

### 1.1.1.1 Interpretation der Ergebnisse des Milchkontrollberichts

#### Milchmenge und Laktationsnummer

- **Allgemeine Bedeutung:**

- Die **Milchmenge (kg/Tag)** ist ein zentraler Parameter zur Beurteilung von Leistungsfähigkeit, Fütterungseffizienz und Gesundheitsstatus einer Milchkuh.
- In Verbindung mit dem **Laktationstag** (DIM = Days in Milk) und der **Laktationsnummer** erlaubt sie Rückschlüsse auf die Physiologie und mögliche Stoffwechselprobleme.
- Die **Interpretation** muss immer in Abhängigkeit von:
  - genetischem Leistungspotenzial,
  - Rasse (z. B. Fleckvieh vs. HF),
  - Laktationsverlauf,
  - Trächtigkeitsstatus,
  - Fütterung & Management erfolgen.

- **Typischer Verlauf der Milchleistung in der Laktation:**

Laktationsphase	Tage in Milch (DIM)	Leistungscharakteristik
<b>Frischmelkphase</b>	0–30	Anstieg, Mobilisation, hohes Ketoserisiko
<b>Hochlaktation</b>	30–100	Leistungspeak, max. Energiebedarf
<b>Mittellaktation</b>	100–200	stabile Leistung, Versorgung ausgeglichen
<b>Spätlaktation</b>	>200	abnehmende Leistung, Konzentrationseffekte, Trächtigkeit

- **Laktationsnummer: Bedeutung für die Interpretation**

Laktation	Typische Eigenschaften
<b>1.</b>	spätes Leistungsmaximum, gute Persistenz, Futteraufnahme begrenzt
<b>2.</b>	steigende Leistung, bessere Futterverwertung
<b>3.–4.</b>	maximale Produktionsphase, hohe Resilienz
<b>≥5.</b>	beginnender Leistungsrückgang, häufig höhere Zellzahlen, sinkende Persistenz

- **Hormoneller Einfluss bei Trächtigkeit**

- Nach erfolgreicher Besamung wird **Progesteron** vom Gelbkörper (Corpus luteum) gebildet
- Ab ca. **Tag 21 der Trächtigkeit (p.c. post conceptionem)** hemmt Progesteron zunehmend das **Prolaktin**
- **Prolaktin** ist entscheidend für die Laktation → Hemmung führt zu **leistungsphysiologischem Rückgang**

- Ab ca. dem 3. Trächtigkeitsmonat (p.c. 90) wird der Effekt deutlich messbar

- **Interpretation der Milchmenge in Abhängigkeit von DIM & Laktation**

- **Orientierungswerte für die Milchmenge in kg pro Tag:**
  - **1. Laktation:** spätere Leistungsspitze, höhere Persistenz, geringere Futtermittelverwertung
  - **2. Laktation:** deutlich höhere Leistung, robustere Stoffwechselstabilität
  - **3.–4. Laktation:** maximale Leistung möglich, effiziente Energieverwertung
  - **≥5. Laktation:** physiologischer Rückgang, **aber hohe Wirtschaftlichkeit**, wenn **gesund** (→ „abbezahlte“ Kühe mit hoher Gewinnspanne)

Laktationsphase	1. Laktation	2. Laktation	3.–4. Laktation	≥5. Laktation
<b>Frischmelkphase (0–30 DIM)</b>	25–35	30–40	35–45	30–40
<b>Hochlaktation (30–100 DIM)</b>	35–45	40–50	45–55	40–50
<b>Mittellaktation (100–200 DIM)</b>	30–40	35–45	40–50	35–45
<b>Spätlaktation (&gt;200 DIM)</b>	20–30	25–35	30–40	25–35

- Je nach **Rasse, genetischem Potenzial** und **Herdenmanagement** können deutlich höhere Leistungen sein (v. a. in Hochleistungsherden).

- **Praxismaßnahmen bei Auffälligkeiten:**

- **Frühzeitiger Rückgang:** Energiebilanz analysieren (BHB, FEQ), Pansen-pH prüfen
- **Schlechter Peak:** Stärke- & Proteinversorgung, RNB, Futtermittelverwertung kontrollieren
- **Hohe Spätleistung:** Konzentrationseffekt beachten, Eiweiß-/Fettgehalt mitinterpretieren
- **Leistungsabfall ab 5. Lakt.:** physiologisch bedingt
  - Diese Tiere sind normal „abbezahlt“ und liefern bei guter Eutergesundheit & Fruchtbarkeit einen hohen Deckungsbeitrag.
  - Daher gezielte Selektion statt pauschaler Ausmusterung.
  - Entscheidende Kriterien: Zellzahlverlauf, Persistenz, Fruchtbarkeit.

### **Milchfett**

- **Allgemeine Bedeutung:**

- Milchfett ist ein **zentraler Indikator für Pansenfunktion**, Strukturversorgung, Energiebilanz und den Verlauf der Laktation.
- Das Milchfett wird in % der Milch angegeben

- Die **Fettsynthese** in der Milchdrüse erfolgt über **zwei Hauptwege**:
  - **De-novo-Synthese** (= vollständige Neubildung von Fettsäuren in der Milchdrüse) aus kurzkettigen Fettsäuren (Essigsäure, Buttersäure)
    - diese Fettsäuren entstehen im Pansen durch mikrobielle Fermentation
    - dienen in der Milchdrüse als Bausteine für neues Milchfett
  - **Einbau von langkettigen Fettsäuren** aus:
    - der Futterration
    - der Mobilisierung von Körperfett (v. a. bei negativer Energiebilanz)
- Die Zusammensetzung des Milchfetts spiegelt damit Pansenstabilität, Energieversorgung und Stoffwechselstatus wider.
- **Stoffwechselphysiologischer Hintergrund:**
  - Strukturreiche Rationen → stabile Pansen-pH-Werte → Förderung faserabbauender Mikroben → vermehrte Produktion von Essigsäure und Buttersäure → Substrat für de-novo-Fettsynthese → **hoher Milchfettgehalt**
  - Strukturangel (zu wenig NDF; zu feine Partikelgröße, fehlende Wiederkautätigkeit) → Zunahme schnell fermentierbarer Kohlenhydrate → pH-Abfall (< 5,8) → Hemmung der Cellulolyse (mikrobielle Aufspaltung pflanzlicher Zellwände zur VFA-Bildung) → Essigsäure sinkt, Propionat steigt → **Milchfett sinkt**
  - Negative Energiebilanz → Lipolyse (Fettabbau durch hormonelle Aktivierung der Triglyceridsplattung) im Fettgewebe → Freisetzung nicht veresterter Fettsäuren (NEFA (non-esterified fatty acids = freie Fettsäuren aus der Fettmobilisierung)) → Aufnahme durch die Milchdrüse → Einbau in Milchfett → Anstieg des Milchfettgehalts (v. a. in Frühaktation)
- **Niedriger Milchfettgehalt (< 3,8 %) – Hinweis auf Pansenazidose**
  - **Hintergrund:**
    - Strukturangel (zu wenig NDF, zu feine Partikelgröße, fehlende Wiederkautätigkeit)
    - Übermaß an schnell fermentierbarer Stärke (z. B. Gerste, Weizen, Melasse)
    - Überschuss an Propionat → hemmt Essigsäurebildung → weniger Substrat für De-novo-Fettsynthese
      - Pansen-pH sinkt (< 5,8) → Hemmung der Cellulolyse → weniger Essigsäure → Mikrobensterben möglich → **Milchfett sinkt**
  - **Typische Begleitparameter:**
    - Milcheiweiß ↑ oder =
    - FEQ < 1,1
    - Erhöhte Gefahr subklinischer Azidose: weicher Kot, reduzierte Wiederkautätigkeit, fallende Futteraufnahme

- **Praxismaßnahmen:**
  - Strukturgehalt steigern (z. B. Heu, Stroh, Maisspindelmehl)
  - Kraftfuttermenge und -verteilung optimieren
  - Pufferstoffe einsetzen (z. B. Natriumbicarbonat, Magnesiumoxid)
  - Häufigere strukturstabile Futtervorlage
  - Einsatz von Lebendhefen zur Förderung der Cellulolyse
- **Normalbereich Milchfett (4,0–4,5 %)**
  - **Bedeutung:**
    - Optimale Balance zwischen fermentierbarer Energie und Strukturwirksamkeit
    - Ausgeglichene mikrobiologische Pansenfermentation
    - Stabile Essigsäurebildung → Grundlage für konstante Milchfettsynthese
  - **Kontrollpunkte:**
    - In Kombination mit FEQ (1,1–1,4) und Milcheiweißwerten im Normbereich
    - Wiederkäutätigkeit > 55 %, Kot geformt, gering strukturierte Faser sichtbar
    - Geringe Schwankungen zwischen den Tieren → Hinweis auf stabile Futteraufnahme
- **Hoher Milchfettgehalt (> 4,5 %) – Hinweis auf Fettmobilisierung oder Strukturübersorgung**
  - **Hintergrund:**
    - Frühaktation mit starker negativer Energiebilanz
      - Mobilisierung von Körperfett
      - Anstieg von NEFA im Blut
      - Teilweise Umwandlung in Ketonkörper (v. a. BHB (β-Hydroxybutyrat = Ketonkörper aus der Leber, gebildet bei Energieunterversorgung))
      - Teilweise Einbau als langkettige Fettsäuren in Milchfett
    - Übersorgung mit strukturreichem, aber energiedünem Grundfutter
    - Konzentrationseffekt bei rückläufiger Milchmenge (v. a. in Spätaktation)
  - **Typische Begleitparameter:**
    - Milcheiweiß ↓ (→ Glukose für Laktose verbraucht)
    - BHB ↑ (> 0,15 mmol/L) → Ketosegefahr
    - FEQ > 1,5 → klarer Hinweis auf Energiedefizit

- **Praxismaßnahmen:**

- Energiedichte steigern (z. B. durch pansenstabilisiertes Fett, Glycerin, Propylenglykol)
- Ration auf ausgeglichenes Faser-Energie-Verhältnis prüfen
- Wiederkäutätigkeit sichern, aber Strukturanteil nicht überbetonen
- Body Condition Score (BCS) kontrollieren und dokumentieren

- **Zusammenschau mit weiteren Parametern**

Milchfett	Milcheiweiß	FEQ	Interpretation	Hinweis auf
↓	↑/=	<1,1	Pansenazidose	Strukturmangel
↑	↓	>1,5	Ketose, Fettmobilisierung	Energiedefizit
=	=	1,1–1,4	Ausgewogene Pansenfermentation	Optimale Versorgung

### Milcheiweiß

- **Allgemeine Bedeutung:**

- Milcheiweiß ist ein zentraler Indikator für das Verhältnis zwischen fermentierbarer Energie (jenem Anteil der Energie, der im Pansen durch Mikroben genutzt werden kann) und dem ruminal nutzbaren Protein (nXP).
- Der Eiweißgehalt der Milch wird in Prozent (%) der Milchmenge angegeben.
- Es entsteht überwiegend aus:
  - **Mikrobiellem Protein** (ca. 60–65 %) durch mikrobielle Stickstoffbindung im Pansen
  - **UDP (undegradable dietary protein)** (ca. 30–35 %), das im Dünndarm verdaut und als Aminosäuren resorbiert wird – diese stehen für körpereigene Proteinsynthese zur Verfügung, z. B. in der Milchdrüse
- Die Synthese von Milcheiweiß ist unmittelbar abhängig von der Glukoseverfügbarkeit in der Leber.

- **Stoffwechselphysiologischer Hintergrund:**

- **Glukosebedarf:**

- Die Glukoneogenese (Neubildung von Glukose) in der Leber stellt Glukose bereit – hauptsächlich aus **Propionat** (eine flüchtige Fettsäure, die beim Abbau von Stärke im Pansen entsteht).
- Diese Glukose wird **vorrangig für die Laktosebildung** benötigt, die das Milchvolumen bestimmt.
- Nur ein Glukoseüberschuss erlaubt zusätzlich die Synthese von Milcheiweiß (v. a. für Transport & Einbau von Aminosäuren).

- **Energiekosten der Glukoneogenese:**

- Pro Mol Glukose sind rund **6 Mol ATP** und mehrere NADH notwendig.
- Bei Energiemangel (z. B. zu wenig fermentierbare Kohlenhydrate, Azidose, verminderte Futteraufnahme) ist diese Energiebereitstellung **eingeschränkt**.
- **Priorisierung in der Leber:**
  - In Phasen des Energiemangels wird die Glukoseproduktion aufrechterhalten, aber **Milchproteinsynthese zugunsten lebenserhaltender Funktionen gedrosselt**.
  - Obwohl Aminosäuren vorhanden sind, fehlt es an ausreichend Glukose, um diese effizient in Milchprotein umzuwandeln. → Der Eiweißgehalt der Milch sinkt.
- **Glukosekonkurrenz zwischen Laktose und Eiweiß:**
  - Die Glukoseversorgung entscheidet, ob Milcheiweiß überhaupt aufgebaut werden kann.
  - Hochleistungskühe mit großer Milchmenge „verbrauchen“ die meiste Glukose für die Laktosebildung → **Eiweiß fällt physiologisch ab**.
- **Niedrige Milcheiweißwerte (< 3,2 %)**
  - **Hintergrund:**
    - Ein Glukosemangel führt dazu, dass trotz vorhandener Aminosäuren keine ausreichende Proteinsynthese für das Milcheiweiß stattfinden kann.
    - Die verfügbare Glukose wird vom Körper vorrangig für die Laktosebildung genutzt, da Laktose die Milchmenge bestimmt.
    - Gleichzeitig ist die Glukoneogenese (Neubildung von Glukose in der Leber) durch mangelnde ATP-Versorgung (ATP = Energieträger der Zelle) eingeschränkt.
  - **Typische Rationsursachen:**
    - Strukturüberschuss (z. B. Heu, Stroh) bei gleichzeitig geringer Stärkeaufnahme → zu wenig fermentierbare Energie
    - Maissilage mit niedrigem Energiegehalt, z. B. durch späte Ernte oder hohe Rohfaseranteile
    - Zu hoher UDP-Anteil (UDP = nicht im Pansen abbaubares Eiweiß) bei gleichzeitig negativem RNB (RNB = ruminale Stickstoffbilanz) → die Pansenmikroben erhalten nicht genügend Energie und Stickstoff
    - Kombiniertes Energie- und Proteindefizit → keine ausreichende mikrobielle Proteinsynthese im Pansen möglich
  - **Begleitparameter:**
    - Milchfett erhöht → Hinweis auf Fettmobilisierung, weil die Kuh ihren Energiebedarf aus Körperfett deckt
    - BHB ( $\beta$ -Hydroxybutyrat) > 0,10 mmol/L → Hinweis auf negative Energiebilanz, typische Folge der Fettmobilisierung

- Harnstoff entweder erniedrigt (bei echtem Proteinmangel) oder erhöht, wenn im Pansen zwar genug Protein vorhanden ist, aber zu wenig Energie zur mikrobiellen Umsetzung zur Verfügung steht
- **Praxismaßnahmen:**
  - **Stärkegehalt** in der Ration erhöhen (z. B. mit Gerste oder Körnermais) → verbessert die Propionatbildung im Pansen
  - **Stärkeverfügbarkeit beachten:**
    - **Gerste, Weizen, Triticale:** schnell fermentierbare Stärke → schnelle Propionatbildung im Pansen → rascher Glukoseanstieg
    - **Maisprodukte:**
      - **Maissilage:** enthält langsam fermentierbare Stärke → kontinuierliche Propionatbildung → längerfristige Glukoseversorgung
      - **Körnermais** (roh/gemahlen): hoher Stärkegehalt, aber langsame Fermentation → teils Bypass-Stärke, vor allem bei grober Struktur
      - **CCM** (Corn-Cob-Mix): mittlere Stärkeverfügbarkeit, fermentierbarer als reiner Körnermais, nicht technologisch behandelt
    - **Technologisch behandelte Stärke** (z. B. hydrothermisch behandelter Mais, expandierter Mais, Toastmais): hoher Anteil an Bypass-Stärke → wird im Dünndarm verdaut → liefert Glukose, aber weniger Substrat für Pansenmikroben
    - **Achtung:** Ein zuviel an Bypass-Stärke reduziert die mikrobielle Proteinsynthese im Pansen → daher nur gezielt im Hochleistungsstadium oder bei subakuter Pansenbelastung einsetzen.
  - **RNB-Wert** prüfen (ruminale Stickstoffbilanz) und ggf. verbessern, z. B. durch Sojaextraktionsschrot oder Rapsschrot
  - **UDP-Gehalt** anpassen (UDP = nicht abbaubares Futterprotein im Pansen); Ziel: < 33 % des Gesamtproteins
  - **Futtermittelaufnahme** steigern (Fresszeiten, Schmackhaftigkeit, Frischfuttermangement)
- **Normbereich Milcheiweiß (3,4–3,6 %)**
  - **Bedeutung:**
    - Ein Milcheiweißgehalt im Normbereich (3,4–3,6 %) deutet auf eine ausgewogene Energie- und Stickstoffversorgung hin.
    - Die mikrobielle Proteinsynthese im Pansen ist effizient, wodurch sowohl die Laktose- als auch die Milcheiweißsynthese auf hohem Niveau stabilisiert wird.
  - **Kontrollpunkte:**
    - Milchleistung: Bei > 45 kg Milch ist bereits 3,2 % Milcheiweiß physiologisch

- **Immer in Kombination mit:**
  - FEQ (1,1–1,4)
  - Harnstoff (15–25 mg/dl)
  - Laktationstag und -nummer
- **Hoher Milcheiweißgehalt (> 3,6 %)**
  - **Hintergrund:**
    - Konzentrationseffekt bei sinkender Milchmenge (Spätlaktation > 200 DIM (Days in Milk))
    - Glukoseverfügbarkeit höher als Bedarf → Überschuss für Proteinsynthese
    - Trächtigkeit: Laktosebildung sinkt → Glukose steht für Eiweißsynthese zur Verfügung
  - **Praxismaßnahmen:**
    - Rohproteingehalt prüfen (Ziel: 15–17 % XP in TM)
    - Bei hohem Eiweiß + Harnstoff: abbaubares Protein senken, UDP anpassen
    - Leberstoffwechsel unterstützen (z. B. Methionin, Cholin)
- **Zusammenschau mit anderen Parametern**

Milch-eiweiß	Harnstoff	Interpretation	Praxismaßnahme
↓	↓	Energie- und Proteinmangel	Energie & ruminal N erhöhen
↓	↑	Energie fehlt, Proteinüberschuss → NH <sub>3</sub> -Problem	Energie erhöhen, Protein senken
↑	↑	Proteinüberschuss bei guter Energieversorgung	Abbaubares Protein senken, UDP prüfen
↑	↓	Energieüberschuss, Protein limitiert (selten)	Mehr ruminal N (z. B. Schrote)

### Fett-Eiweiß-Quotient (FEQ)

- **Allgemeine Bedeutung:**
  - Der **Fett-Eiweiß-Quotient (FEQ)** ergibt sich aus dem Quotienten von Milchfett (%) durch Milcheiweiß (%) →  $FEQ = \frac{\text{Milchfett (\%)}}{\text{Milcheiweiß (\%)}}$
  - Er ist ein **rascher Indikator für das Gleichgewicht von Pansenfermentation und Energieversorgung** sowie ein praxisnaher Hinweis auf Stoffwechselstörungen.
  - **Typische Bereiche:**
    - **FEQ < 1,0:** Hinweis auf subakute Pansenazidose (SARA – **S**ubacute **R**uminal **A**cidosis)
    - **FEQ 1,1–1,4:** physiologischer Normbereich

- **FEQ > 1,5:** Hinweis auf negative Energiebilanz / Ketosegefahr
- **1. FEQ < 1,0 (Fett zu niedrig / Eiweiß normal oder erhöht)**
  - **Stoffwechselphysiologische Erklärung:**
    - **Pansenazidose durch Stärkeüberschuss:**
      - Rasch fermentierbare Kohlenhydrate (z. B. Weizen, Gerste, feines Schrot) senken den Pansen-pH unter 5,8 → ungünstiges Milieu für cellulolytische Mikroben.
    - **Hemmung der Milchfettsynthese:**
      - Bildung von Acetat und Butyrat (essenzielle Vorstufen für Milchfett) wird reduziert → weniger Substrat für De-novo-Fettsäuren im Euter.
    - **Trans-Fettsäuren:**
      - Bei gestörter Fermentation entstehen isomere Transfettsäuren → hemmen Enzyme der Lipogenese (z. B. Acetyl-CoA-Carboxylase).
    - **Systemische Effekte:**
      - Durch die Azidose: Histaminfreisetzung, Entzündungsreaktionen, verminderte Pansenmotilität, BCS-Verlust, Klauenrehe.
  - **Typische Ursachen:**
    - Hohe Mengen an rasch fermentierbarer Stärke (z. B. Weizen-, Maisschrot)
    - Zu wenig Struktur im Futter (kurzes Stroh, geringe NDF-Werte)
    - Futterselektion / ungleichmäßige Pansen-pH-Verläufe
  - **Begleitparameter:**
    - Fettgehalt < 3,5 %
    - Milchwahstoff evtl. erhöht (je nach RNB)
    - BCS-Verlust in Hauptlaktation
    - Gefahr von Klauenproblemen, Durchfall
  - **Praxismaßnahmen:**
    - Rohfasergehalt (NDF) erhöhen, Strukturwirksamkeit prüfen (Kauverhalten, Pansen-pH)
    - Langfaserige Bestandteile ergänzen (z. B. Heu, Stroh, Futterstroh)
    - Fermentationsgeschwindigkeit der Kraftfutterkomponenten prüfen und anpassen
    - Pansensäurepuffer erwägen (z. B. NaHCO<sub>3</sub>)

- **FEQ 1,1–1,4 (Optimalbereich)**

- **Stoffwechselphysiologische Erklärung:**

- **Ausgewogene Fermentation im Pansen:**

- Harmonisches Verhältnis von leicht fermentierbarer Stärke und strukturwirksamer Faser → stabiler Pansen-pH → optimale Mikrobensynthese.

- **Glukose- und Energieversorgung passen zur Milchleistung:**

- Propionatbildung aus Stärke deckt Glukosebedarf → Laktose- und Milcheiweißsynthese verlaufen ungestört.

- **Fett- und Eiweißgehalt stabil:**

- Keine Lipolyse nötig, keine Azidoseanzeichen → Quotient bleibt im Idealbereich.

- **Praxisbedeutung:**

- Gilt als Zielbereich in der Hauptlaktation (DIM 50–200) für gesunde Herden.

- In Verbindung mit stabilen Werten bei BHB, Harnstoff und Zellzahl Hinweis auf **gute Rationsgestaltung und Fütterungsmanagement**.

- Leistung muss berücksichtigt werden: Bei Hochleistungskühen (> 45 kg Milch) kann auch ein FEQ um 1,0 physiologisch sein.

- **FEQ > 1,5 (Fett zu hoch / Eiweiß zu niedrig)**

- **Stoffwechselphysiologische Erklärung:**

- **Lipolyse & NEFA-Anstieg:**

- Energiedefizit in Früh-laktation → Mobilisierung von Körperfett → NEFA gelangen über Blut in die Leber.

- **Verwertung in der Leber:**

- Überschüssige NEFA werden entweder:

- verestert zu Triglyzeriden (Fettlebergefahr),

- oxidiert (→ Energie),

- oder in Ketonkörper (v. a. BHB) umgewandelt → teilweise Rückfluss ins Blut und in die Milch.

- **Glukosekonkurrenz:**

- Glukoneogenese aus Propionat wird priorisiert für Laktosesynthese (Milchvolumen) → Aminosäuren stehen nicht für Proteinsynthese zur Verfügung → Milcheiweiß sinkt.

- **Insulinspiegel niedrig:**

- Fördert Lipolyse, hemmt Glukoseverwertung → verstärkt die Energieverschiebung weiter.

- **Typische Ursachen:**

- Unzureichende Energieversorgung in Früh lactation
- Zu strukturbetonte, energiedefizitäre Ration (viel Heu, wenig Getreide oder Maissilage)
- Zu geringe Futteraufnahme, zu lange Fresspausen

- **Begleitparameter:**

- BHB erhöht (> 0,12 mmol/l)
- Milcheiweiß erniedrigt (< 3,2 %)
- Fettgehalt erhöht (> 4,8 %)

- **Praxismaßnahmen:**

- Energiedichte der Ration erhöhen (z. B. mit Körnermaissilage, CCM oder energiereichem Kraftfutter)
- Fresszeiten verlängern, Futteraufnahme überprüfen
- Glukoplastische Komponenten erhöhen (z. B. Propionatquelle wie Gerste, Zucker)
- BCS-Management zur Abkalbung optimieren

- **Zusammenschau mit weiteren Parametern:**

FEQ	Interpretation	BHB	Milch-eiweiß	Milchfett	Maßnahme
> 1,5	Negative Energiebilanz / Ketosegefahr	↑ (> 0,12 mmol/l)	↓ (< 3,2 %)	↑ (> 4,8 %)	Energiezufuhr erhöhen
1,1–1,4	Idealbereich bei stabiler Fermentation	stabil	stabil	stabil	Ration beibehalten / feinjustieren
< 1,0	SARA-Risiko / zu rasche Fermentation	variabel	= oder ↑	↓ (< 3,5 %)	Strukturanteil erhöhen

## Harnstoff

- **Allgemeine Bedeutung:**

- Der Harnstoffgehalt in der Milch ist ein zentraler **Indikator für das Verhältnis zwischen fermentierbarer metabolischer Energie** (FME, jener Anteil der umsetzbaren Energie [ME], der den Mikroben im Pansen für ihre Stoffwechsellistung zur Verfügung steht) **und ruminal verfügbarem Stickstoff (RNB)**.
- Milchwarnstoff reflektiert in Echtzeit, ob die Pansenmikroben **ausreichend Energie zur Verwertung des aufgenommenen Stickstoffs (v. a. aus Rohprotein) zur Verfügung haben**.

- Harnstoff selbst entsteht in der **Leber über den Harnstoffzyklus**, wenn **Ammoniak (NH<sub>3</sub>)** aus dem Pansen nicht für mikrobielle Proteinsynthese genutzt werden kann.
- Der Milch-Harnstoff-Gehalt wird in **mg/l oder mg/dl** Milch angegeben

- **Stoffwechselphysiologischer Hintergrund:**

- **Proteinabbau im Pansen:** Futterrohprotein → mikrobielle Proteolyse (enzymatischer Abbau von Futterprotein durch Pansenmikroben) → Peptide → Aminosäuren → Ammoniak (NH<sub>3</sub>)
- **Ammoniakverwertung durch Mikroben:** Bei genügender fermentierbarer Energie → NH<sub>3</sub> + C-Skelette → mikrobielle Aminosäuren (Bakterienprotein)
- **Fehlende Energie → NH<sub>3</sub> wird absorbiert → Leber → Umwandlung in Harnstoff** (urea) (Teil des ruminohepatischen Kreislaufs) → Ausscheidung über Harn und Milch
- **Zu wenig Protein bei hoher Energiezufuhr → Stickstoffmangel im Pansen → eingeschränkte Mikrobensynthese**

- **Niedriger Milchwarnstoff (< 160 mg/l oder < 16 mg/dl)**

- **Hintergrund:**

- Mangel an ruminal verfügbarem Rohprotein bei gleichzeitig hoher FME
- Stickstofflimitierte Mikrobensynthese → eingeschränkte Verwertung der Energie
- Energieüberschuss ohne N → Glukoseüberschuss → vermehrte Fettbildung (z. B. als Körperfett bei begrenzter Milchbildungskapazität oder unzureichender Aminosäurenverfügbarkeit), aber reduzierte Eiweißproduktion

- **Typische Ursachen:**

- Zu niedriger XP-Gehalt
- Ration mit hohem Anteil an Mais, Getreide oder Zuckerrüben (viel Stärke, wenig N)
- Einseitige Fütterung ohne Ergänzung von Schrot (z. B. Weizen-/Maisschrot ohne Soja)

- **Begleitparameter:**

- **Milcheiweiß ↓**

- → Energieüberschuss ohne begleitende Aminosäurenversorgung (v. a. zu wenig ruminaler N, UDP)
- → Glukose wird primär für Laktosebildung genutzt (osmotischer Treiber der Milchmenge)
- → Ohne ausreichend Aminosäuren keine Proteinsynthese in der Leber möglich
- → Folge: trotz Energie kein Anstieg des Milcheiweißes

- Energieüberschuss kann nicht in Milch umgesetzt werden (z. B. bei limitierter Proteinzufuhr, fehlenden Aminosäuren oder genetisch begrenztem Milchbildungsvermögen)
  - → Gefahr der Fettanlagerung steigt → höhere Körperkondition (BCS)
  - → In der Folgelaktation: **BHB** ↑ (vermehrte Mobilisierung von NEFA) → Risiko für **Ketose** ↑
- **Praxismaßnahmen:**
  - Ergänzung von ruminal verfügbarem Protein (Sojaextraktionsschrot, Rapsschrot, Harnstoff)
  - **RNB prüfen → Zielbereich: -2 bis +2 g/kg TM**
    - **Vorteile eines leicht negativen RNB (-2 bis 0 g/kg TM):**
      - Minimale Ammoniakproduktion → geringere Leberbelastung durch Harnstoffsynthese
      - Geringeres Risiko für erhöhte Harnstoffausscheidung über Milch und Harn
      - Besonders sinnvoll bei niedriger bis mittlerer Leistung und begrenztem Proteinbedarf (zur maximalen Ausnutzung des im Pansen vorhandenen Stickstoffs)
    - **Vorteile eines leicht positiven RNB (0 bis +2 g/kg TM):**
      - Sicherstellung ausreichender NH<sub>3</sub>-Verfügbarkeit für Mikroben → maximale mikrobielle Proteinausbeute
      - Wichtig bei Hochleistungskühen mit hoher Passagerate und kurzer Pansenverweildauer
      - Günstig bei proteinarmen Grobfuttern oder niedrigen UDP-Gehalten (verbessert die mikrobielle Aktivität und Faserausbeute durch ausreichende NH<sub>3</sub>-Verfügbarkeit)
  - Proteingehalte in den TM-Bilanzen erhöhen (auf 16–17,5%)
- **Optimaler Milchharnstoff (160–240 mg/l oder 16–24 mg/dl)**
  - **Bedeutung:**
    - Gutes Gleichgewicht zwischen fermentierbarer Energie und Stickstoffverfügbarkeit
    - Effiziente mikrobielle Eiweißsynthese → gute N-Ausnutzung
    - Kein unnötiger N-Verlust → geringe Umweltbelastung, geringere Leberbelastung
  - **Kontrollpunkte:**
    - Zielwerte gelten für Herdenmilch (nicht Einzeltiere!)

- Schwankungen > 50 mg/l an aufeinanderfolgenden Tagen → auf Futterqualität, Fressverhalten, Tränkwasser prüfen
- Hohe Milchleistung → Zielbereich tendenziell im oberen Drittel (220–240 mg/l):
  - Hohe Milchleistung → höhere Futterraufnahme → mehr Gesamtstickstoffumsatz → mehr NH<sub>3</sub> → tendenziell höherer Milchwahnhstoff (auch bei optimalem RNB)
- **Hoher Milchwahnhstoff (> 240 mg/l oder > 24 mg/dl)**
  - **Hintergrund:**
    - Proteinzufuhr übersteigt das mikrobielle Verwertungspotenzial
    - Zu wenig Energie für effiziente Stickstoffbindung → Ammoniaküberschuss → Harnstoffsynthese in der Leber
    - Leberbelastung steigt → potenziell eingeschränkte Glukoneogenese → Risiko für Ketose ↑
  - **Typische Ursachen:**
    - Zu hoher Rohproteingehalt in der Ration (> 17,5% XP)
    - Einsatz von leicht löslichen Proteinen (Harnstoff, Frischgras, junge Luzerne, zu viel Eiweißfuttermittel)
    - Ungleichgewicht durch zu geringe fermentierbare Energie bei gleichzeitig hoher Eiweißzufuhr (z. B. durch übermäßige Mengen an Soja-, Raps-, Sonnenblumen- oder Kürbispresskuchen sowie Körnerleguminosen wie Erbse, Lupine, Ackerbohne)
  - **Begleitparameter:**
    - Milcheiweiß = oder ↑ (bei ausreichender Energieversorgung)
    - BHB meist = oder ↓ (in aktueller Laktation, keine typische Ketoseneigung bei N-Überschuss)
    - Kot wechselhaft oder dünn (mögliche Fehlgärungen durch unausgeglichene Fermentation)
  - **Praxismaßnahmen:**
    - Rohproteingehalt auf 15–16% absenken
    - RNB überprüfen, negatives RNB vermeiden
    - UDP-Gehalt erhöhen, leicht lösliche Proteinquellen reduzieren
    - Struktur- und Stärkegehalt prüfen → Pansenverweildauer verbessern

- **Zusammenschau mit weiteren Parametern:**

Milch-harnstoff	Milch-eiweiß	Interpretation	Maßnahme
↓	↓	Protein- und Energieunterversorgung	Energie & N erhöhen
↓	↑/=	Energieüberschuss ohne N (sehr selten)	N ergänzen (nur bei negativem RNB, sonst Ammoniak-Gefahr), RNB gezielt anpassen
↑	↓	N-Überschuss ohne Energie → mikrobielle Ineffizienz	Energie erhöhen, Protein senken
↑	↑	Gesamt-N zu hoch → mikrobielle Sättigung → Leberbelastung	XP absenken, UDP-/RNB-Verhältnis prüfen

- **Zusatz: Bedeutung für Umwelt und Fruchtbarkeit:**

- Hohe Harnstoffwerte → erhöhter N-Verlust über Urin → Ammoniakemissionen (Luft, Gülle)
- Fruchtbarkeitsprobleme (z. B. pH-Anstieg im Uterus, verringerte Embryoüberlebensrate, erhöhte Endometritis- und Zystenwahrscheinlichkeit bei chronisch erhöhtem Harnstoff)
- Ziel: wirtschaftliche N-Verwertung und Umweltentlastung durch optimierte Fütterung

- **Empfohlene Zielwerte nach Laktationsphase:**

Laktationstag (DIM)	Harnstoffzielwert (mg/l)
<b>0–60 (Frühlaktation)</b>	190–230
<b>60–200 (Hauptlaktation)</b>	200–240
<b>&gt; 200 (Spätlaktation)</b>	180–220

### Zellzahl (Somatische Zellen pro ml Milch)

- **Allgemeine Bedeutung:**

- Die Zellzahl gibt die Anzahl somatischer Zellen (= körpereigene Zellen v. a. Leukozyten, abgestoßene Epithelzellen aus dem Eutergewebe) in der Milch an.
- Sie ist ein zentraler Indikator für die Eutergesundheit und ein früher Hinweis auf subklinische oder klinische Mastitis.
- Je nach Höhe der Zellzahl können Aussagen zur Entzündungsaktivität, Euterschaden und Hygienestatus getroffen werden.
- Zellzahl: Anzahl somatischer Zellen pro ml Milch (Zellen/ml); im Kontrollbericht üblicherweise in Tausenderschritten dargestellt (z. B. '150' = 150.000 Zellen/ml).

- **Orientierungsbereiche:**

- **< 100.000 Zellen/ml:**
  - Hinweis auf sehr gute Eutergesundheit und geringe Erregerbelastung

- typisch für gesunde Kühe in stabilen Beständen mit gutem Hygienemanagement
- **Bei Zellzahlen im Bereich < 30.000–50.000 Zellen/ml:**
  - weiterhin typischer Bereich gesunder Tiere
  - Studien zeigen, dass auch niedrige Zellzahlen ein Hinweis auf eine reduzierte lokale Immunaktivität oder eingeschränkte Zellregeneration sein können
  - betrifft v. a. ältere Kühe oder Tiere mit wiederholten Infektionen
- **100.000–200.000 Zellen/ml:**
  - physiologisch unauffälliger Bereich
  - mögliche Hinweise auf leichte Irritation oder beginnende Entzündungsprozesse
  - häufig bei Kühen am Laktationsende oder in Hochlaktation mit sehr hoher Milchleistung
  - Zellanzahlanstieg kann durch erhöhten Zellumsatz und milchmengenbedingte Reizung entstehen – kein zwingender Hinweis auf Infektion
- **200.000–500.000 Zellen/ml:**
  - subklinische Mastitis wahrscheinlich (entzündlicher Prozess ohne sichtbare Symptome)
  - meist keine sichtbaren Veränderungen im Eutersekret, aber immunologische Abwehr aktiviert
  - Rückschluss auf persistente (länger bestehende) oder neu erworbene Infektionen möglich
- **> 500.000 Zellen/ml:**
  - hohe Wahrscheinlichkeit für klinische oder chronische Mastitis
  - meist mit sichtbaren Veränderungen der Milch (Flocken, wässrig, Verfärbung)
  - Symptome wie Schmerz, Rötung und Zitzenveränderungen typisch
  - Risiko für bleibende Euterschäden steigt deutlich
- **Stoffwechselphysiologische Bedeutung:**
  - Erhöhte Zellzahlen sind Ausdruck einer Immunreaktion – Leukozyten wandern aus dem Blut ins Eutergewebe ein.
  - **Aktivierung der zellulären Abwehr**
    - **Makrophagen:** sogenannte „Fresszellen“, die Erreger und Zelltrümmer im Eutergewebe aufnehmen und zerstören
    - **Neutrophile Granulozyten:** schnell rekrutierte Abwehrzellen, die durch Phagozytose und Enzyme aktiv gegen Erreger vorgehen

- **Aktivierung der lokalen Immunabwehr**
  - Immunzellen schütten entzündungsverstärkende Botenstoffe (sog. Mediatoren bzw. Zytokine, z. B. Interleukine wie IL-1, TNF- $\alpha$ ) aus
  - fördern Einwanderung weiterer Abwehrzellen und steigern Durchlässigkeit der Gefäße
- **Lokaler Stress im Euterepithel** → gestörte Barrierefunktion der Epithelzellverbindungen im Euter (Tight Junctions) → Erreger und Giftstoffe können ins Eutergewebe eindringen → entzündliche Gewebeschädigung mit möglicher Thrombosebildung
- **Typische Ursachen:**
  - Infektion mit Mastitiserregern (Streptococcus uberis, Staph. aureus, E. coli etc.)
  - Verletzungen / Reizungen (z. B. durch Melkfehler, Zitzenverletzungen, Schmutzeintrag)
  - unzureichende Stallhygiene (Laufgänge, Liegeboxen, Einstreu) → erhöhter Keimdruck
  - Beginn oder Ende der Laktation (typisch durch hormonelle Umstellung, Stress, Konzentrationseffekte)
- **Begleitparameter:**
  - **Leitfähigkeit:**
    - erhöht bei akuter Mastitis durch Anstieg von Na<sup>+</sup> und Cl<sup>-</sup> in der Milch
    - Hinweis auf gestörte Ionenbarriere des Euterepithels
  - **Laktosegehalt:**
    - sinkt bei entzündlicher Schädigung der Milchdrüsenzellen
    - durch gestörte Barrierefunktion der Epithelzellverbindungen im Euter (Tight Junctions) wird Glukose aus dem Synthesebereich entzogen, da sie ins Zwischenzellgewebe oder zurück ins Blut diffundieren kann und vermehrt von Immunzellen für deren Energiebedarf genutzt wird → reduzierte Verfügbarkeit für die Laktosesynthese
  - **Milcheiweißgehalt:**
    - bei starker Entzündung oft Anstieg des **gemessenen** Eiweißgehalts durch vermehrte Immunglobuline, **trotz eingeschränkter Caseinsynthese**
      - Glukose wird verstärkt zur Immunabwehr verwendet
      - zusätzlich durch gestörte Barrierefunktion der Epithelzellverbindungen im Euter (Tight Junctions) aus dem Synthesebereich entzogen
      - **verfügbare Glukose wird vorrangig für Laktosesynthese verwendet**, Caseinsynthese wird zurückgeregelt
      - **der Anstieg des Milcheiweißes beruht daher primär auf Immunglobulinen**, nicht auf höherer Syntheseleistung der Milchdrüse

- **Praxismaßnahmen:**

- **Bei > 200.000 Zellen/ml:**

- gezielte Eutergesundheitsdiagnostik
      - z. B. Viertelgemelksproben, zytologische Milchuntersuchung („Zytobotschaft“ = Differenzierung der Zellarten in der Milch zur Entzündungsdiagnose)
    - Hygienekontrolle im Melkstand und in den Liegeboxen
    - Zitzendippmittel, Melkmaschinenwartung, Kuhkomfort prüfen

- **Bei > 500.000 Zellen/ml:**

- Einzeltierscreening, Behandlungskonzept mit Tierarzt abstimmen
    - Selektives Trockenstellen erwägen
    - ggf. selektive Remontierung (gezielter Austausch von Tieren mit chronisch hohen Zellzahlen)
    - bei chronischem Zellzahlanstieg trotz Behandlung: auf persistente Erreger (Biofilm), Rückinfektion oder Melktechnikfehler prüfen

- **Zusammenschau mit weiteren Parametern:**

Zellzahl	Leitfähigkeit	Laktose	Interpretation
< 100.000	normal	normal	optimale Eutergesundheit
100.000– 200.000	normal bis leicht ↑	stabil bis leicht ↓	möglicher Reiz, Übergangsbereich
200.000– 500.000	erhöht	leicht ↓	subklinische Mastitis wahrscheinlich
> 500.000	stark erhöht	deutlich ↓	klinische oder chronische Mastitis wahrscheinlich (mit sichtbaren Symptomen wie Flecken, Rötung, Schmerz)

### Keimzahl

- **Allgemeine Bedeutung:**

- Gibt die Anzahl lebender Mikroorganismen (Bakterien, Hefen) in der Milchprobe an
  - Wird in koloniebildenden Einheiten (KBE) pro ml gemessen
  - Wird normal von der Tankmilch (gesamte Herde) untersucht
  - Zentraler Indikator für die Hygiene im gesamten Melkprozess (Melkgeschirr, Vorreinigung, Kühlhygiene)
  - Hohe Werte = Hygienemangel in der Melkkette oder bei Lagerung
  - Keimzahl: Anzahl lebensfähiger Mikroorganismen pro ml Milch (KBE/ml); im Kontrollbericht üblicherweise in Zehntausendern dargestellt (z. B. '5' = 50.000 KBE/ml).

- **Orientierungsbereiche:**

- **< 50.000 KBE/ml:**
  - Sehr gute Melkhygiene
  - Optimaler Zustand des Melkgeschirrs und des Euters
  - Keine Lagerprobleme der Milch
- **50.000–100.000 KBE/ml:**
  - noch akzeptabel, aber erhöhte Wachsamkeit nötig
  - möglicherweise sporadische Reinigungsfehler
  - häufig bei automatischer Melktechnik, wenn Reinigung nicht 100 % effizient
- **> 100.000 KBE/ml:**
  - ungenügende Reinigungswirkung
  - Stärkerer Umwelteintrag über Liegeflächen oder schmutzige Zitzen
  - Problematische Lagerbedingungen (z. B. langsame Abkühlung)

- **Typische Ursachen:**

- mangelnde Reinigung von Melkzeug, Leitungen, Tank
- zu lange Zwischenzeiten zwischen Melkdurchgängen
- unzureichende Vorreinigung der Zitzen (kein Vormelken, keine Zitzenvorreinigung)
- schlechte Stallhygiene (nasse, kotverschmutzte Liegeboxen → Keime auf der Zitzenhaut möglich)
- verzögerte Milchkühlung oder Temperaturschwankungen

- **Praxismaßnahmen:**

- Reinigung und Desinfektion der Melktechnik prüfen und ggf. optimieren
- Zitzenvorbereitung verbessern: Vormelken, Reinigung, saubere Tücher
- Stallhygiene kontrollieren: besonders Liegeflächen, Klauenpflege, Luftfeuchte
- Milch schnell und ausreichend herunterkühlen (< 6 °C innerhalb 2 Stunden)
- Reinigungsprotokolle bei Melkrobotern kontrollieren (Spezialprogramme für Schläuche, Bürsten etc.)

### **BHB ( $\beta$ -Hydroxybutyrat)**

- **Allgemeine Bedeutung:**

- **BHB** ist ein **Ketonkörper**, der in der **Leber** bei **Energieunterversorgung** aus mobilisiertem Körperfett entsteht.
- Er stellt eine **Ersatzenergiequelle** für Zellen dar, v. a. für Gehirn, Herz und Muskel.

- BHB kann sowohl im **Blut** als auch in der **Milch** gemessen werden:
  - **Milch-BHB** = indirekt, gut für Herdenmonitoring
  - **Blut-BHB** = direkt, präzise für Einzeltiere

- **Stoffwechselphysiologischer Hintergrund:**

- Bei **negativer Energiebilanz** mobilisiert die Kuh Körperfett → **NEFA** steigen im Blut
- NEFA → Leber → entweder **oxidiert (Energie)** oder **in BHB umgewandelt**
- Bei starker Mobilisation entsteht **subklinische oder klinische Ketose**

- **Typische Schwellenwerte: Milch-BHB & Blut-BHB**

BHB-Zustand	Milch-BHB (mmol/l)	Blut-BHB (mmol/l)	Interpretation
<b>Normalbereich</b>	< 0,10	< 1,0	keine Ketose, ausgeglichene Energiebilanz
<b>beginnende Mobilisation</b>	0,10–0,15	1,0–1,4	negative Energiebilanz, subklinische Ketose
<b>subklinische Ketose</b>	> 0,15	1,4–1,6	gesteigerte Leberbelastung
<b>klinische Ketose</b>	> 0,25	> 1,6	deutlicher Energiemangel, Symptome möglich

- **Typische Begleitparameter:**

Parameter	Veränderung bei Ketose
<b>Milchfett</b>	↑ (> 4,8%) – Fettmobilisation
<b>Milcheiweiß</b>	↓ (< 3,2%) – Glukose fehlt für Synthese
<b>FEQ</b>	> 1,5 – Ungleichgewicht Fett zu Eiweiß
<b>Futteraufnahme</b>	↓ – frühes klinisches Zeichen
<b>BCS</b>	sinkt – v. a. bei Frischmelker

- **Praxismaßnahmen:**

- Frühkontrolle (Tag 5–15 p.p.) mit Keto-Test (Milch oder Blut)
- Propylenglykol: 300–400 ml/Tag oral (5–7 Tage) als Glukosequelle
- Futteraufnahme stabilisieren: Frischfutter, strukturreich, schmackhaft
- Rationskontrolle: Stärkegehalt, NDF, pH-Stabilität
- BCS vor Kalbung optimieren (Ziel: 3,25–3,5) → verringert Ketoserisiko

## Laktosegehalt

### • Allgemeine Bedeutung:

- Laktose = Milchzucker, Hauptkohlenhydrat der Milch, wird in % der Milch angegeben
- **Osmotisch aktive Substanz:**
  - Laktose bestimmt den osmotischen Druck in den Alveolen der Euterepithelzellen
  - Je mehr Laktose synthetisiert wird, desto mehr Wasser wird in die Milch gezogen
  - Dadurch wird das **Milchvolumen direkt durch die Laktosemenge beeinflusst**
- Wird in der Euterepithelzelle aus **Glukose** synthetisiert
- Normalbereich: **4,7–4,9 %**
- Wird nur indirekt durch Fütterung beeinflusst, sie reflektiert vor allem die **Eutergesundheit** und den **Energiehaushalt**
  - Hohe Energiegehalte in der Ration (z. B. > 7,0 MJ NEL/kg TM) steigern die Glukoseverfügbarkeit
  - Mehr Glukose → mehr Laktosesynthese → mehr Laktose → höheres Milchvolumen
  - Trotz höherer Laktosebildung durch bessere Energieversorgung bleibt der **prozentuale Laktosegehalt stabil**, da sich gleichzeitig das Milchvolumen erhöht

### • Stoffwechselphysiologischer Hintergrund:

- Glukosebedarf für Laktosebildung hat **hohe Priorität** (wichtiger als für Eiweiß oder Fett)
- Bei **Entzündung** des Euters:
  - Tight Junctions zwischen Epithelzellen werden durchlässiger
  - Glukose diffundiert unkontrolliert in Interzellularraum und steht für die Laktosesynthese nicht mehr zur Verfügung
  - Energie für Laktosesynthese fehlt, gleichzeitig Laktoseverlust → **Laktosegehalt sinkt**

### • Interpretation typischer Werte:

- **< 4,5 %:**
  - Hinweis auf subklinische oder klinische Mastitis
  - Häufig in Kombination mit erhöhter Zellzahl
  - Frühindikator bei beginnender Euterentzündung
  - Möglich auch bei Stoffwechselstress (z. B. negative Energiebilanz)
- **4,7–4,9 % (Normbereich):**
  - Gesunde Eutertätigkeit
  - Kein Hinweis auf entzündliche Prozesse

- Glukoseversorgung ausreichend
- **> 5,0 %:**
  - Selten, eher methodisch bedingt (Messfehler, sehr junge Milch)
  - Kein klarer pathologischer Befund
- **Typische Ursachen für niedrige Werte:**
  - Zelluläre Euterveränderung durch Entzündung (Störung der Epithelbarriere)
  - Akute Belastung des Energiestoffwechsels (z. B. Frischmelker)
  - Immunreaktion: Glukoseverbrauch für Immunzellen statt für Milchbildung

- **Zusammenschau mit weiteren Parametern:**

Laktose	Zellzahl	Interpretation
< 4,5 %	> 200.000	Euterentzündung wahrscheinlich (subklinisch/klinisch)
< 4,5 %	< 200.000	evtl. Frischmelker, Immunstress, Energiemangel
4,7–4,9 %	< 100.000	gesunde Eutertätigkeit, stabile Stoffwechsellage

- **Praxismaßnahmen:**

- Bei Laktoserückgang Zellzahlkontrolle durchführen
- Eutergesundheit überprüfen (z. B. Viertelgemelksprobe)
- Energiestatus analysieren (BHB-Wert, Futteraufnahme, Milchmenge)
- Bei Frischmelkern: Fütterung engmaschig kontrollieren, Ketoseprophylaxe
- Immununterstützende Maßnahmen: Mineralstoff- und Spurenelementversorgung prüfen

## Milchleitfähigkeit

- **Allgemeine Bedeutung:**

- Die Milchleitfähigkeit misst die **elektrische Leitfähigkeit** der Milch (in  $\mu\text{S}/\text{cm}$  = Mikrosiemens pro Zentimeter)
- $1 \text{ mS}/\text{cm} = 1.000 \mu\text{S}/\text{cm}$
- Hauptsächlich beeinflusst durch den Gehalt an **Ionen** (v. a. Natrium, Chlorid)
- **Anstieg = Hinweis auf Euterschäden** (v. a. Entzündung)
- Wird vor allem bei automatischen Melksystemen (AMS) genutzt
- Moderne Systeme wie z. B. Lely A5 oder DeLaval VMS können grundsätzlich einen sehr breiten Bereich messen – z. B.  $1.000\text{--}10.000 \mu\text{S}/\text{cm}$ 
  - **typische Messwerte** bei Milchkühen liegen praxisnah meist zwischen **5.400–6.400  $\mu\text{S}/\text{cm}$**

- **Normalbereich (technisch und praxisbezogen):**

- Typischer Praxiswert bei gesunden Kühen: 5.400–6.200  $\mu\text{S}/\text{cm}$
- Relativ zu Kuh, Laktation, Euterviertel und Zellzahl zu beurteilen
- Einmalig hohe Werte sind nicht automatisch pathologisch – Verlaufskontrolle wichtig
- Bewertung erfolgt pro Euterviertel:
  - Ein einzelnes Viertel mit deutlich erhöhter Leitfähigkeit gegenüber dem individuellen Referenzwert der Kuh (z. B. Anstieg von 5.800 auf  $> 6.200 \mu\text{S}/\text{cm}$ ) kann bereits auf eine beginnende Entzündung hinweisen – auch wenn die anderen Viertel unauffällig sind.

- **Physiologischer Hintergrund:**

- **Bei gesunden Eutern:**
  - Aktiver Ionentransport durch Epithelzellen reguliert die Zusammensetzung der Milch (v. a. Ionen wie  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ )
  - Geringe Konzentration von  $\text{Na}^+$  und  $\text{Cl}^-$  → niedrige Leitfähigkeit ( $\text{K}^+$  und  $\text{Ca}^{2+}$  spielen eine untergeordnete Rolle, da ihr Gehalt bei Entzündung weniger stark ansteigt)
- **Bei entzündeten Eutern:**
  - Entzündungsmediatoren stören die Funktion der Tight Junctions → Barrierefunktion der Epithelien geschwächt
  - → Passive Diffusion von  $\text{Na}^+$  und  $\text{Cl}^-$  aus dem Interstitium in die Milch
  - → Erhöhter  $\text{Na}^+/\text{Cl}^-$ -Gehalt erhöht die elektrische Leitfähigkeit deutlich

- **Interpretation typischer Werte:**

- **$< 6.200 \mu\text{S}/\text{cm}$ :**
  - Kein Hinweis auf akute Euterveränderungen
  - Gesunde Eutergesundheit wahrscheinlich
- **$6.200\text{--}6.500 \mu\text{S}/\text{cm}$ :**
  - Verdacht auf subklinische Mastitis
  - Kontrolle der Zellzahl und Viertelgemelke empfohlen
- **$> 6.500 \mu\text{S}/\text{cm}$ :**
  - **Beginnende klinische Mastitis:** meist ab ca.  $6.500\text{--}7.000 \mu\text{S}/\text{cm}$
  - **Starke, akute Entzündungen:** oft  $> 7.000\text{--}9.000 \mu\text{S}/\text{cm}$
  - **Chronische Mastitiden:** ggf. nur leicht erhöht
  - Sofortige Überprüfung des betroffenen Euterviertels notwendig

- **Typische Ursachen für erhöhte Leitfähigkeit:**

- Infektiöse Euterentzündung (Streptokokken, Staphylokokken)
- Mechanische Reizung oder Verletzung der Zitze
- Fehlerhafte Melktechnik (z. B. Vakuump Probleme, fehlerhafter Linerwechsel = zu seltenes, oder nicht normgerechtes Austauschen der Zitzengummis, was zu Reizungen oder ungleichmäßigem Melken führen kann)
- Mangelnde Zitzenhygiene (Streureste, Kot, nasse Einstreu)

- **Zusammenschau mit Zellzahl, Laktose und Leitfähigkeit:**

Zellzahl (x 1.000/ml)	Laktose (%)	Leitfähigkeit ( $\mu\text{S/cm}$ )	Interpretation
> 200	< 4,5	> 6.500	<b>Klinische Mastitis</b> wahrscheinlich
> 200	< 4,5	6.200–6.500	<b>Subklinische Entzündung</b> wahrscheinlich
100-200	< 4,5	5.800–6.500	<b>Frischmelker</b> , Immunstress oder Energiemangel
< 100	4,7–4,9	< 5.800	<b>Gesunde Eutergesundheit</b> , stabile Stoffwechsellage

- **Praxismaßnahmen:**

- Viertelgemelksprobe nehmen bei anhaltender Erhöhung
- Zitzenkondition und Melktechnik kontrollieren
- Hygienemanagement im Melkstand/Liegeboxen überprüfen
- Euterpflege (z. B. Pflegebalsam bei gereizten Zitzen)
- Bei klinischem Verdacht: Veterinärärztliche Abklärung und Behandlung