

# Encapsulated additives in livestock feeding

Possibilities and benefits

**Author Autor Michael Hovenjürgen**

*Leiter Forschung & Entwicklung/Head of Research & Development, BEWITAL agri GmbH & Co. KG, Südlohn-Oeding/D, m.hovenjuergen@bewital.de*

In the field of feeding, progress in breeding and management has led to improved performance and increased demands on the feed and its ingredients. In addition, the framework conditions in feeding and feed production are changing due to legal requirements (adjustment of maximum levels, fertiliser ordinance, “Green Deal” etc.) and societal demands (reduction of antibiotics, animal-friendly feeding, environmental protection, “GMO-free” feeding etc.). Increasingly, the focus is on alternative feed components, the use of which in feed or also in animals places higher demands on the formulation in order to achieve the best possible effect. Encapsulation can help to ensure that ingredients and active substances reach their desired destination in the animal safely.

The encapsulation of ingredients has long been firmly established in the pharmaceutical industry. The main objective of encapsulation is to protect the embedded ingredients and active substances from external influences. For feed components, this applies not only to storage and processing in the compound feed but also and especially to release and digestion in the animal until the active ingredient has reached the site of action. With regard to the encapsulation systems used, a distinction is made (in addition to the initial form and proportion of the material to be encapsulated) between the encapsulation process and the encapsulation material. Technologically, a distinction is made between two main processes: In the so-called core-shell process, the encapsulation material is applied as a

# Verkapselte Wirkstoffe in der Nutztierfütterung

Möglichkeiten und Nutzen



Michael Hovenjürgen

Im Bereich der Fütterung haben Fortschritte in Zucht und Management zu Leistungssteigerungen und zu erhöhten Anforderungen an das Futter und seine Inhaltsstoffe geführt. Zusätzlich ändern sich die Rahmenbedingungen in Fütterung und Futtermittelproduktion durch rechtliche Vorgaben (Anpassung von Höchstwerten, Düngeverordnung, „Green Deal“ etc.) und gesellschaftliche Forderungen (Antibiotikareduzierung, tiergerechte Fütterung, Umweltschutz, „GVO-freie“ Fütterung etc.). In zunehmendem Maße rücken dabei alternative Futtermittelkomponenten in den Fokus, deren Einsatz im Futter bzw. auch im Tier erhöhte Anforderungen an die Formulierung stellen, um die bestmögliche Wirkung zu erzielen. Die Verkapselung kann einen Beitrag dazu liefern, Inhalts- und Wirkstoffe sicher bis an den gewünschten Zielort im Tier zu bringen.

Die Verkapselung von Inhaltsstoffen ist in der Pharmazie seit langer Zeit fest etabliert. Das Hauptziel der Verkapselung ist der Schutz der eingebetteten Inhalts- und Wirkstoffe vor Einflüssen von außen. Für Futtermittelkomponenten betrifft dies neben der Lagerung und Verarbeitung im Mischfutter auch und besonders die Freisetzung und Verdauung im Tier bis zum Erreichen des Wirkortes. Bei den verwendeten Verkapselungssystemen wird (neben Ausgangsform und Anteil des zu verkapselnden Materials) nach dem Verkapselungsverfahren und dem Verkapselungsmaterial unterschieden. Technologisch werden in erster Linie zwei Verfahren unterschieden: Beim sogenannten Kern-Hülle-Verfahren wird das Verkapselungsmaterial als Schutzschicht auf einen Wirkstoffkern aufgebracht und umhüllt diesen. Häufig

werden solche Produkte im Wirbelschichtverfahren produziert, indem auf den in Schwebelage gehaltenen Wirkstoff oder das Wirkstoffagglomerat das Verkapselungsmaterial aufgesprüht wird. Durch die relativ dünne Schutzschicht kann im Produkt ein hoher Wirkstoffanteil erreicht werden.

Gleichzeitig beeinflusst die Schichtstärke maßgeblich die Funktionalität des Produktes. Beim Matrix-Verkapselungsverfahren wird der Wirkstoff oder die Wirkstoffmischung im Verkapselungsmaterial

feinverteilt (Suspension) und anschließend meist über spezielle Düsensysteme versprüht. Die Partikelgröße der Wirkstoffe und der eingesetzte Wirkstoffanteil bestimmen dabei die Funktionalität (Abbildung 1).

Das Verkapselungsverfahren beeinflusst maßgeblich die Effizienz des Schutzes. Beim Kern-Hülle-Verkapseln ist der Wirkstoff komplett von äußeren Einflüssen abgeschirmt, solange die Hülle intakt und unbeschädigt ist. Jede physikalische Beschädigung der Hülle führt zum nahezu kompletten Verlust des Schutzes. Daher muss die Hülle sehr stabil ausgelegt werden. Andererseits ist für eine effiziente Wirkung/Freisetzung die Auflösung der Hülle am Wirkort eine wichtige Voraussetzung. Dieser Zielkonflikt zeigt sich bei Koenig und Rode (2001) für ein Kern-Hülle-verkapseltes Methionin: eine hohe Pansenstabilität durch ein stabiles Coating hatte eine geringe Verfügbarkeit im Dünndarm zur Folge.

Beim Matrix-Verkapselungsverfahren gewährleistet eine feine Verteilung kleiner Wirkstoffkerne in einer Matrix den weitgehenden Schutz auch bei mechanischer Beschädigung, da jeder einzelne Wirkstoffpartikel von schützendem Verkapselungsmaterial umgeben ist. Als Trägerstoff und Schutzmaterial werden in erster Linie verschiedene pflanzliche Fette oder Mischungen auf Basis pflanzlicher Fette eingesetzt. Der Trägerstoff soll dabei zum einen den Schutz vor äußeren Einflüssen, aber auch die Freisetzung der Wirkstoffe bei der Verdauung gewährleisten. Durch die vollständige Verdauung der Trägerstoffmatrix im Dünndarm steht dabei auch der oder die eingebetteten Wirkstoffe dort zur Verfügung.

### BEWI-FATRIX®-Verfahren

Aufbauend auf jahrzehntelanger Erfahrung mit dem Versprühen von pansengeschützten Fetten auf der Basis von hydrogenierten pflanzlichen Fetten (Basis Palm- oder Rapsöl) hat die Firma BEWITAL agri GmbH & Co. KG ein Verfahren entwickelt, um Aminosäuren, B-Vitamine und andere Wirkstoffe mit einem wirksamen Schutz zu versehen (BEWI-FATRIX®-Verfahren). Nach der Vermischung der Wirkstoffe mit hochschmelzenden pflanzlichen Fetten im BEWITAL®-Suspensionsverfahren werden die Wirkstoffe durch Sprühkühlen in die Matrix aus Fetten eingebettet und stabilisiert (Cryotechnologie). Die entstehenden Partikel sind freifließend, lagerstabil und einfach zu dosieren. Durch die Einbettung in eine Matrix aus hochschmelzendem Fett werden die eingeschlossenen Wirkstoffe effektiv und weitestgehend vor Einflüssen von außen geschützt.

Mit diesem Verfahren können Aminosäuren, Vitamine, spezielle Fettsäuren und verschiedene andere Wirkstoffe sowohl einzeln, als auch in kundenspezifischer Mischung effektiv verkapselt werden (Abbildung 2). Die entstehenden Partikel haben eine gleichmäßige Kugelform und sind in Mischfuttermitteln, Mi-



Abbildung 1: Kern-Hülle-Verkapselung vs. Matrix-Verkapselung (BEWI-FATRIX®).

Figure 1: Core-shell encapsulation vs. matrix encapsulation (BEWI-FATRIX®).

protective layer to an active ingredient core and envelops it. Such products are often produced in a fluidised bed process by spraying the encapsulation material onto the active ingredient or the active ingredient agglomerate which is kept in suspension. Due to the relatively thin protective layer, a high proportion of active ingredient can be achieved in the product. At the same time, the layer thickness has a decisive influence on the functionality of the product. In the matrix encapsulation process, the active ingredient or mixture of active ingredients is finely distributed in the encapsu-

lation material (suspension) and then sprayed, usually through special nozzle systems. The particle size of the active ingredients and the proportion of active ingredient used determine the functionality (Figure 1).

The encapsulation process significantly influences the efficiency of the protection. In core-shell encapsulation, the active ingredient is completely shielded from external influences as long as the shell is intact and undamaged. Any physical damage to the shell leads to the almost complete loss of protection. Therefore, the casing must be designed to be very stable. On the other hand, the dissolution of the shell at the site of action is an important prerequisite for efficient action/release. This conflict of aims is shown in Koenig and Rode (2001) for a core-shell encapsulated methionine: a high rumen stability due to a stable coating resulted in a low availability in the small intestine.

In the matrix encapsulation process, a fine distribution of small active ingredient cores in a matrix ensures extensive protection even in the event of mechanical damage, as each individual active ingredient particle is surrounded by protective encapsulation material. Various vegetable fats or mixtures based on vegetable fats are primarily used as carrier and protective material. The carrier material is intended to provide protection against external influences on the one hand, but also to ensure that the active ingredients are released during digestion. Due to the complete digestion of the carrier material matrix in the small intestine, the embedded active ingredient(s) is also available there.

### BEWI-FATRIX® process

Based on decades of experience with the spraying of rumen-protected fats on the basis of hydrogenated vegetable fats (based on palm- or rapeseed oil), the company BEWITAL agri GmbH & Co. KG has developed a process to provide amino acids, B vitamins and other active ingredients with effective protection (BEWI-FATRIX® process).

After mixing the active ingredients with high-melting vegetable fats in the BEWITAL® suspension process, the active ingredients are embedded and stabilised in the matrix of fats by spray cooling (cryotechnology). The resulting particles are free-flowing, stable in storage and easy to dose. By embedding them in a matrix of high-melting fat, the enclosed active ingredients are effectively and largely protected against external influences. With this process, amino acids, vitamins, special fatty acids and various other active ingredients can be effectively encapsulated both individually and in customer-specific mixtures (Figure 2). The result-

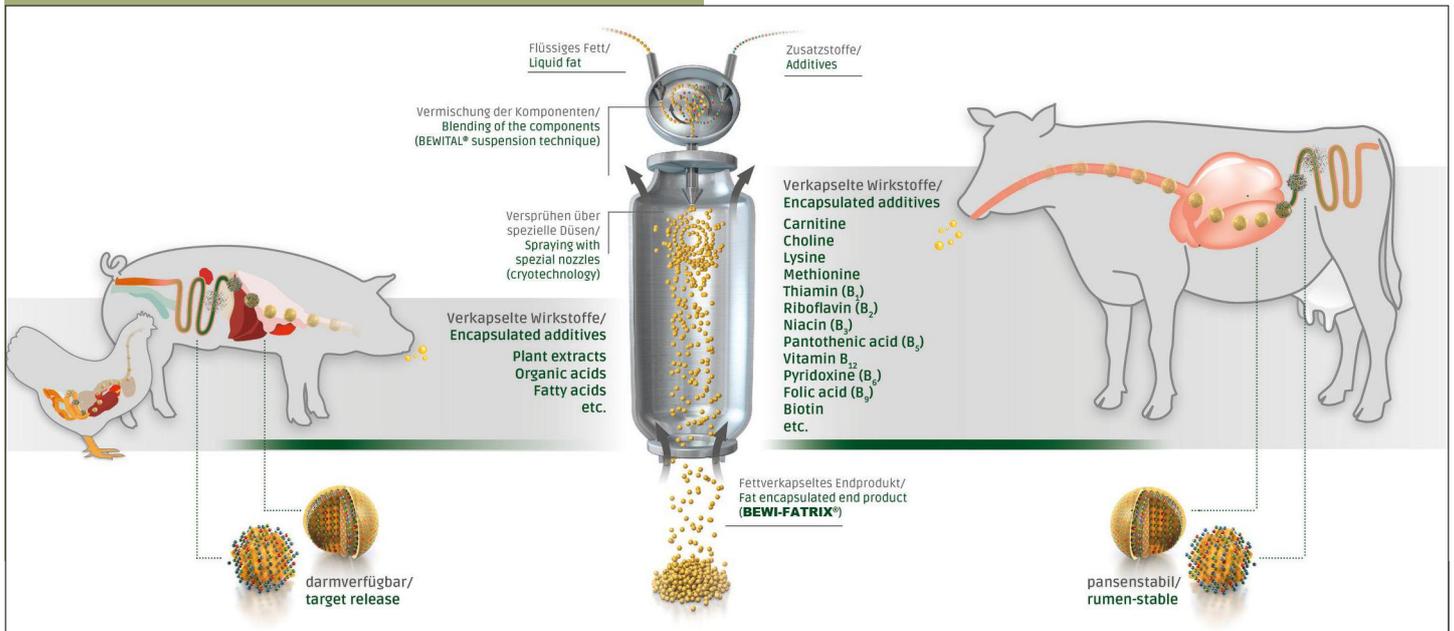


Figure 2: Production process of matrix-encapsulated active ingredients (BEWI-FATRIX®).

Abbildung 2: Produktionsverfahren von matrixverkapselten Wirkstoffen (BEWI-FATRIX®).

ing particles have a uniform spherical shape and are very easy to dose and mix in compound feeds, mineral feeds and premixes (figure 3). The matrix of hydrogenated vegetable fats ensures protection of the encapsulated active ingredients even under the mechanical stress of the mixing process.

### Encapsulated active substances in cattle feed

The new fertiliser ordinance with stricter limits for nitrogen and phosphorus excretion from milk production leads, via the emphasis on a performance-related protein supply for farm animals, to an increasing interest in the use of (rumen-protected) amino acids in dairy cows with a focus on protein and phosphorus savings in feed. The additional demand coming from society for feeding “without genetic engineering” has an even stronger effect. Matrix-encapsulated amino acids make an effective contribution here, as has been shown with the use of a combination of lysine and methionine in rumen-protected form (BEWI-FATRIX® LM 101) (Hovenjürgen, 2019).

As lactation performance increases, dairy cows often experience increasing problems with metabolism, fertility and health. This leads to a situation where the lifetime performance remains almost the same with a decreasing useful life. Studies show positive effects on metabolic health and fertility when using various (rumen-protected) feed additives. In addition to rumen-protected methionine and rumen-protected choline with their importance for liver metabolism, other active ingredients such as carnitine, niacin and the other B vitamins are also being discussed as useful feed additives for cows with high milk yields. The findings of Santschi et al. (2005) show the necessity of rumen protection for most B vitamins.

Matrix encapsulation also allows rumen protection of other active ingredients such as essential oils and plant extracts, antioxidants or special fatty acids. The matrix process is not limited to solid particles, but also enables the embedding of fat-soluble substances at the molecular level, thus ensuring efficient rumen protection for optimum availabil-

neralfuttermitteln und Vormischungen sehr gut zu dosieren und zu mischen (Abbildung 3). Die Matrix aus hydrogenierten pflanzlichen Fetten gewährleistet einen Schutz der eingeschlossenen Wirkstoffe auch bei der mechanischen Belastung durch den Mischprozess.

### Verkapselte Wirkstoffe in der Rinderfütterung

Die neue Düngeverordnung mit verschärften Grenzen für die Stickstoff- und Phosphorausscheidungen aus der Milchproduktion führt über die Betonung einer leistungsgerechten Proteinversorgung der Nutztiere zu einem zunehmenden Interesse am Einsatz (pansengeschützter) Aminosäuren bei Milchkühen mit dem Fokus auf Protein- und Phosphoreinsparung im Futter. Die zusätzlich aus der Gesellschaft kommende Forderung nach einer Fütterung „ohne Gentechnik“ wirkt noch verstärkend. Matrixverkapselte Aminosäuren liefern hier einen effektiven Beitrag, wie mit dem Einsatz einer Kombination aus Lysin und Methionin in pansengeschützter Form (BEWI-FATRIX® LM 101) gezeigt werden konnte (Hovenjürgen, 2019).

Mit steigenden Laktationsleistungen werden häufig zunehmende Probleme der Milchkühe mit Stoffwechsel, Fruchtbarkeit und Gesundheit beobachtet. Dies führt dazu, dass die Lebensleistung bei rückläufiger Nutzungsdauer nahezu gleich bleibt. Studien zeigen positive Effekte bei Einsatz verschiedener (pansengeschützter) Futterzusatzstoffe auf die Stoffwechselfundheit und Fruchtbarkeit. Neben pansengeschütztem Methionin und pansengeschütztem Cholin mit ihrer Bedeutung für den Leberstoffwechsel werden auch weitere Wirkstoffe wie Carnitin, Niacin und die übrigen B-Vitamine bei Kühen mit hohen Milchleistungen als sinnvoller Futterzusatz diskutiert. Die von Santschi et al. (2005) aufgezeigten hohen Verlustraten im Pansen zeigen die Notwendigkeit des Pansenschutzes für die meisten B-Vitamine.

Durch eine Matrixverkapselung ist auch ein Pansenschutz weiterer Wirkstoffe wie ätherischer Öle und Pflanzenextrakte, Antioxidantien oder spezieller Fettsäuren möglich. Das Matrix-Verfahren beschränkt sich dabei nicht nur auf feste Partikel, sondern ermöglicht auch die Einbettung fettlöslicher Stoffe auf Molekülebene und gewährleistet damit einen effizienten Pansen-

schutz für eine optimale Verfügbarkeit. Belegt ist dies bereits ausführlich für konjugierte Linolsäuren (CLA) bei Milchkühen und der Wirkung auf Fruchtbarkeitsparameter (de Veth et al., 2009) und den Glukosestoffwechsel (Hoetger et al., 2013). Das Produkt BEWI-FATRIX® CLA (konjugierte Linolsäure in pansen-geschützter Form) zeigt im Einsatz in der landwirtschaftlichen Fütterungspraxis bei Milchkühen die Effizienz des Pansen-schutzes des BEWI-FATRIX®-Verfahrens auch für flüssige, fett-lösliche Wirkstoffe.

### Verkapselte Wirkstoffe in der Fütterung von Monogastriern

Mit den Verboten der antibiotischen Leistungsförderer in der EU ab 1999 und spätestens mit dem kompletten Verbot 2006 wurde der Einsatz alternativer Konzepte in der Schweine- und Geflügelfütterung mehr und mehr erforderlich. Eingesetzt werden dabei beispielsweise organische Säuren, kurz- und mittelkettige Fettsäuren, ätherische Öle und weitere pflanzliche Wirkstoffe. Die besonderen Eigenschaften dieser Stoffe begrenzen jedoch häufig den praktischen Einsatz in Futtermischungen. Bei organischen Säuren muss besonders ihre korrosive Wirkung bei Dosierung und Lagerung, aber auch die weitgehende Inaktivierung/Dissoziierung durch die Magenpassage bei niedrigem PH-Wert beachtet werden. Eine Wirkung in hinteren Darmabschnitten wird dadurch häufig limitiert. Auch der niedrige Schmelzpunkt der vielfach eingesetzten kurz- und mittelkettigen Fettsäuren begrenzt ihre Einsatzmöglichkeiten in höheren Konzentrationen.

Bei den eingesetzten ätherischen Ölen und pflanzlichen Wirkstoffen ist häufig trotz der Zugehörigkeit zur Gruppe der „Aroma- und appetitanregenden Stoffe“ eine dosisabhängige Reduzierung der Futteraufnahme zu beobachten (Windisch et al., 2007). Auch bei weiteren, aufgrund ihrer antioxidativen Eigenschaften in Betracht gezogenen Pflanzenbestandteilen, ist aufgrund ihres

ity. This has already been documented in detail for conjugated linoleic acids (CLA) in dairy cows and their effect on fertility parameters (de Veth et al. 2009) and glucose metabolism (Hoetger et al., 2013). The product BEWI-FATRIX® CLA (conjugated linoleic acid in rumen-protected form) shows the efficiency of the rumen protection of the BEWI-FATRIX® process also for liquid, fat-soluble active ingredients when used in agricultural feeding practice for dairy cows.

### Encapsulated active substances in the feeding of monogastric animals

With the bans on antibiotic performance enhancers in the EU from 1999 onwards and the complete ban in 2006 at the latest, the use of alternative concepts in pig and poultry feeding became more and more necessary. For example, organic acids, short- and medium-chain fatty acids, essential oils and other vegetable substances are used. However, the specific properties of these substances often limit their practical use in feed mixtures. In the case of organic acids, special attention must be paid to their corrosive effect during dosage and storage, but also to their extensive inactivation/dissociation through the stomach passage at low pH values. An effect in the rear sections of the intestine is thus often limited. The low melting point of the frequently used short- and medium-chain fatty acids also limits their possible use in higher concentrations.

In the case of the essential oils and active plant substances used, a dose-dependent reduction in feed intake is frequently observed despite the fact that they belong to the group of “aroma and appetite stimulating substances” (Windisch et al., 2007). Other plant constituents that have been consid-



## LEADING SENSORY FUNCTIONAL SOLUTIONS DEDICATED TO ANIMAL «BETTER-BEING»

### OUR PRODUCT RANGES

- ⌘ **VeO:** Reduction of stress perception
- ⌘ **Optifed:** Appetite stimulation
- ⌘ **Cristalfeed:** Smart flavours
- ⌘ **Oleobiotec:** Optimize the microbiota and brain connection
- ⌘ **Force 6:** Cellular integrity for stronger animals

Laboratoires Phodé FRANCE - [www.phode.com](http://www.phode.com)  
Contact in germany : [ssahakyan@phode.fr](mailto:ssahakyan@phode.fr)

PHODÉ



Figure 3: Matrix encapsulated lysine (BEWI-FATRIX® Lysine) and matrix encapsulated B-vitamin combination.



Abbildung 3: Matrixverkapseltes Lysin (BEWI-FATRIX® Lysine) und matrixverkapselte B-Vitamin-Kombination.

ered for their antioxidant properties also have limited use in animal feed due to their odour and taste (*Capsicum spec.*). In addition, the effects on employees in direct contact with the active substance must also be taken into account. In the case of a very large number of substances, encapsulation can both prevent negative effects of the gastric juice on the active substance (organic acids/salts) and negative effects of the substances on feed intake and taste (plant-based active substances), and also improve the technical properties (short- and medium-chain fatty acids, plant-based active substances). In addition to this protection, encapsulation must also ensure release at the site of action in the animal. This is usually the small intestine of the animal (pig/poultry). Only in this way is an effect on the composition of the microflora or the influence on enzyme production etc. conceivable at all. The method of matrix encapsulation (BEWI-FATRIX®) guarantees effective protection and, at the same time as the fat matrix in the small intestine is digested by the bile acids and lipases, the encapsulated substances are slowly released so that they can take effect in the small intestine.

The BEWI-FATRIX® SynerG+ product provides an example of how the process can also be used for products for pig and poultry feeding. The *in vitro* proven inhibitory effect on gram-positive germs such as streptococci and clostridia (Hovenjürgen et al., 2016) shows very good effects in sows, piglets and fattening pigs, even when used with the feed, thanks to the matrix encapsulation.

### Conclusion

The matrix encapsulation process on the basis of hydrogenated vegetable fats allows the use of feed components and active ingredients whose use in unprotected form is not possible or useful or could have negative effects. In ruminants, these include not only amino acids and water-soluble vitamins, but also other active ingredients which are largely broken down in the rumen without protection. In monogastric animals, various active substances are inactivated in the stomach or can have unprotected negative effects on feed intake.

The use of encapsulated active substances enables alternative feeding concepts for cattle, pigs and poultry, which are necessary to guarantee a safe production of animal food that is accepted by society and politics even under changed conditions.

Geruchs und Geschmacks der Einsatz in Futtermitteln nur begrenzt möglich (*Capsicum spec.*). Daneben sind auch die Auswirkungen auf Mitarbeiter beim direkten Kontakt mit dem Wirkstoff zu berücksichtigen.

Eine Verkapselung kann bei sehr vielen Stoffen sowohl negative Wirkungen des Magensaftes auf den Wirkstoff (organische Säuren/Salze) und negative Wirkungen der Stoffe auf die Futteraufnahme und den Geschmack (pflanzliche Wirkstoffe) vermeiden, als auch die technischen Eigenschaften verbessern (kurz- und mittelkettige Fettsäuren, pflanzliche Wirkstoffe). Neben diesem Schutz muss eine Verkapselung aber auch die Freisetzung am Wirkort im Tier gewährleisten. In der Regel ist dies der Dünndarm des Tieres (Schwein/Geflügel). Nur so ist ein Effekt auf die Zusammensetzung der Mikroflora oder die Beeinflussung der Enzymproduktion etc. überhaupt denkbar. Die Methode der Matrix-Verkapselung (BEWI-FATRIX®) gewährleistet dabei einen effektiven Schutz und gleichzeitig mit der Verdauung der Fett-Matrix im Dünndarm durch die Gallensäuren und Lipasen eine langsame Freisetzung der verkapselten Stoffe, sodass diese im Dünndarm zur Wirkung kommen können. Ein Beispiel für die Nutzung des Verfahrens auch bei Produkten für die Schweine- und Geflügelfütterung liefert das Produkt BEWI-FATRIX® SynerG+. Die für die eingesetzte Wirkstoffkombination *in vitro* belegte hemmende Wirkung auf gram-positive Keime wie Streptokokken und Clostridien (Hovenjürgen et al., 2016) zeigt durch die Matrix-Verkapselung auch beim Einsatz über das Futter sehr gute Wirkungen bei Sauen, Ferkeln und Mastschweinen.

### Fazit

Das Matrix-Verkapselungsverfahren auf der Basis hydrogenierter pflanzlicher Fette ermöglicht den Einsatz von Futtermittelkomponenten und Wirkstoffen, deren Einsatz in ungeschützter Form nicht möglich oder sinnvoll ist oder negative Effekte haben könnte. Beim Wiederkäuer sind dies neben den Aminosäuren und wasserlöslichen Vitaminen auch weitere Wirkstoffe, die ungeschützt im Pansen zu großen Teilen abgebaut werden. Beim Monogastrier werden verschiedene Wirkstoffe im Magen inaktiviert oder können ungeschützt negative Effekte auf die Futteraufnahme haben.

Der Einsatz verkapselter Wirkstoffe ermöglicht bei Rindern, Schweinen und Geflügel alternative Fütterungskonzepte, die notwendig sind, um auch unter geänderten Rahmenbedingungen eine sichere sowie in der Gesellschaft und Politik akzeptierte Produktion tierischer Lebensmittel zu gewährleisten.