

Fette im Fokus

Pansenflora ist entscheidend für hohe Milchleistung

Author Autor Dr. Michael Hovenjürgen

*Leiter Forschung & Entwicklung BEWITAL agri GmbH & Co. KG,
m.hovenjuergen@bewital.de*



Dr. Michael Hovenjürgen

Milchkühe sind in der Lage, aus Grob- und Kraftfuttermitteln das hochwertigste natürliche Lebensmittel – nämlich Milch – zu erzeugen. Ein wichtiger, wertgebender Bestandteil der Milch ist das Milchfett. Die Fettsäuren im Milchfett stammen ungefähr zur Hälfte aus der Tätigkeit der Pansenbakterien und zur anderen Hälfte aus dem Futterfett. Beide Quellen werden stark durch die Zusammensetzung des Futters beeinflusst.

Nahezu alle Futtermittel in Milchviehrationen enthalten Fett – jedoch in unterschiedlicher Konzentration und mit variierender Fettsäurezusammensetzung. Besonders die ungesättigten Fettsäuren unterliegen einer Umwandlung durch die Pansenbakterien, was erhebliche Folgen für den Stoffwechsel der Milchkühe hat. In der Vergangenheit haben sich fast alle Versorgungsempfehlungen für Milchkühe beim Protein weiterentwickelt und die Bewertung auf Basis der Aminosäuren mit aufgenommen. Wissenschaftliche Untersuchungen zeigen, dass auch bei den Fetten eine Berücksichtigung des Fettsäuremusters in der Rationsberechnung zu einer besseren Bewertung der Versorgung der Milchkühe führen könnte.

Zusammensetzung von Milchfett ist sehr komplex

Das Milchfett liegt in der Milch in Form kleiner, umhüllter Tröpfchen aus Triglyceriden vor. Es bildet eine Öl-in-Wasser-Emulsion und wird im Euter gebildet. Mit über 400 verschiedenen nachgewiesenen Fettsäuren ist Milchfett eines der komplexesten natürlichen Fette. Fast alle dieser Fettsäuren kommen nur in Spuren vor; lediglich etwa 15 verschiedene Fettsäuren treten in nennenswerten Mengen von über 1% auf. Der Anteil gesättigter Fettsäuren (ohne Doppelbindungen) liegt bei circa 65–70%, der Anteil ungesättigter Fettsäuren (C18:1, C18:2, C18:3) bei etwa 30–35%. Fettsäuren mit einer Länge von bis zu 16 Kohlenstoffatomen (C16:0) kann die Kuh selbst synthetisieren. Bei dieser sogenannten De-novo-Synthese entstehen die geradzahligen Fettsäuren C4:0 bis C14:0 vollständig sowie etwa die Hälfte der C16:0 (Palmitinsäure). Die Bildung erfolgt dabei hauptsächlich im Euter aus der Vorstufe Acetat (Essigsäure) und Beta-Hydroxybu-

Focus on fats

Rumen flora is crucial for high milk yield

Dairy cows are capable of producing the highest quality natural food—milk—from roughage and concentrated feed. Milk fat is an important component of milk that adds value. Approximately half of the fatty acids in milk fat come from the activity of rumen bacteria and the other half from feed fat. Both sources are strongly influenced by the composition of the feed.

Almost all feed in dairy cow rations contains fat – but in varying concentrations and with varying fatty acid compositions. Unsaturated fatty acids in particular are subject to conversion by rumen bacteria, which has significant consequences for the metabolism of dairy cows. In the past, almost all nutritional recommendations for dairy cows have evolved to include protein and assessment based on amino acids. Scientific studies show that taking the fatty acid profile into account in ration calculations could also lead to a better assessment of the nutritional status of dairy cows.

The composition of milk fat is very complex

Milk fat is present in milk in the form of small, coated droplets of triglycerides. It forms an oil-in-water emulsion and is produced in the udder. With over 400 different fatty acids identified, milk fat is one of the most complex natural fats. Almost all of these fatty acids occur only in trace amounts; only about 15 different fatty acids occur in significant quantities of over 1%. The proportion of saturated fatty acids (without double bonds) is around 65–70%, while the proportion of unsaturated fatty acids (C18:1, C18:2, C18:3) is around 30–35%. Fatty acids with a length of up to 16 carbon atoms (C16:0) can be synthesized by the cow itself. In this so-called de novo synthesis, the even-numbered fatty acids C4:0 to C14:0 are produced in their entirety, as well as about half of the C16:0 (palmitic acid). This formation takes place mainly in the udder from the precursors acetate (acetic acid) and beta-hydroxybutyrate/butyric acid, which are produced in

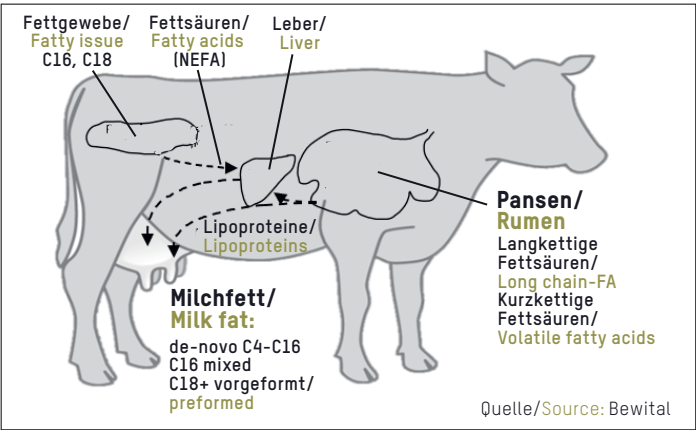


Abbildung 1: MilCHFett – Ursprung der Fettsäuren.
Figure 1: Milk fat – origin of fatty acids.

the rumen during the microbial digestion of feed (see Figure 1). The propionic acid formed in the rumen serves as a precursor for glucose formation and thus forms the basis for the synthesis of milk sugar (lactose). A functioning rumen flora is therefore essential for high milk yield. The other half of the C16:0 (palmitic acid) and the C18 fatty acids do not originate from the dairy cow's own metabolism, but come directly from the feed ration or the mobilization of body fat.

Not all fatty acids survive in the rumen

Fats are found in almost all feed for dairy cows. However, both the concentration and the fatty acid profile vary significantly. The proportion of unsaturated fatty acids in particular is very high in many feeds. Grass silage, legumes, and linseed mainly contain linolenic acid (C18:3) and linoleic acid (C18:2). Corn silage and rapeseed, on the other hand, mainly provide linoleic acid (C18:2) and oleic acid (C18:1). These fatty acids are usually available in the rumen and are modified by rumen microbes. A summary by Boerman et al. (2015) showed significant changes in the fatty acid pattern from the feed intake to the discharge into the small intestine (see Figure 2). The majority of the unsaturated fatty acids (oleic acid, linoleic acid, linolenic acid) ingested do not “survive” microbial digestion in the rumen. These figures are based on numerous studies with a wide variety of rations – with and without the addition of vegetable oils, oilseeds, and palm- or rapeseed-based calcium soaps. Calcium soaps are not able to protect unsaturated fatty acids from conversion or hydrogenation in the rumen. Under the pH conditions prevailing in the rumen, the soaps break down and release the fatty acids. The rumen microbes convert the (poly)unsaturated fatty acids in the feed into stearic acid. This process is called “biohydrogenation” Boerman et al. (2015) showed that approximately 90% of linolenic acid, about 80% of linoleic acid, and over 70% of oleic acid are converted to stearic acid in the rumen. Palmitic acid and stearic acid, on the other hand, are saturated fatty acids that pass through the rumen unchanged. In contrast to the fatty acid pattern of the feed ration, the fatty acid pattern available for digestion in the small intestine has a much higher proportion of stearic acid.

Biohydrogenation alters rumen bacteria flora

The process of biohydrogenation is a natural protective mechanism, as unsaturated fatty acids in high concentra-

tion/Buttersäure, die im Pansen bei der mikrobiellen Verdauung der Futtermittel entstehen (siehe Abbildung 1). Die im Pansen gebildete Propionsäure dient als Vorstufe für die Glukosebildung und bildet somit die Grundlage für die Synthese von MilChzucker (Laktose). Eine funktionierende Pansenflora ist daher unabdingbar für eine hohe Milchleistung. Die andere Hälfte der C16:0 (Palmitinsäure) sowie die C18-Fettsäuren stammen nicht aus dem Stoffwechsel der MilChkuh selbst, sondern gehen direkt auf die Futterration oder die Mobilisierung von Körperfett zurück.

Nicht alle Fettsäuren überleben im Pansen

Fette sind in fast allen Futtermitteln für MilChkühe enthalten. Sowohl die Konzentration als auch das Fettsäuremuster unterscheiden sich jedoch deutlich. Insbesondere der Anteil ungesättigter Fettsäuren ist in vielen Futtermitteln sehr hoch. Grassilagen, Leguminosen und Leinsaat enthalten vor allem Linolensäure (C18:3) und Linolsäure (C18:2). Maissilage und Raps hingegen liefern vor allem Linolsäure (C18:2) und Ölsäure (C18:1). Meist sind diese Fettsäuren im Pansen verfügbar und werden durch die Pansenmikroben verändert. Eine Zusammenfassung von Boerman et al. (2015) zeigte deutliche Veränderungen des Fettsäuremusters vom aufgenommenen Futter bis zum Abfluss in den Dünndarm (siehe Abbildung 2). Der überwiegende Teil der aufgenommenen ungesättigten Fettsäuren (Ölsäure, Linolsäure, Linolensäure) „überlebt“ die mikrobielle Verdauung im Pansen nicht.

Grundlage dieser Zahlen waren zahlreiche Untersuchungen mit unterschiedlichsten Rationen – mit und ohne Zusatz von Pflanzenölen, Ölsaaten sowie Calciumseifen auf Palm- bzw. Rapsbasis. Calciumseifen sind nicht in der Lage, ungesättigte Fettsäuren vor dem Umbau bzw. der Hydrierung im Pansen zu schützen. Unter den im Pansen herrschenden pH-Bedingungen zerfallen die Seifen und setzen die Fettsäuren frei.

Die Pansenmikroben wandeln die (mehrfach) ungesättigten Fettsäuren im Futter in Stearinsäure um. Dieser Prozess nennt sich „Biohydrierung“. Boerman et al. (2015) zeigten auf, dass circa 90 % der Linolensäure, etwa 80 % der Linolsäure und über 70 % der Ölsäure im Pansen zu Stearinsäure umgewandelt werden. Palmitinsäure und Stearinsäure als gesättigte Fettsäuren passieren den Pansen hingegen unverändert. Im Gegensatz zum Fettsäuremuster der Futterration weist das Fettsäuremuster, das im Dünndarm für die Verdauung zur Verfügung steht, einen weitaus höheren Anteil an Stearinsäure auf.

Biohydrierung verändert Flora der Pansenbakterien

Der Prozess der Biohydrierung ist ein natürlicher Schutzmecha-

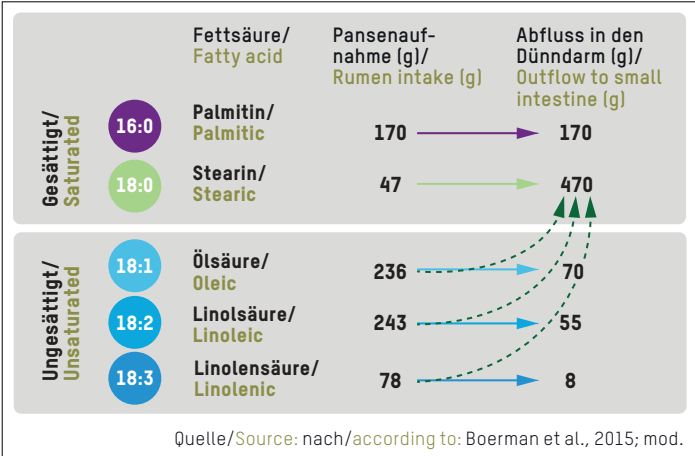


Abbildung 2: Fettsäurefluss durch den Pansen.
Figure 2: Fatty acid flow through the rumen.

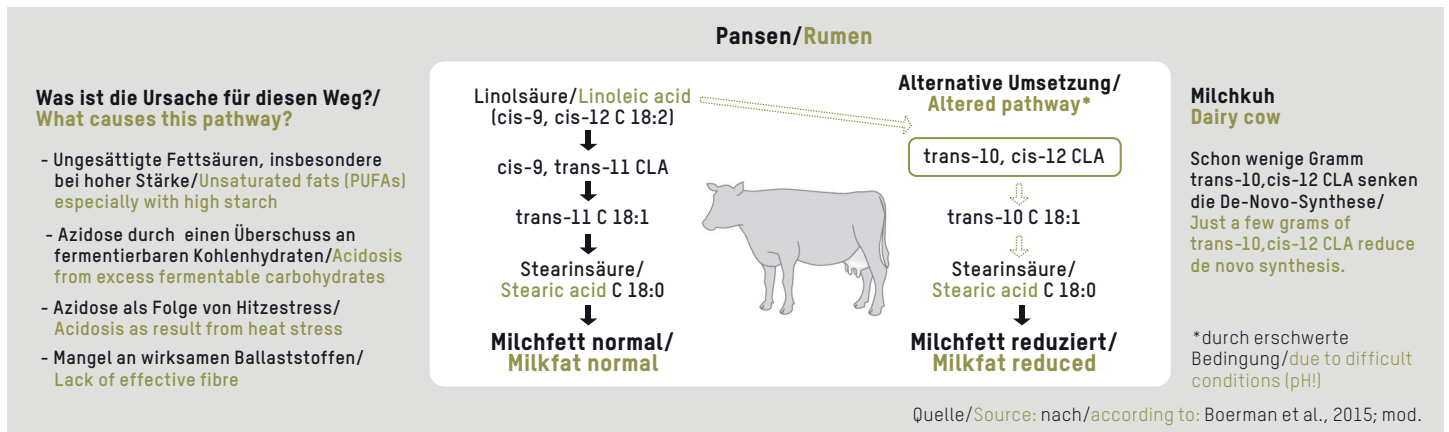


Abbildung 3: Alternative Pfade der Biohydrierung im Pansen.

Figure 3: Alternative pathways of biohydrogenation in the rumen.

nismus, da ungesättigte Fettsäuren in hoher Konzentration für viele Pansenbakterien giftig sind. Je nach Bakterienpopulation gibt es bei der Biohydrierung zwei unterschiedliche, vorherrschende Pfade zur Umwandlung der Fettsäuren (siehe Abbildung 3). Die entstehenden Zwischenprodukte („trans“-Fettsäuren) unterscheiden sich in der Position ihrer Doppelbindungen und ihrer Wirkung auf den Stoffwechsel der Milchkuh. Der „normale“ Weg der Biohydrierung, beispielsweise von Linolsäure, führt über die Zwischenstufe cis-9-trans-11 CLA (konjugierte Linolsäuren) hin zu Stearinsäure. Diese Zwischenstufe hat keinen Einfluss auf die Milchfettsynthese im Euter.

Zu hohe Mengen an ungesättigten Fettsäuren und ein zu niedriger Pansen-pH-Wert – verursacht durch übermäßige Mengen schnell fermentierbarer Kohlenhydrate wie Stärke und Zucker – verschieben die Biohydrierung auf einen alternativen Pfad. Dabei entsteht als Zwischenstufe trans-10, cis-12 CLA und gleichzeitig wird die vollständige Biohydrierung zu Stearinsäure gehemmt. Bereits geringe Mengen von trans-10, cis-12 CLA hemmen die Neubildung von Milchfett im Euter. Die natürliche Bildung über den alternativen Biohydrierungsweg geht stets mit einer Beeinträchtigung des Pansenstoffwechsels (Azidose!) einher und lässt sich nicht gezielt steuern. Eine gezielte Nutzung des fettsenkenden Effektes und aller damit zusammenhängenden Stoffwechselfolgen ist über den zugelassenen Futtermittelzusatzstoff Methyl ester konjugierter Linolsäure (t10, c12-CLA, Nr. 4d895) in pansengeschützter Form (BEWI-FATRIX® CLA) möglich. Dabei wird die Pansenfermentation nicht gestört und über die Einsatzmenge lässt sich die Fettsenkung gezielt steuern.

RUFAL-Wert schätzt ungewollte Milchfettreduzierung ab

Der Zusammenhang zwischen einer übermäßigen Fütterung ungesättigter Fettsäuren und der Milchfettreduzierung (Milk-Fat Depression, MFD) wird über den RUFAL-Wert beschrieben (Jenkins et al., 2009). Die Gesamtsumme der Mengen bzw. der Gehalte an ungeschützten ungesättigten Fettsäuren im Futter („Rumen Unsaturated Fatty Acid Load“, RUFAL) gibt Aufschluss über den Einfluss auf die Pansenfermentation und damit über das Potenzial einer ungewollten Milchfettsenkung.

Der RUFAL-Wert umfasst die ungesättigten Fettsäuren und wird als Summe aus Ölsäure (C18:1), Linolsäure (C18:2) und Linolensäure (C18:3) berechnet. Hohe Gehalte ungesättigter Fettsäuren werden häufig zunächst zugefütterten Konzentratfuttern oder Fettpulvern zugeschrieben. Allerdings tragen die Grundfuttermittel – bedingt durch ihre täglich verfütterte Menge und ihren hohen Anteil in der Ration – maßgeblich zur Gesamtmenge ungesättigter Fettsäuren im Pansen (RUFAL) bei (siehe Übersicht 1). Bereits 8 kg TM pro Tag an Mais- oder Grassilage liefern je-

tions are toxic to many rumen bacteria. Depending on the bacterial population, there are two different predominant pathways for the conversion of fatty acids during biohydrogenation (see Figure 3). The resulting intermediate products (“trans” fatty acids) differ in the position of their double bonds and their effect on the metabolism of dairy cows. The “normal” pathway of biohydrogenation, for example of linoleic acid, leads via the intermediate stage cis-9-trans-11 CLA (conjugated linoleic acid) to stearic acid. This intermediate stage has no influence on milk fat synthesis in the udder. Excessive amounts of unsaturated fatty acids and a low rumen pH – caused by excessive amounts of rapidly fermentable carbohydrates e.g. starch and sugar – shift biohydrogenation to an alternative pathway.

This produces trans-10, cis-12 CLA as an intermediate stage and simultaneously inhibits complete biohydrogenation to stearic acid. Even small amounts of trans-10, cis-12 CLA inhibit the formation of new milk fat in the udder. Natural formation via the alternative biohydrogenation pathway is always accompanied by impaired rumen metabolism (acidosis!) and cannot be specifically controlled. Targeted use of the fat-lowering effect and all associated metabolic consequences is possible via the approved feed additive methyl ester of conjugated linoleic acid (t10, c12-CLA, No. 4d895) in a rumen-protected form (BEWI-FATRIX® CLA). This does not interfere with rumen fermentation, and the amount used can be adjusted to control fat reduction.

RUFAL value estimates unwanted milk fat reduction

The relationship between excessive feeding of unsaturated fatty acids and milk fat reduction (Milk Fat Depression, MFD) is described by the RUFAL value (Jenkins et al., 2009). The total amount or content of unprotected unsaturated fatty acids in the feed (“Rumen Unsaturated Fatty Acid Load,” RUFAL) provides information about the influence on rumen fermentation and thus about the potential for unwanted milk fat reduction.

The RUFAL value includes unsaturated fatty acids and is calculated as the sum of oleic acid (C18:1), linoleic acid (C18:2), and linolenic acid (C18:3). High levels of unsaturated fatty acids are often initially attributed to concentrate feed or fat powders. However, due to the amount fed daily and their high proportion in the ration, the basic feed-stuffs contribute significantly to the total amount of unsaturated fatty acids in the rumen (RUFAL) (see Table 1). Just

Übersicht 1: Fettsäurezusammensetzung einzelner Futtermittel und RUFAL-Werte
Table 1: Fatty acid composition of individual feedstuffs and RUFAL values

Futtermittel, typische Werte/ Feed, typical values	Fettgehalt/ fat content (g/kg TM/DM)	Ölsäure/oleic acid (% im Fett/in fat)	Linolsäure/ linoleic acid (% im Fett/in fat)	Linolensäure/ linolenic acid (% im Fett/in fat)	RUFAL (% im Fett/in fat)	RUFAL (g/kg TM/DM)
Maissilage/corn silage	35	19,2	47,7	8,3	75,2	26
Grassilage/grass silage	40	3,8	20,0	44,3	68,1	27
Maisschrot/corn meal	45	24,1	55,7	1,6	81,4	37
Biertreber/ brewers' grains	90	14,6	48,9	4,6	68,1	61
Calciumseifen/ calcium soaps	840	36,0	9,8	0,9	46,7	392

8 kg DM per day of corn or grass silage provides more than 200 g RUFAL per day. Due to their insufficient rumen protection, calcium soaps also have high RUFAL values – with almost 50% in fat or around 400 g per kg DM. Studies by Chilliard et al. (2009) showed that extruded linseed, with its high alpha-linolenic acid content, does not provide sufficient protection against biohydrogenation. At the same time, negative effects on dry matter intake and a significant, undesirable reduction in milk fat content were observed. The intake of unprotected unsaturated fatty acids (RUFAL) should be limited to 600 to 650 g per day or 3% of dry matter. However, recent studies by Mannai et al. (2016) show that the effect of increasing RUFAL values increases continuously. There is therefore no real limit for the content or quantity of unsaturated fatty acids. It is recommended to keep the RUFAL value as low as possible to avoid negative effects on the milk fat content. Many laboratories offer the determination of fatty acids and the calculation of the RUFAL value when analyzing basic feedstuffs. This allows the risk of an unwanted reduction in milk fat to be assessed when calculating rations.

No increase by rumen-protected fat powders

Rumen-protected fat powders based on palm or rapeseed (BEWI-SPRAY®) enable the supply of additional energy via triglycerides and fatty acids without causing negative effects on the milk fat content. This allows the energy content of rations for high-performance cows – especially in the first third of lactation – to be increased in a rumen-friendly and metabolism-supporting manner without displacing basic feed. The unsaturated fatty acids in fat powders are rumen-protected and therefore do not increase the RUFAL values of the ration. During digestion in the small intestine, they are completely available in their original structure for digestion and metabolism. Targeted control of milk fat content – utilizing potential positive effects on fertility and metabolism – is possible with t10, c12-CLA (approval no. 4d895) in BEWI-FATRIX® CLA without impairing the activity of rumen microbes. The efficient use of alpha-linolenic acid-rich linseed oil in dairy cows is also possible as part of a rumen-stable fat powder (BEWI-SPRAY® Omega) without disrupting the natural process of rumen metabolism.

weils mehr als 200 g RUFAL pro Tag. Aufgrund ihres unzureichenden Pansenschutzes weisen auch Calciumseifen hohe RUFAL-Werte auf – mit nahezu 50 % im Fett bzw. rund 400 g je kg TM. Untersuchungen von Chilliard et al. (2009) zeigten, dass extrudierte Leinsaat mit ihrem hohen Gehalt an Alpha-Linolensäure keinen ausreichenden Schutz vor Biohydrierung bietet. Gleichzeitig wurden negative Effekte auf die Trockenmasseaufnahme sowie eine deutliche, unerwünschte Absenkung des Milchfettgehalts festgestellt. Die Aufnahme ungeschützter, ungesättigter Fettsäuren (RUFAL) sollte auf 600 bis 650 g pro Tag bzw. 3 % der Trockenmasse beschränkt werden. Neuere Untersuchungen von Mannai et al. (2016) zeigen jedoch, dass der Effekt steigender RUFAL-Werte kontinuierlich zunimmt. Es existiert daher kein echter Grenzwert für den Gehalt bzw. die Menge an ungesättigten Fettsäuren. Empfohlen wird, den RUFAL-Wert möglichst gering zu halten, um negative Effekte auf den Milchfettgehalt zu vermeiden. Viele Labore bieten bei der Untersuchung von Grundfuttermitteln die Bestimmung der Fettsäuren und die Berechnung des RUFAL-Wertes an. Im Rahmen der Rationsberechnung kann so das Risiko einer ungewollten Milchfettensenkung abgeschätzt werden.

Pansengeschützte Fettpulver erhöhen RUFAL-Wert nicht

Pansengeschützte Fettpulver auf Palm- oder Rapsbasis (BEWI-SPRAY®) ermöglichen die Zufuhr zusätzlicher Energie über Triglyceride und Fettsäuren, ohne negative Effekte auf den Milchfettgehalt zu verursachen. Dadurch kann der Energiegehalt von Rationen für Hochleistungskühe – insbesondere im ersten Laktationsdrittel – pansenschonend und stoffwechselunterstützend erhöht werden, ohne Grundfutter zu verdrängen. Die ungesättigten Fettsäuren in Fettpulvern sind pansengeschützt und erhöhen daher die RUFAL-Werte der Ration nicht. Bei der Verdauung im Dünndarm stehen sie in ihrer ursprünglichen Struktur vollständig für die Verdauung und den Stoffwechsel zur Verfügung. Eine gezielte Steuerung des Milchfettgehalts – unter Nutzung möglicher positiver Effekte auf Fruchtbarkeit und Stoffwechsel – ist durch t10, c12-CLA (Zulassungsnr. 4d895) in BEWI-FATRIX® CLA möglich, ohne die Aktivität der Pansenmikroben zu beeinträchtigen. Auch der effiziente Einsatz von alpha-Linolensäure-reichem Leinöl bei Milchkühen ist als Bestandteil eines pansenstabilen Fettpulvers (BEWI-SPRAY® Omega) möglich, ohne den natürlichen Ablauf des Pansenstoffwechsels zu stören.