

Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Milchkühen

Ausschuss für Bedarfsnormen

Ernährung und Milchezusammensetzung

Federführend: K. Eder

- 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, konjugierten 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 α -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 (α S1-Casein, α S2-Casein, β -Casein, κ -Casein): 82%
- Molkenproteine (β -Lactoglobulin, α -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 (Na^+ , K^+ , 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 Stoffwechsellaage.
 - Neuerer Vorschlag*: Rassenabhängige Werte:
Meiste Rassen: 1,4; Angler: 1,5; Jersey: 1,6

*Glatz-Hoppe et al. (2019)

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