

Carotinversorgung der Milchkühe unter praktischen Aspekten

Prof. Dr. Manfred Hoffmann

Fütterungsberater beim Sächsischen Landeskontrollverband e. V.

Teil I: Bedeutung und Funktionen

Carotin ist ein essentieller Nährstoff für Wiederkäuer. Als Pflanzenfresser sind sie phylogenetisch so angelegt, dass sie ihren Vitamin A – Bedarf nur über den sekundären Pflanzeninhaltsstoff Carotin decken können. Das Carotin ist die in den Pflanzen vorkommende Vorstufe, die im tierischen Stoffwechsel in Vitamin A umgewandelt werden kann. Während die Bedeutung des Vitamin A für den höheren Organismus schon um 1900 nachgewiesen wurde, konnte erst 1926/1930 die Wirkung des Carotins als Vorstufe durch die Arbeiten von Steenbeck, sowie von Müller und Karrer beschrieben werden.

Das Carotin gehört zu den Carotinoiden und gibt dieser Stoffgruppe den Namen. Es sind über 700 Verbindungen identifiziert (Deutsche Gesellschaft für Ernährung, 2006). Es kommt als Begleiter des Chlorophylls neben weiteren Carotinoiden (z.B. Lycopine, Xanthophylle u.a.) fast nur in höheren Pflanzen, sowie in einigen Algen, Pilzen und Mikroorganismen vor. Im Allgemeinen macht β -Carotin 90 % der Carotinoidfraktion aus.

Carotin als die bedeutendste Verbindung für die Vitamin A - Versorgung der Wiederkäuer kommt in drei Formen vor, das α -, β - und γ -Carotin. Setzt man die physiologische Wirksamkeit von β -Carotin = 100, dann werden die beiden anderen mit etwa 50 % eingeschätzt. Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf das β -Carotin, es ist fettlöslich und kann in einem Syntheseverfahren naturidentisch hergestellt werden.

Von Karrer und von Euler wurde 1933/34 gezeigt, dass Carotine Derivate des Isoprens sind, d.h. sie sind ungesättigte Kohlenwasserstoffe. Infolge der Doppelbindungen sind sie sehr reaktionsaktiv und vor allem sehr oxidationsempfindlich. Aufgrund des Systems der konjugierten Doppelbindungen in der Polyenkette besteht die Möglichkeit der cis-trans-Isomerie. Da all-trans-Isomere den kleinsten Energiegehalt aufweisen, sind sie in allen Naturprodukten am weitesten verbreitet. Sie können aber durch den Einfluss von Wärme, Sauerstoff, Säure und Licht in cis-trans-Konfigurationen umgewandelt werden, deren biologische Wirkung als Vorstufe zum Vitamin A wesentlich geringer ist als die all-trans-Form.

Bei der Beurteilung der biologischen Wirksamkeit des β -Carotins ist also nicht nur der oxidative Abbau durch den Einfluss von Sauerstoff, Säure u.a. zu beachten, sondern auch die durch äußere Einflüsse bedingten Veränderungen der Konfiguration.

Vitamin A findet sich nur in tierischen Geweben. Die einzige Quelle zur Bildung von Vitamin A im tierischen Organismus ist das Carotin. Das in Pflanzen enthaltene β -Carotin ist durch den ausgewachsenen Wiederkäuer zu 20 - 70 % resorbierbar. Die Resorption ist von vielen Faktoren abhängig, die nicht alle bekannt sind. Nicht resorbiertes β -Carotin wird nur im Kot ausgeschieden, was die Möglichkeit bietet, die scheinbare Verdaulichkeit zu bestimmen.

Die praktisch wichtigen Antagonisten, die zu einem Abbau des β -Carotins führen, sind Nitrate/Nitrite, Sulfate sowie alle oxidativen Einflüsse. Inwieweit ein niedriger pH - Wert die Wirksamkeit vermindert, ist nicht eindeutig zu beurteilen. Einerseits fördert der konservierende Effekt von Milchsäure in stabilen Silagen die Erhaltung des β -Carotins, andererseits findet ein starker Abbau des Carotins bei niedrigen pH-Wert im Pansen statt (Azidose). So konnte in verschiedenen Studien (Literatúrauswertung 1969 – 2006; NRC, 2001, <https://www.nap.edu/catalog/9825/nutrient-requirements-of-dairy-cattle-seventh-revised-edition-2001>) gezeigt werden, dass der Abbau des β - Carotins aus pflanzlichen Futtermitteln im Pansen im Mittel aller geprüften Rationen bei 35 % lag, bei konzentratreichen Rationen aber bis 70 % anstieg.

Die Speicherfähigkeit für β -Carotin im Körper beschränkt sich auf geringe Mengen im Depotfett und ist im Gegensatz zu Vitamin A sehr gering, so dass das Tier auf eine kontinuierliche Zufuhr von β -Carotin angewiesen ist.

Die Wirkung des β -Carotins bei Milchkühen ist unter praktischen Aspekten in folgender Übersicht zusammengefasst (Übersicht 1).

Übersicht 1: Wirkung des β -Carotins bei Milchkühen

- Vorstufe des Vitamin A
 - 1 mg β -Carotin = 400 IE Vitamin A = 120 μ g all-trans-Retinol (NRC, 2001) Enzym: Estradiol
 - Systemische Umwandlung im Darm
 - Lokale Umwandlung in den peripheren Geweben
 - Bildung und Funktion äußerer und innerer Epithelien
 - Verbesserung der Fruchtbarkeit (β -Carotin Vitamin A-Quelle im Follikel)
 - Gute Follikelreifung, keine Verzögerung des Eisprungs
 - Aktivator der Progesteronsynthese
 - Verminderung der stillen Brunst
 - Verbesserung des Besamungsindex
 - Verminderung von Nachgeburtshaltungen

Hinweise zum Datenschutz und zur Verarbeitung Ihrer Daten finden Sie unter:

<https://www.lkvsachsen.de/footer/navi/datenschutz/erklaerung/>

- Verminderung der Bildung verschiedener Formen von Zysten
- Verminderung von Frühaborten
- Antioxidative Substanz (Vitamin A-unabhängige Wirkung)
 - Verbesserung der Leistungsfähigkeit des Immunsystems und der Antikörperbildung
 - Verminderung von Entzündungen (Klauen, Euter, Gebärmutter)
 - Senkung des Gehaltes an somatischen Zellen in der Milch
- Transfer in die Kolostralmilch (ab 4./5. Woche a.p.)
 - Ausprägung des Immunstatus des Kalbes
 - Stärkung des antioxidativen Potenzials des Kalbes
 - Förderung des Wachstums des Kalbes
 - Verminderung von Durchfällen

β-Carotin als Vorstufe zum Vitamin A

Eine wichtige Funktion des β-Carotins ist die Wirkung als Vorstufe für Vitamin A. Es wird eine systemische Umwandlung im Darm und eine lokale in den peripheren Geweben beschrieben (Schweigert 1987, 1988; Schweigert et al. 1985, 1986, 1988; Schweigert und Eisele, 1990; Eisele, 19087). In jedem Fall wird das β-Carotin beim Rind in der Leber an die Lipoproteine gebunden und in dieser Form im Blutserum zu den Zielzellen transportiert und hier in Vitamin A umgewandelt (Schweigert, 1986, 1988, 1990). In verschiedenen Prozessen ist die Vitamin A - Bildung aus β-Carotin essentiell und kann nicht durch oral verabreichte Vitamin A - Präparate oder durch Injektionen oder Fusionen von Vitamin A - Verbindungen ersetzt werden. Die zeitweilig als „von Vitamin A – unabhängig“ bezeichnete Wirkung bei den Vorgängen am Ovar wurden nicht zutreffend bezeichnet, da zwar nur das β-Carotin in das Ovar eindringen kann, dort aber letztlich doch in das notwendige Vitamin A umgewandelt wird.

Obwohl von vielen Faktoren abhängig, wird mit folgendem mittleren Umwandlungs-äquivalent als Richtwert gerechnet:

1 mg β - Carotin < = > 400 IE Vitamin A = 120 µg all-trans Retinol (NRC, 2001).

Ferner gilt:

1 µg Vitamin A (Retinol) = 3,33 IE bzw. 1 IE = 0,30 µg Vitamin A

Die nachhaltigste Wirkung des β-Carotins ist die auf die Fruchtbarkeit des Rindes (Tabelle 1). Hier sind die schon als „klassisch“ zu bezeichnenden Arbeiten von Meyer et al., 1975 und von Lotthammer et al. 1976, 1978 zu nennen, die von Schweigert (2006) zusammengefasst wurden.

Tab. 1. Wirkung des β-Carotins auf die Fruchtbarkeit des Rindes

		Kontrolle	β-Carotin supplementiert
Brunst bis Ovulation	Tage	2,2	1,3
Dauer der Brunst	Tage	2,4	1,9

Hinweise zum Datenschutz und zur Verarbeitung Ihrer Daten finden Sie unter:

<https://www.lkvsachsen.de/footer/navi/datenschutz/erklaerung/>

Embryonalverluste bis 7. Woche	%	31	0
Aborte 18.-20. Woche	%	12	0
Zysten	%	50	0

Meyer et al. 1975; Lotthammer et al. 1976, 1978

Mit fortschreitendem Reifungsprozess des Follikels konnte Sklan (1983) einen deutlichen Anstieg der Aktivität des Enzyms Carotinasase im Corpus luteum nachweisen. Parallel dazu stieg die Vitamin A- Konzentration an, wenn ausreichend β -Carotin zur Verfügung stand (Schweigert, 1988). Das im Follikel vorhandene β -Carotin ist die einzige Quelle zur Vitamin A – bildung in den Granulosazellen. Die Funktion des β -Carotins im Gelbkörper und in den Ovarien wurde intensiv untersucht und beschrieben (Zucker und Schweigert, 1988; Schweigert, 1993; Kolb und Seehawer, 1997; Weiss, 1998, Flachowsky, 1999 u.a.). Boss (1987) konnte nachweisen, dass bei Kühen ohne ovarielle Zysten der β -Carotin - Gehalt im Blutplasma über 2000 $\mu\text{g} / \text{l}$ betrug, während Kühe mit Zysten nur etwa 650 $\mu\text{g} / \text{l}$ aufwiesen.

Die Wirkung zur Erhaltung und Funktion von Epithelien erklärt die zahlreichen Berichte über den positiven Zusammenhang von Eutergesundheit und ausreichender β -Carotin - Versorgung (u. a. Barta et al., 1992; Pfeiffer, 1997). Chew und Johnson konnten bereits 1985 zeigen, dass die Zahl an somatischen Zellen bei einer Zulage vier Wochen vor dem Abkalben bis zur achten Laktationswoche von 53 000 IE Vitamin A 240 000 Zellen je ml Milch betrug, bei 173 000 IE Vitamin A 130 000 und bei 53000 Vitamin A plus 300 mg β -Carotin weiter absanken auf 80 000 somatische Zellen.

β -Carotin als Antioxidans

In den letzten beiden Jahrzehnten haben sich die Erkenntnisse gefestigt, dass β -Carotin ein bedeutender Faktor im antioxidativen Potential im Stoffwechsel darstellt. Diese Wirkung als Antioxidans ist eine eigenständige „Vitamin A – unabhängige“ Wirkung (Biesalski, 1992; Kolb und Seehawer, 1998; Surai, 2002). Der „oxidative Stress“ in Milchviehherden, durch Haltungs- und Ernährungsfehler ausgelöst, führt zu einem Anstieg von „freien Radikalen“, was zu erheblichen gesundheitlichen Belastungen führen kann. Die für die Milchviehhaltung negativen Einflüsse des oxidativen Stress sind im folgenden genannt:

- Immunsuppression durch Rückgang der Phagozyten, Lymphozyten und Makrophagen (auch als macrophages-burst-syndrom bezeichnet) erhöht erheblich das Entzündungspotential (Euter, Klauen, Gebärmutter) und ist immer mit einer Erhöhung des Gehaltes an somatischen Zellen verbunden.
- Schädigung der Zellmembranen infolge Durchblutungsstörungen und Verringerung der Elastizität der Bindegewebe (Euter, Klauen)

Hinweise zum Datenschutz und zur Verarbeitung Ihrer Daten finden Sie unter:

<https://www.lkvsachsen.de/footer/navi/datenschutz/erklaerung/>

- Einfluss auf die Desoxiribonukleinsäuren (DNS = DAN) und damit auf die Erbinformationen.

Dem oxidativen Potential muss ein antioxidatives Potential gegenübergestellt werden, um negative Auswirkungen zu minimieren. Zu den exogenen, mit dem Futter zuzuführenden Antioxidanzien, gehören neben den Tocopherolen (Vitamin E), den Flavonoiden und der Ascorbinsäure die Carotinoide. Während die Carotinoide Zeaxanthin und Lutein in der Geflügelnahrung nur als Farbstoffe eine Rolle spielen, ist das β -Carotin ein wirksames Antioxidans. Neben den exogenen kommen endogene Antioxidanzien vor. Für deren Eigensynthese kommt neben der Zufuhr von Zink, Kupfer, Mangan, Eisen und Schwefel dem Selen die zentrale Bedeutung zu.

Kolb (1997, 1998) gibt einen umfassenden Literaturüberblick zur Immunsuppression beim Rind durch Mangel an β -Carotin, Vitamin E und Selen, sowie zur Wirkung der Carotine, die mit Lipoproteinen in die Zellen der Tertiärfollikel und des Gelbkörpers gebracht werden und dort als Provitamin A und als Antioxidans wirken. Pfeiffer(1997) hält die Aufnahme von 300 mg β -Carotin je Tier und Tag ab 4. Laktationswoche bis etwa 3 Wochen vor dem Abkalben für notwendig, um einen Blutplasmaspiegel zu erreichen, der eine ausreichende Funktion der Abwehrzellen gegen Infektionskrankheiten gewährleistet. Um den Geburtszeitpunkt herum hält er eine β -Carotin – Aufnahme von mindestens 600 mg je Tier und Tag für erforderlich.

Transfer von β -Carotin in das Kolostrum

Der Transfer von β – Carotin ins Kolostrum findet in den letzten vier Wochen ante partum statt und ist eine wichtige Voraussetzung für die Vitamin A – Versorgung des Kalbes in den ersten Tagen nach der Geburt (Westendorf et al. 1990) und für die Vitamin A – unabhängige antioxidative Wirkung des β - Carotins. Hier wird deutlich, dass die häufig vernachlässigte β -Carotinversorgung der trockenstehenden Kühe ein wesentlicher Faktor für Schwierigkeiten in der Kälberaufzucht ist. Es genügt nicht, erst in der sog. Vorbereitungszeit 14 Tage vor dem Abkalben β -Carotin zu supplementieren. Insbesondere bei den in der letzten Zeit entwickelten Rationstypen für trockenstehende Kühe auf der Basis von Maissilage und Stroh für die einphasige Fütterung wird immer eine β -Carotin-Ergänzung notwendig sein.

Fazit

Das β -Carotin als sekundärer Pflanzeninhaltsstoff ist als einzige Quelle für die Bildung von Vitamin A im tierischen Organismus ein essentieller Bestandteil der Rationen für Wiederkäuer. Unabhängig von der Funktion als Vorstufe für Vitamin A ist β -Carotin neben Selen und Vitamin E wichtiger Bestandteil des antioxidativen Potentials im Organismus.

Der Transfer von β -Carotin vom Muttertier in den Fötus post partum und ante partum aus der Biestmilch in das frisch geborene Kalb ist ein entscheidender Faktor für die Vitamin-A-Versorgung und zur Ausprägung des Immunstatus des Kalbes.

Stand: Februar 2021