pro Palette

#### Bestes, schmackhaftes saures Salz für die Vorbereitungsfütterung zur Milchfieberprophylaxe

- **Transi•fit® pur + E**; supplementiert mit Vitamin E **ab 0,73 €/kg**
- **Transi•fit® komplett**; vollständig vitaminisiert und mineralisiert **ab 0,83 €/kg**
- **Transi•fit® komplett N**; kann in der ökologischen/biologischen Produktion gemäß der Verordnung(EG) Nr. 834/2007 und (EG) 889/2008 verwendet werden! **ab 0,89 €/kg**  
frachtfrei ab 500 kg

### Drench-Besteck

mit Schnellverschluss zur Lagekontrolle der Schlundsonde



**290,00 €/Stück**

## 6. Literatur

### Tagungsbericht 2007

10. Symposium »Fütterung und Management von Kühen mit hohen Leistungen« **12,- € incl. Mwst.**

### Broschüre: Propylenglykol

Ketoseprophylaxe bei Kühen mit hohen Milchleistungen  
Autoren: R. Pieper, R. Staufenbiel, M. Gabel, S. Poppe, A. Schröder, B. Pieper **5,- € incl. Mwst.**

Aktuelle vorläufige Preise zuzüglich der gesetzlichen Mehrwertsteuer.

**Bestellung aller Produkte direkt bei uns oder über Einkaufsgemeinschaften, Landhändler, Lohnunternehmen**



**Dr. PIEPER** Technologie- und Produktentwicklung GmbH

Dorfstr. 34 · 16818 Neuruppin / OT Wuthenow

Tel.: 03391/68 48 0 · Fax: - 68 48 10 · Mobil: 0172 399 66 23 · [info@dr-pieper.com](mailto:info@dr-pieper.com)



# Fahrplan für die Topsilage sicher – praxisbewährt – geprüft – kostengünstig

Silagen aus Gras, Klee gras und Luzerne		Maissilage, CCM, LKS, Feuchtmals, GPS		Feuchtgetreide (z. B. Weizen, Gerste, Triticale, Roggen)		Alle Silagen	
<b>Ziel</b>	Verbesserung des Gärverlaufes, Erhöhung der Energiekonzentration, Erhöhung der tierischen Leistung	Verbesserung des Gärverlaufes usw. + Erhöhung der aeroben Stabilität	Verbesserung des Gärverlaufes + Erhöhung der aeroben Stabilität	Lagerfähigkeit durch Silierung	Verbesserung des Gärverlaufes unter aeroben Bedingungen		
	Erhöhung der Energiekonzentration, Erhöhung der tierischen Leistung	Verbesserung des Gärverlaufes usw. + Erhöhung der aeroben Stabilität	Verbesserung des Gärverlaufes + Erhöhung der aeroben Stabilität	Lagerfähigkeit durch Silierung	Verbesserung des Gärverlaufes unter aeroben Bedingungen		
<b>Situation</b>	Vergärbarkeit des Siliergutes	Hoher TM-Gehalt (> 45% TM)	Erwärmung der oberen Schicht (Oberflächenbehandlung)	Geschrotet oder gequetscht	Hoher Trockenmassegehalt und verzögerte CO <sub>2</sub> -Bildung		
	Schwer bis sehr schwer Witterungsbedingungen Geringer TM-Gehalt Starke Verschmutzung Hohe Pufferkapazität, z. B. durch hohen Proteingehalt	Leicht bis mittelschwer Bedingungen Gute Ausreichender TM- und Zuckergehalt Geringe Verschmutzung	Zu geringer Vorschub (< 2m/Woche)	Erwärmung der oberen Schicht (Oberflächenbehandlung)	Feuchtegehalt > 25%	TM Gras > 60%	TM Mais > 37%
<b>Empfehlung</b>	BIO-SIL <sup>®</sup> + Melasse	BIO-SIL <sup>®</sup> + Sila-fresh	BIO-SIL <sup>®</sup> + Harnstoff	BIO-SIL <sup>®</sup> + Harnstoff	BIO-SIL <sup>®</sup> + Sila-fresh	BIO-SIL <sup>®</sup> + Sila-fresh	BIO-SIL <sup>®</sup> + Wasser
	BIO-SIL <sup>®</sup> + Amasi <sup>®</sup> NA	BIO-SIL <sup>®</sup> + Sila-fresh	BIO-SIL <sup>®</sup> + Harnstoff	BIO-SIL <sup>®</sup> + Harnstoff	BIO-SIL <sup>®</sup> + Sila-fresh	BIO-SIL <sup>®</sup> + Sila-fresh	BIO-SIL <sup>®</sup> + Wasser
<b>Aufwandmengen</b>	1 g BIO-SIL <sup>®</sup> pro t Siliergut	1 g BIO-SIL <sup>®</sup> pro t Siliergut	1 g BIO-SIL <sup>®</sup> pro t Siliergut	1 g BIO-SIL <sup>®</sup> pro t Siliergut	1 g BIO-SIL <sup>®</sup> pro t Siliergut	1 g BIO-SIL <sup>®</sup> pro t Siliergut	1 g BIO-SIL <sup>®</sup> pro t Siliergut
	+ 10-50 kg Melasse/t Siliergut	+ 400 g Sila-fresh /t Siliergut	+ 3-4 kg Harnstoff /t Siliergut	+ 400 g Sila-fresh /t Siliergut	+ 600-800 g Harnstoff/m <sup>2</sup> Oberfläche	+ 120 g Sila-fresh in 2 l Wasser /m <sup>2</sup> Oberfläche	+ 1-110 l Wasser/t Siliergut
<b>Gesamtkosten (€/t Siliergut)</b>	0.70 - 1.00	2.40	0.69	2.40	0.59	0.62	0.68 - 1.20
	1.50 - 5.50	0.59	0.69	2.40	0.59	0.62	0.68 - 1.20

# Schedule for topsilage

<sup>1</sup> Amasil<sup>®</sup> NA - formic acid/sodium formiate (75%/25%)    <sup>2</sup> Sila-fresh – potassium sorbate

	Silage of grass, clover and alfalfa		Maize silage, CCM, corn cob with husks (meal), moist maize, silage of whole plants		Moist grain (wheat, barley, rye, triticale)		All silages	
<b>Intent</b>	Improved fermentation process, Increased energy concentration, Increased animal performance		Improved fermentation process, etc., + Increased aerobic stability		Conservation by ensiling		Improved fermentation under anaerobic conditions	
<b>Situation</b>	Fermentability of the forage		Improved fermentation process, etc., + Increase of aerobic stability		ground or crimped		High dry matter content and retarded CO <sub>2</sub> -accumulation	
	difficult to very difficult	easy to moderate						
	adverse weather conditions	good weather	insufficient feed-out of the silo		warming of the upper layer (surface treatment)			
	low DM-content	sufficient DM- and sugar content	<2m/week (summer) <1.5m/week (winter)					
	high buffering capacity (i. e. high protein content)	low contamination						
<b>Recommendation</b>	BIO-SIL <sup>®</sup> + molasses	BIO-SIL <sup>®</sup> + Amasil <sup>®</sup> NA <sup>1</sup>	BIO-SIL <sup>®</sup> + urea	BIO-SIL <sup>®</sup> + Sila-fresh <sup>2</sup>	BIO-SIL <sup>®</sup> + urea	BIO-SIL <sup>®</sup> + Sila-fresh <sup>2</sup>	BIO-SIL <sup>®</sup> + dry ice (CO <sub>2</sub> )	
<b>Application rate</b>	1g BIO-SIL <sup>®</sup> / t forage + 10-50 kg molasses/t forage	1g BIO-SIL <sup>®</sup> / t forage + 1-5 l Amasil <sup>®</sup> NA/t forage	1g BIO-SIL <sup>®</sup> / t forage + 3-4 kg urea/t forage	1g BIO-SIL <sup>®</sup> / t forage + 400 g Sila-fresh/t forage	1g BIO-SIL <sup>®</sup> / t forage + 600-800 g urea/m <sup>2</sup> surface	1g BIO-SIL <sup>®</sup> / t forage + 120 g potassium sorbate in 2l water/ m <sup>2</sup> surface	1g BIO-SIL <sup>®</sup> / t forage + 0,2 - 0,8 kg dry ice (CO <sub>2</sub> ) / t	
<b>Costs (€/t forage)</b>	0.70 - 1.00	1.50 - 5.50	0.69	2.40	—	—	0.59	0.62
								0.68 - 1.20

# План получения силоса высшего класса

<sup>1</sup> Amasil®NA- муравьиная кислота (75%) <sup>2</sup> Sila-fresh – сорбат калия

	Силос из трав, травяно-клеверной смеси и люцерны		Кукурузный силос, силос из зерно-стержневой смеси, из смеси початков с обертками, из влажной кукурузы, из листостебельной массы с початками		Влажное зерно (например пшеница, ячмень, тритикале, рожь)		Все виды силоса			
<b>Цель</b>	Улучшение хода процесса брожения, повышение концентрации энергии, повышение продуктивности животных		Улучшение хода процесса брожения и т. п. + повышение aerobicной стабильности		Улучшение хода процесса брожения и т. п. + повышение aerobicной стабильности		Сохраняемость за счет силосования		Улучшение процессов брожения при aerobicных условиях	
<b>Ситуация</b>	Сбраживаемость силосуемой массы		Высокое содержание СМ (>45%) Слишком медленное продвижение среза <2,0 м/неделю		Согревание верхнего слоя (обработка поверхности)		Высокое содержание сухой массы и задержанное образование CO <sub>2</sub>			
	От тяжелой до очень тяжелой	Плохие погодные условия Низкое содержание СМ Сильное загрязнение Высокая буферная способность за счет высокого содержания протеина	От легкой до средней тяжелой	Хорошие условия Достаточное содержание СМ и сахара Слабое загрязнение						Слишком медленное продвижение среза <2,0 м/неделю летом <1,5 м/неделю зимой
<b>Рекомендация</b>	БИО-SIL® + меласса	БИО-SIL® + Amasil® NA <sup>1</sup>	Только БИО-SIL®	БИО-SIL® + мочевины	БИО-SIL® + Sila-fresh <sup>2</sup>	БИО-SIL® + мочевина	БИО-SIL® + Sila-fresh <sup>2</sup>	Только БИО-SIL®		БИО-SIL® + сухой лед (CO <sub>2</sub> )
<b>Норма расхода</b>	1 г БИО-SIL® /т силосуемой массы + 10-50 кг меласса/т силосуемой массы	1 г БИО-SIL® /т силосуемой массы + 1-5 л Amasil® NA /т силосуемой массы	1 г БИО-SIL® /т силосуемой массы	1 г БИО-SIL® /т силосуемой массы + 3-4 кг мочевины/т силосуемой массы	1 г БИО-SIL® /т силосуемой массы + 400 г Sila-fresh в 1 л воды	1 г БИО-SIL® /т силосуемой массы + 600-800 г мочевины/т силосуемой массы	1 г БИО-SIL® /т силосуемой массы + 120 г Sila-fresh в 2 л воды на 1 м <sup>2</sup> поверхности	1 г БИО-SIL® /т силосуемой массы	1 г БИО-SIL® /т силосуемой массы + 0,2-8,8 кг сухого льда (CO <sub>2</sub> ) на тонну.	
<b>Финансовые издержки (€/тону силосуемой массы)</b>	0.70 - 1.00	1.50 - 5.50	0.59	0.69	2.40	—	—	0.59	0.62	0.68 - 1.20