

# **Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Milchkühen**

Ausschuss für Bedarfsnormen



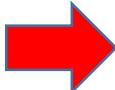
## **Ernährung und Milchzusammensetzung**

Federführend: K. Eder

# Ernährungsphysiologisch relevante Inhaltsstoffe der Milch

- Fett (Triglyceride, > 95% des Milchfetts; Phospholipide; Cholesterin)
- Protein (Casein, Molkenproteine)
- Lactose
- Mineralstoffe (Mengenelemente, Spurenelemente)
- Vitamine (fettlöslich, wasserlöslich)

## Quellen der Fettsäuren für Milchfettsynthese im Euter:

- **Fettsäuren der Eigensynthese im Euter**  
Hoher Anteil an kurz- und mittelkettigen Fettsäuren (C4-C14), Palmitinsäure (C16:0), Ölsäure (C18:1)
  - **Fettsäuren der Futterfette**  
Überwiegend langkettig (vor allem Stearinsäure, C18:0) und gesättigt, einschließlich *trans*-Fettsäuren, konjuguierten Linolsäuren (aufgrund der Hydrierung im Pansen), verzweigte Fettsäuren, Fettsäuren mit ungerader Anzahl an Kohlenstoffatomen, (nicht hydrierte) ungesättigte Fettsäuren
  - **Fettsäuren aus dem Fettgewebe**  
Überwiegend langkettig und gesättigt (vor allem Stearinsäure, C18:0)
-  Relative Anteile dieser Quellen an der Milchfettsynthese hängen von der Ernährungssituation ab

## Einflussfaktoren:

- **Verhältnis Grobfutter : Konzentratfutter**  
Grobfutter: relativ höherer Anteil an Essigsäure = Substrat für Milchfettsynthese im Euter – geringere Milchleistung: Anstieg der Milchfettkonzentration.  
Konzentratfutter: relativ höherer Anteil an Propionsäure = Insulinfreisetzung – Fettsäuresynthese ins Fettgewebe verlagert – höhere Milchleistung: Reduktion der Milchfettkonzentration.
- **Nicht-pansengeschützte ungesättigte Fettsäuren des Futters**  
Bildung von *trans*-Fettsäuren (*trans*-10 C18:1) im Pansen: Hemmung der Fettsäuresynthese im Euter = Reduktion der Milchfettkonzentration.
- **Gesättigte Fettsäuren des Futters**  
Steigerung der Milchfettsynthese = Anstieg der Milchfettkonzentration.
- **Negative Energiebilanz**  
Freisetzung von Fettsäuren aus dem Fettgewebe, erhöhtes Fettsäureangebot im Euter = Anstieg der Milchfettkonzentration.
- **Pansengeschützte konjugierte Linolsäuren (*trans*-10, *cis*-12 CLA)**  
Hemmung von Fettsäuresynthese und Aufnahme von Fettsäuren in das Euter (Lipoproteinlipase, Fettsäuretransporter) = Reduktion der Milchfettkonzentration.

## Einflussfaktoren:

### ■ Verhältnis Grobfutter : Konzentratfutter

Grobfutter: relativ höherer Anteil an Fettsäuren der Eigensynthese im Euter: Anstieg des Anteils der kurz- und mittelkettigen Fettsäuren, Reduktion des Anteils der langkettigen Fettsäuren.

Konzentratfutter: relativ geringerer Anteil an Fettsäuren der Eigensynthese im Euter: Reduktion des Anteils der kurz- und mittelkettigen Fettsäuren, Anstieg des Anteils der langkettigen Fettsäuren.

### ■ Fettsäuren des Futters

ungesättigte Fettsäuren des Futters: moderater Anstieg der Anteile ungesättigter Fettsäuren (Ölsäure, C18:1), Anstieg der Anteile an *trans*-Fettsäuren und konjugierten Linolsäuren, Reduktion des Anteils an kurz- und mittelkettigen Fettsäuren.

Grünfutter: geringfügiger Anstieg des Anteils an  $\alpha$ -Linolensäure.

### ■ Negative Energiebilanz

Reduktion des Anteils der kurz- und mittelkettigen Fettsäuren, Anstieg des Anteils der langkettigen Fettsäuren (Stearinsäure, Ölsäure).

### ■ Pansengeschützte konjugierte Linolsäuren (*trans*-10, *cis*-12 CLA)

Reduktion des Anteils der kurz- und mittelkettigen Fettsäuren, Anstieg des Anteils der langkettigen Fettsäuren.

## 2. Milchprotein: Milchproteinkonzentration

Milchproteinsynthese abhängig von der Versorgung mit dünndarmverdaulichen (sid) Aminosäuren (AA) und umsetzbarer Energie

- Energieversorgung:  
Bildung von Mikrobenprotein, Energieverfügbarkeit für Proteinsynthese im Euter,  
Glucoplastische Substrate: Freisetzung von Insulin (stimuliert Aufnahme von AA in das Euter und Proteinsynthese).
- Gehalte an Rohprotein (RDP und UDP)  
RDP: N-Quelle für mikrobielle Proteinsynthese.  
UDP: Zusätzliche Quelle für sidAA.  
sid Leucin: Stimulation der Proteinsynthese durch Aktivierung von mTOR-Signalweg.
- Pansengeschützte Aminosäuren  
Können bei Limitierung von sidAA (Lysin, Methionin) den Umfang der Proteinsynthese im Euter steigern.

## 2. Milchprotein: Zusammensetzung des Milchproteins

Milchprotein setzt sich zusammen aus:

- Casein ( $\alpha$ S1-Casein,  $\alpha$ S2-Casein,  $\beta$ -Casein,  $\kappa$ -Casein): 82%
- Molkenproteine ( $\beta$ -Lactoglobulin,  $\alpha$ -Lactalbumin, Albumin, Immunglobuline, Lactoferrin): 18%
- Anteile der einzelnen Milchproteinfraktionen wird durch die Fütterung nicht beeinflusst.
- Die Aminosäurezusammensetzung der einzelnen Proteinfraktionen ist genetisch determiniert und wird daher durch die Fütterung nicht beeinflusst.
- Aminosäurezusammensetzung des gesamten Milchproteins wird durch die Fütterung nicht beeinflusst.

### 3. Lactose (Milchzucker)

- Bildung der Lactose in den Alveolarzellen des Euters aus Glucose.
- Hochleistungskühe: Bis zu 85% der Glucose wird im Euter durch Glucosetransporter aus dem Blut extrahiert und großteils für die Lactosesynthese verwendet.
- Bildung der Glucose aus glucoplastischen Vorstufen in der Leber (Propionsäure, glucoplastische Aminosäuren, Glycerin).
- Konzentration der Lactose in der Milch weitgehend konstant, da Lactose wesentlich (zu etwa 50%) neben einwertigen Ionen ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ) zum osmotischen Druck der Milch beiträgt.
- Gesteigerte Bildung von Lactose führt nicht zu einem Anstieg der Lactosekonzentration in der Milch, sondern zu einem Anstieg der Milchmenge.

## 4. Mineralstoffe (Mengenelemente und Spurenelemente)

- Konzentrationen der Mengenelemente (Calcium, Phosphor, Natrium, Kalium, Magnesium, Chlorid) in der Milch sind weitgehend unabhängig von der Höhe ihrer Zufuhr mit dem Futter.
- Ein relativ großer Anteil von Calcium (70%), Phosphor (50%) und Magnesium (30%) in der Milch ist an Casein gebunden. Die Konzentrationen dieser Elemente nehmen daher mit steigender Proteinkonzentration nahezu proportional zu.
- Konzentrationen der meisten Spurenelemente in der Milch sind ebenfalls weitgehend unabhängig von der Höhe ihrer Zufuhr mit dem Futter.
- Die Konzentrationen an Zink, Iod und Selen in der Milch steigen in Folge einer über den Bedarf hinausgehenden Zufuhr durch das Futter moderat an.
- Eine Anreicherung von Zink, Iod, Selen durch überhöhte Gaben wird nicht empfohlen, da nur ein kleiner Teil in die Milch übergeht und der Rest ausgeschieden wird.

- Wasserlösliche Vitamine (B-Vitamine)
  - Versorgung primär durch mikrobielle Synthese im Pansen.
  - Eine über den Bedarf hinausgehende Versorgung führt zu keinen erhöhten Konzentrationen in der Milch, da Überschüsse über den Harn ausgeschieden werden.
- Fettlösliche Vitamine (Vitamine A, D, E, K)
  - Vitamine A, D, E: Höhe der Zufuhr über das Futter beeinflusst die Konzentrationen in der Milch.
  - Über den Bedarf hinausgehende Zufuhr führt zu einem moderaten Anstieg der Konzentrationen der fettlöslichen Vitamine (Transferrate ist aber sehr gering).
  - Vitamin D: Einfluss von Sonnenexposition bei Außenhaltung in den Sommermonaten (Eigensynthese).
  - Vitamin K: Versorgung primär durch mikrobielle Synthese.

## 6. Milchinhaltsstoffe zur Beurteilung der Versorgung

- Harnstoffkonzentration
  - Spiegelt die Versorgung mit CP und die RMD wider.
  - Zur Erreichung einer hohen N-Nutzungseffizienz sollten Werte unter 200 mg/l erreicht werden.
  - Länger anhaltende Werte von unter 150 mg/l deuten auf eine unzureichende CP-Versorgung hin.
- Fett-Protein-Quotient
  - Indikator der Energieversorgung.
  - Bislang: Werte von über 1,5 als Risiko für ketotische Stoffwechsellage.
  - Neuerer Vorschlag\*: Rassenabhängige Werte:  
Meiste Rassen: 1,4; Angler: 1,5; Jersey: 1,6

---

\*Glatz-Hoppe et al. (2019)

# Zusammenfassung

## Einfluss der Fütterung auf Inhaltsstoffe der Milch

Inhaltsstoff	Einfluss der Fütterung	Inhaltsstoff	Einfluss der Fütterung
Fett (Konzentration)	++	Fettlösliche Vitamine	+
Fett (Fettsäure-zusammensetzung)	+ bis ++	Wasserlösliche Vitamine	0
Protein (Konzentration)	++	Mengenelemente	(+)
Protein (Aminosäure-zusammensetzung)	0	Spurenelemente	0 bis +
Lactose (Konzentration)	0	Harnstoff Fett-Protein-Quotient	++

0: kein Einfluss +: schwacher Einfluss ++: starker Einfluss