

Kühen; in der Betriebskategorie 100 bis 200 Kühe fand jedoch die größte Aufstockung statt. Der Anteil der Milchkühe in Betrieben mit über 100 Kühen lag bei 18,5 %.

In Ostdeutschland stieg in 2004 die mittlere Herdengröße der MLP-Betriebe auf 205,5 Kühe an. Die größte Aufstockung erlebte die Kategorie über 500 Kühe, in der inzwischen 34 % aller Milchkühe gehalten werden.

Wenn sich dieser Entwicklungstrend fortsetzt, wird es im Jahr 2010 in Deutschland noch etwa 77.000 Milchkuhhalter mit 3,95 Mio. Milchkühen geben. Überall wird es zur beschleunigten Nutzung moderner Haltungsverfahren kommen. Die Durchschnittsherde in Bayern und Baden-Württemberg hätte dann im Jahre 2010 etwa 35, diejenige in Nordwestdeutschland etwa 60, und die Durchschnittsherde in den neuen Bundesländern über 180 Milchkühe.

2 Milchbildung, Milchgewinnung und Milchqualität

2.1 Euter und Milchbildung (W. Brade)

2.1.1 Entwicklung und Wachstum der Milchdrüse

Die Milchdrüse (Euter, Mamma) ist eine spezialisierte *Hautdrüse*. Das milchbildende Gewebe wird schon beim Embryo angelegt (unabhängig vom Geschlecht). Entwicklung und Wachstum des Euters vollziehen sich in mehreren Phasen: Fötal-, Pubertäts-, Trächtigkeitsphase.

Mit dem Eintreten der Geschlechtsreife kommt es im weiblichen Tier - hormonell gesteuert - zur weiteren Ausbildung der Drüse. Für eine vollständige Entwicklung der Milchdrüse sind daher intakte Eierstöcke (= Ausschüttung von Follikelhormonen) und eine voll funktionsfähige Hirnanhangdrüse (= Hypophyse) erforderlich. Die eigentliche Ausreifung der Milchdrüse erfolgt mit dem Eintritt der ersten Trächtigkeit.

2.1.2 Aufbau der Milchdrüse

Das Euter der Kuh besteht aus vier voneinander getrennten Vierteln (= Drüseneinheiten). Jede dieser Drüseneinheiten besitzt eine Zitze („Strich“), in die das „Zisternensystem“ einleitet.

Die Milchdrüse ist durch elastische Bindegewebsbänder (sogenannte Faszien) an der Bauchwand aufgehängt. Vor allem zwei starke Faszien, die von der gelben Bauchhaut abspalten, umfassen die beiden Euterhälften, die gleichzeitig dadurch vollständig voneinander getrennt werden. Zusätzlich umfasst eine unter der Haut liegende elastische Kapsel straff das ganze Euter. Von dieser Kapsel dringen Bindegewebszüge in das Euter ein und bilden so ein fein gegliedertes Bindegewebsgerüst.

Ein überproportionaler Anteil des Bindegewebes - zu Ungunsten des Drüsenanteils - führt zu dem unbeliebten „Fleischeuter“. Dieses lässt sich durch seine derbe Konsistenz relativ leicht ertasten.

Eine Überdehnung des Aufhängeapparates, der zu den so genannten durchgeschossenen Eutern (= Pendeleutern) führt, kann durch eine gezielte Vorbereitungsfütterung auf die Laktation (zumindest in Grenzen) vorgebeugt werden (vgl. Kapitel „Fütterung“). Die Beachtung der Euterform und -größe im Züchtungsprozess findet hier - aufgrund möglicher Störungen der Blutversorgung und Abfluss der Lymphe sowie eines höheren Risikos für Euter- und Zitzenverletzungen - seine Berechtigung. Dazu kommen weitere Störungen im Rahmen des Melkvorganges.

Die eigentliche Milchbildung erfolgt in den Epithelzellen der Alveolen. Die Alveolen stellen die Grundeinheit des gesamten Drüsenkörpers dar. Alveolen haben einen Durchmesser von etwa 0,1 bis 0,25 mm und weisen eine charakteristische Bläschenform auf. Ein Drüsenläppchen umfasst zwischen acht und 120 Alveolen.

Das Innere einer Alveole besitzt eine einzelne Schicht sekretorischer Epithelzellen (Abb.1). Neben dem einschichtigen Drüsenepithel sind die Basalmembran sowie kontraktile Myoepithelzellen zu nennen. Der Hohlraum (Lumen) der Alveolen mündet in der Regel in einen eigenen Ausführungsgang. Die Myoepithelien kontrahieren unter dem Einfluss von *Oxytozin*, und pressen so die von den Epithelzellen in das Lumen der Alveolen abgegebene Milch in das milchabführende Röhrensystem der Milchdrüse.

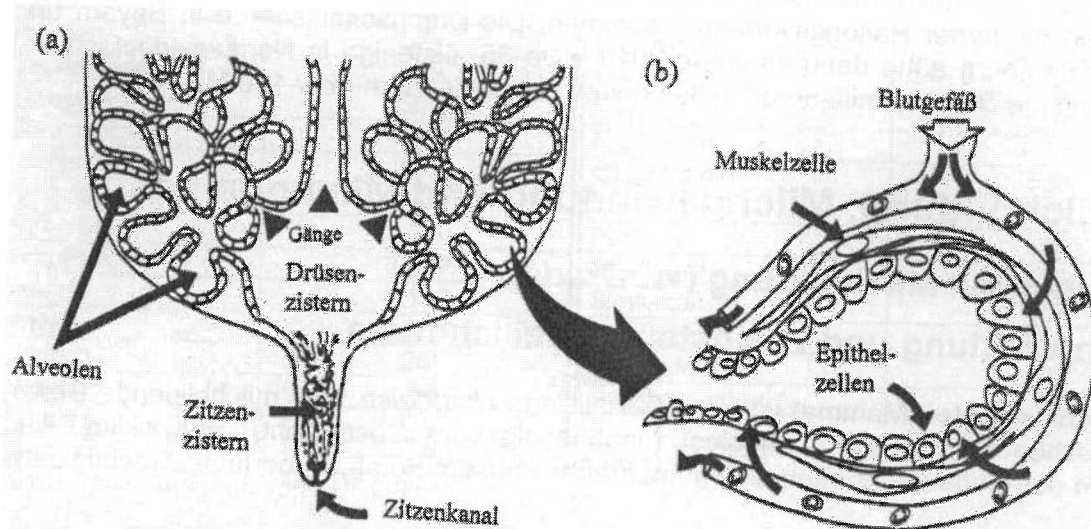


Abb. 1: Querschnitt durch eine Milchdrüse (a) und eine Alveole (b)

Quelle: Harding, 1995 (modifiziert)

Die in den Alveolen gebildete Milch wird in der Zisterne („Milchsammelraum“) gesammelt und kann dann durch den Zitzen- bzw. Strichkanal nach außen abgegeben werden.

Die enorme Stoffwechselleistung des Euters, speziell seiner Drüsenzellen, erfordert eine ständige Blutversorgung. Für die Erzeugung von 1 l Milch müssen etwa 500 l Blut das Euter durchfließen (Tab. 4).

Tab. 4: Blutflüsse bei einer Hochleistungskuh (45 l Milch/Tag)
(Orientierungswerte)

Blutmenge je l Milch durch die Milchdrüse: ~ 500
Blutmenge je Tag durch Milchdrüse: 25.000 l bzw. 25 t
Durchschnittliches Herzminutenvolumen: 64 l
Herzvolumen pro Tag: ~ 100.000 l

Die Sicherstellung der ständigen Blutversorgung erfolgt durch ein umfangreiches Blutgefäßsystem. Drei große Gefäßsysteme sichern den arteriellen Zufluss (Karg und Claus, 1984):

- die äußere Schamarterie (Hauptarterie)
- die Schenkelspaltarterie (Nebenarterie)
- die Milchdrüsenarterie (versorgt von 2 Nebenarterien der vorderen Bauchwandarterie).

Das venöse Blut wird durch drei große Blutgefäße wieder abgeführt:

- die äußere Schamvene
- die Bauchhautvene, auch „Milchader“ genannt
- die Schenkelspaltvene (spezieller Ast der inneren Schamvene).

Das Fassungsvermögen der abführenden Venen übertrifft das der zuführenden Arterien deutlich. Eine Verminderung der Strömungsgeschwindigkeit des Blutes im Euter ist die Folge, die wiederum einen effektiven Stoffaustausch sicherstellt.

2.1.3 Endokrine Grundlagen

Mit dem Blut werden auch Hormone transportiert, die zur Regulation der Euterfunktionen beitragen. Diese Hormone werden in unterschiedlichen endokrinen Drüsen des Körpers gebildet (z. B. Hypophyse, Schilddrüse etc.) und zu den verschiedensten Organen einschließlich des Euters befördert. So erfolgt beispielsweise die strukturelle Entwicklung der Milchdrüse unter dem Einfluss verschiedener Östrogene, des in den Gelbkörpern (Corpora lutea) gebildeten Progesterons und des Wachstumshormons bST (= bovines Somatotropin). Das Insulin stimuliert u.a. die Entwicklung des milchbildenden Epithels. Das Prolaktin (abgeleitet vom lateinischen Wort für Milch „lac“), das eine gewisse strukturelle Ähnlichkeit mit dem bST hat, ist für die Auslösung der Laktation bzw. deren Aufrechterhaltung erforderlich. Für die Verteilung der zugeführten Nährstoffe spielt das bST eine Schlüsselrolle. Es fördert die Fettmobilisierung (= Lipolyse) und führt über vermehrte Glukose-Mobilisierung zu einer erhöhten Laktose-Synthese und Milchleistung. Die Laktogenese (=Einsetzen der Laktation) wird zum Geburtszeitpunkt durch den Anstieg der Prolaktin- und der ACTH-Sekretion (ACTH = adrenokortikotropes Hormon) stimuliert. Die Glukokortikosteroide sind an der Entwicklung der für die Synthese der Milchhaltsstoffe notwendigen Organellen der milchbildenden Zellen (Alveolarzellen) beteiligt und fördern die Glukoneogenese (Neubildung von Glukose). Bei Abnahme des Glukosegehaltes im Blutplasma nimmt die Milchbildung ab. Schließlich wird die Abgabe der Milch aus der Milchdrüse (Ejektion) durch das Hormon Oxytozin stimuliert.

2.1.4 Milchbildung

Die Vorgänge der Milchbildung sind weitestgehend geklärt. Jede milchbildende Zelle im Drüsengewebe erbringt alle Syntheseleistungen im Rahmen der Milchbildung. Milch wird im Euter kontinuierlich gebildet. Etwa 2/3 der Milchmenge ist - bei 12-h-Zwischenmelkzeit - als Alveolarmilch vorhanden, während 1/3 in der Zisterne enthalten ist. Die meisten Milchbestandteile werden in der Milchdrüse synthetisiert, nur wenige treten aus dem Blut in die Milch über.

Die **Laktose** ist der charakteristische **Milchzucker**, der praktisch ausschließlich in der Milchdrüse vorkommt. Laktose ist ein Zweifachzucker (= Disaccharid), der aus den beiden Monosacchariden, Galaktose und Glukose, aufgebaut wird. Die Laktose wird in den Alveolarzellen der Milchdrüsen - hauptsächlich aus der mit dem Blut an das Euter herangeführten Glukose - gebildet. Nur ein kleiner Teil wird aus Essigsäure- bzw. Propionsäureresten oder auch aus desaminierten Aminosäuren aufgebaut (vgl. Kapitel „Fütterung“).

Die Laktose bedingt den süßen Geschmack der Milch. Für die Milchbildung jedoch entscheidender ist, dass Laktose - neben einigen Mineralstoffen - osmotisch wirksam ist. Die in das Alveolenlumen abgegebene Laktose „zieht Wasser nach“, so dass das osmotische Gleichgewicht wieder hergestellt wird. Die Laktose ist so an der Regulierung der erzeugten Milchmenge mitbeteiligt.

Laktosetoleranz/-intoleranz bei Menschen: Um die Laktose aufzuspalten und die beiden Zucker verwerten zu können, wird ein Enzym benötigt, die **Laktase**. Dieses Enzym ist auf der äußeren Oberfläche der Zellen der inneren Darmwand des Menschen zu finden, wo die

Spaltung zu Glukose und Galaktose stattfindet, bevor die Zucker von den Darmzellen aufgenommen werden. Ohne Laktase verbleibt die Laktose also ungespalten im Darm. Dieses Disaccharid bindet nun aber wiederum Wasser, das vom Körper nicht aufgenommen werden kann; außerdem bauen die Bakterien der Darmflora das Disaccharid teilweise zu Kohlendioxid ab. Wenn die Laktose nicht durch Laktase gespalten wird, sind Durchfall und Blähungen die unangenehmen Folgen. Da Laktose nur in der Milch vorkommt, wird die Laktase eigentlich nur im Säuglingsalter zur Verdauung benötigt. Deshalb ist der menschliche Körper üblicherweise darauf programmiert, die Herstellung der Laktase im zweiten bis dritten Lebensjahr einzustellen. Menschen mit Laktosetoleranz bilden aber auch im Erwachsenenalter genügend Laktase, um die Laktose der Milch verdauen zu können. Sie gehören aber einer Gruppe an, die nur im eurasischen Raum, insbesondere im nördlichen und mittleren Europa, zu finden ist. Asiaten oder Afrikaner stellen üblicherweise die Bildung von Laktase im Darm nach dem Säuglingsalter ein. Sie zeigen deshalb eine **Laktoseintoleranz** mit den oben beschriebenen Unannehmlichkeiten (vgl. Schmidt, 2003).

Das **Milchfett** wird in der Milchdrüse aus Fettsäuren und Glycerin aufgebaut. Die kurzkettigen, die mittelkettigen und die Fettsäuren, die 14 bis 16 C-Atome (=Kohlenstoff-Atome) enthalten, werden nahezu ausschließlich aus im Pansen gebildeten kurzkettigen Fettsäuren (z.B. Essigsäure) aufgebaut. Die langkettigen Fettsäuren mit 16 oder mehr C-Atomen werden aus langkettigen Fettsäuren des Blutes gebildet. Da die Ausgangsstoffe für die *Fettsynthese* somit im Wesentlichen von den Pansenmikroben beim Kohlenhydratabbau erzeugt werden, besteht ein direkter Zusammenhang zwischen Futterration, Pansenfunktion und Milchfettsynthese (vgl. Kapitel „Fütterung“).

Das Milcheiweiß entsteht aus Aminosäuren, die durch das Blutplasma in das Euter gelangen. Die Eiweißsynthese wird genetisch gesteuert. Innerhalb der verschiedenen Proteinfractionen treten i. d. R. mehrere genetische Varianten auf. Die zugeführten Aminosäuren werden vor allem im Pansen mikrobiell gebildet. Die **Kaseine**, das **β -Laktoglobulin** und das **α -Laktalbumin** werden erst in der Milchdrüse synthetisiert. Alle dafür erforderlichen essentiellen Aminosäuren, die zum Aufbau dieser **Proteine** in der Milchdrüse notwendig sind, werden dem Blut entnommen. In der Milchdrüse selbst gebildet werden die Aminosäuren Tyrosin und teilweise Alanin. Im Unterschied zu den oben genannten Proteinen werden demgegenüber das **Serumalbumin** und die **Immunglobuline** direkt dem Blut entnommen. Gleichfalls werden Vitamine und Mengen- und Spurenelemente aus dem Blut übernommen.

2.1.5 Milchzusammensetzung

Milch genießt als Nahrungsmittel ein hohes Ansehen. Sie enthält nahezu alle essentiellen Nahrungsfaktoren in ausreichenden Mengen. Milch ist eine Öl-in-Wasser-Emulsion, d.h. das Fett ist in Form kleinster Fettkügelchen im Milchserum verteilt; Zucker, Salze und Eiweiße liegen gelöst vor. Für die weiße Farbe der Milch sind sowohl das Milchfett als auch die Kaseinfraction der Milch verantwortlich. Die winzigen Fettkügelchen reflektieren ebenso wie das Kasein das einfallende Licht.

Die Zusammensetzung der Milch weist deutliche Unterschiede zwischen den Rassen auf, die sich vor allem auf den Milchfett- und Milcheiweißgehalt (weniger auf den Laktosegehalt) beziehen. Daneben sind deutliche Veränderungen in der Zusammensetzung der Milch im Verlauf der Laktation zu nennen. Die entscheidendsten Komponenten der Milch stellen die Milchproteine (2,8 bis 4,2 %), das Milchfett (3,0 bis 7,0 %) und die Laktose (4,6 bis 5,0 %) dar. Daneben enthält Milch wichtige Mineralstoffe, aber auch Vitamine und Hormone. Von den stickstoffhaltigen (= N-haltigen) Verbindungen der Milch entfallen etwa 5 % des Stickstoffs auf die Nichtproteinverbindungen (= NPN, z.B. in Form von Harnstoff, freien Aminosäuren, Phospholipiden) und etwa 95 % auf die verschiedensten Milchproteine. In der Tabelle 5 sind einige Orientierungswerte für die Kuhmilch genannt:

Tab. 5: Hauptbestandteile der Kuhmilch
(Orientierungswerte für Holsteins)

Kenngröße	%
Trockensubstanz	12,0 bis 12,8
Gesamteiweiß	3,0 bis 3,7
Kaseine	2,4 bis 2,8
Fett	3,1 bis 4,8
Laktose	4,6 bis 4,8
Asche	~ 0,8

Eine Übersicht über die stickstoffhaltigen Verbindungen der Milch wird in Abbildung 2 gegeben.

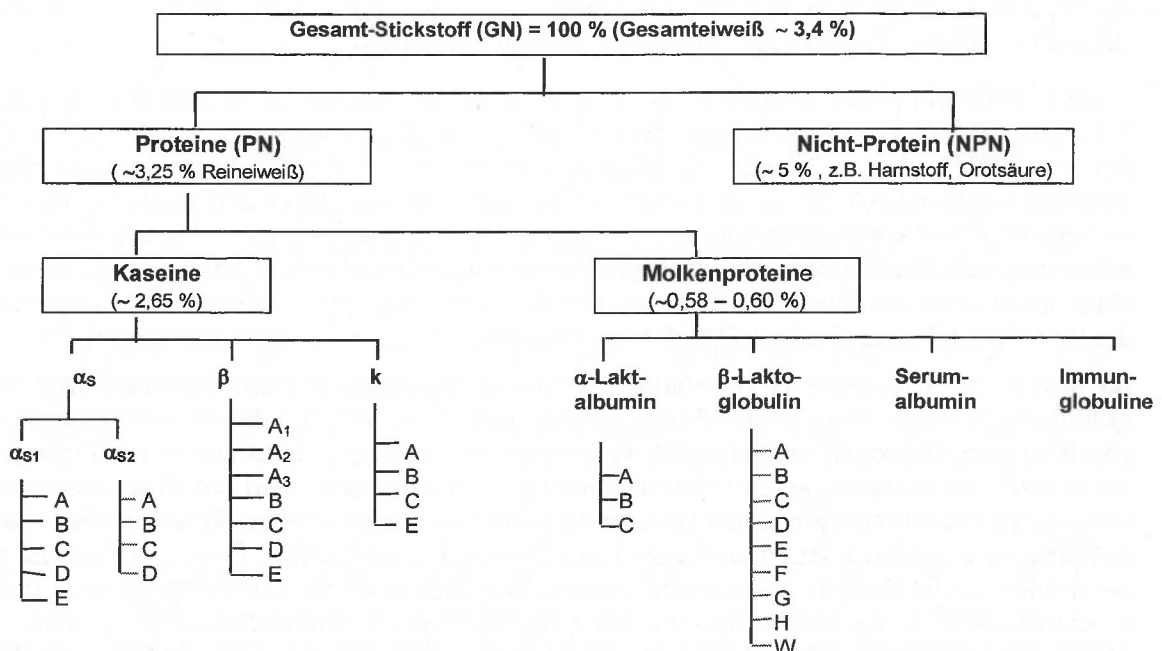


Abb. 2: Wichtige stickstoffhaltige Verbindungen in der Milch (Übersicht)

Die Milchproteine lassen sich vereinfacht in zwei Gruppen einteilen: Kaseine und Molkenproteine.

Die Kaseine sind eine sehr heterogene Gruppe. Sie fallen bei einem pH-Wert von etwa 4,6 und 20 °C aus und bilden die Grundlage für die Käseerzeugung. Zu den Molkeproteinen gehören neben dem α -Laktalbumin und dem β -Laktoglobulin das Serumalbumin und die Immunglobuline. Die Molkenproteine Laktalbumin und Laktoglobulin sind hitzeempfindlich. Die Kaseine sind generell hitzestabiler als die Molkenproteine.

[Warum sind Proteine überhaupt wärmeempfindlich? Die Funktionen und Eigenschaften eines Proteins werden von seiner räumlichen Struktur bestimmt. Die Peptidketten der meisten Proteine bilden feste (aber nicht starre) dreidimensionale Strukturen aus. Bei Zufuhr von Wärme werden die Bewegungen der Atome im Protein immer stärker. Von einer bestimmten Temperatur an ist diese Bewegung so groß, dass sich einige der „schwachen“ chemischen Bindungen lösen, die für die Strukturhaltung wichtig sind. Das Protein verliert dadurch seine ursprüngliche Gestalt, es „denaturiert“ und wird unlöslich - wie man es am Eiklar eines Spiegeleis gut beobachten kann. Bei welcher Temperatur ein Protein denaturiert, hängt von seiner Zusammensetzung ab (vgl. Schmidt, 2003). Enthält es sehr viele die Struktur stabilisierende Disulfidbrücken, wie z. B. das Keratin im Haar, dann kann es einer Erwärmung länger widerstehen.]

Molkenproteine denaturieren bei einer Temperatur von ca. 74 °C. Wenn man also Milch über diese Temperatur hinaus erhitzt, dann werden einige dieser Disulfidbrücken der Molkenproteine gespalten. Zusätzlich entsteht Schwefelwasserstoff. Dieser trägt zum typischen Geschmack gekochter Milch bei. Die Molkenproteine werden durch das Denaturieren aber nicht unlöslich, da die Bildung „komplexer“ Verbindungen mit Kaseinen ihr Ausfallen verhindert. Nur an der Oberfläche kochender Milch verdunstet so viel Wasser, dass die Komplexe wegen ihrer hohen Konzentration ausfallen und eine „Haut“ von unlöslichen Proteinen bilden.

[Zum Geschmack gekochter Milch trägt noch eine weitere Verbindung bei: **Methional**, ein Produkt der Aminosäure Methionin (Schmidt, 2003). Es entsteht nicht nur beim Erhitzen von Milch. Schon die Energie von Lichtstrahlen reicht aus, um die Bildung von Methional zu aktivieren. Zusätzlich werden Vitamine zerstört, wenn man Milch erhitzt oder dem Licht aussetzt. Milch sollte deshalb grundsätzlich in lichtundurchlässigen Gefäßen wie braunen Glasflaschen oder Pappbehältern aufbewahrt werden, um die Inhaltsstoffe zu schützen (Schmidt, 2003).]

Zu vermerken bleibt, dass ein hoher genetischer Polymorphismus (= Vielgestaltigkeit) für die verschiedenen Kaseine oder das β -Laktoglobulin vorliegt. Auch ist die Häufigkeit der zugehörigen verschiedenen Gene (=Allele) in den einzelnen Rassen unterschiedlich. Die verschiedenen Varianten der polymorphen Milchproteinogenorte sind somit mögliche Kenngrößen zur Charakterisierung von Rassen und deren Verwandtschaften

Für das k-Kasein (= kappa-Kasein) (mit 4 differenzierten Allelen (A, B, C und E) und somit $2^4 = 16$ mögliche Genkombinationen) konnte gezeigt werden, dass der Genotyp BB Vorteile in der „Hartkäseausbeute“ besitzt. Zusätzlich führt die Variante k-Kasein BB, im Vergleich zur Variante k-Kasein AA, zu einer wesentlich kürzeren Gerinnungs- und Verfestigungszeit sowie zu einer höheren Festigkeit der Labgallerte. Da gleichzeitig auch technologische Bearbeitungsmöglichkeiten bekannt sind, die Gerinnungseigenschaften von schlecht gerinnender Milch zumindest anheben, relativieren sich diese Vorzüge zum Teil wieder. Sie bleiben bedeutungslos, falls die erzeugte Milch nicht gezielt zur Käseproduktion verwendet wird.

Da sich Fett mit Wasser nicht mischt, liegt es in der Milch in Form feinsten Tröpfchen vor („Öl-in-Wasser-Emulsion“). Die Fettkugeln enthalten im Inneren kristallines Butterfett, das von flüssigem Butterfett umgeben ist. Das Verhältnis zwischen kristalliner und flüssiger Phase ist temperaturabhängig. Zur Stabilisierung dieser Emulsion, sind die Tröpfchen von einer kompliziert zusammengesetzten Hülle umgeben. Sie dient gleichzeitig dazu, die Kügelchen in Schwebe zu halten. Auch wird damit ein Aufrahmen verhindert. Fette gehören zu den so genannten hydrophoben (= „wasserfürchtenden“) Substanzen. Die Fetttropfen der Milch werden bereits in der Milchdrüse mit einer hydrophilen (= „wasserliebenden“) Hülle „ausgerüstet“. Die milchbildenden Zellen der Milchdrüse umhüllen die Fette mit einer Membran, welche unter anderem Phospholipide enthält. Die Phospholipide wirken dabei als *Emulgatoren*, die sich mit ihren hydrophilen Phosphatgruppen zum Wasser und mit ihren hydrophoben Anteilen zum Fett ausrichten (Schmidt, 2003).

Der Durchmesser der Fettkügelchen beträgt zwischen 2,5 und 5 (10) μm . In einem Milliliter Milch finden sich zwischen zwei und sechs Mio. Fettkügelchen, deren Membranen zusammen gerechnet etwa 0,8 m^2 ausmachen (Kielwein, 1988). Aufgrund der Feinverteilung wird den fettspaltenden Verdauungsenzymen eine große Oberfläche „zur Verfügung gestellt“, so dass das Milchfett im menschlichen Darm schnell abgebaut werden kann.

Das *Milchfett* stellt keine einheitliche chemische Substanz dar (Tab. 6).

Tab. 6: Wichtige Fettsäuren im Gesamtfett der Kuhmilch und ihr prozentualer Anteil

Gesättigte Fettsäuren	chemische Struktur	%
Buttersäure	$C_4H_8O_2$	3,2
Capronsäure	$C_6H_{12}O_2$	0,6
Caprylsäure	$C_8H_{16}O_2$	1,0
Caprinsäure	$C_{10}H_{20}O_2$	2,9
Laurinsäure	$C_{12}H_{24}O_2$	4,8
Myristinsäure	$C_{14}H_{28}O_2$	11,8
Palmitinsäure	$C_{16}H_{32}O_2$	27,4
Stearinsäure	$C_{18}H_{36}O_2$	10,4
Einfach ungesättigte Fettsäuren		
Myristoleinsäure	$C_{14}H_{26}O_2$	1,8
Palmitoleinsäure	$C_{16}H_{30}O_2$	2,6
Ölsäure	$C_{18}H_{34}O_2$	22,9
Mehrfach ungesättigte Fettsäuren		
Linolsäure	$C_{18}H_{32}O_2$	3,6
Linolensäure	$C_{18}H_{30}O_2$	1,1

Quelle: Kielwein (1988, gekürzt)

Die Zusammensetzung des Milchfettes ist charakterisiert durch einen relativ hohen Gehalt an niederen und mittelkettigen Fettsäuren. Das bewirkt den niedrigen Schmelzpunkt und die gute Verdaulichkeit.

Das Milchfett setzt sich generell aus gesättigten und ungesättigten Fettsäuren zusammen. Der Anteil ungesättigter Fettsäuren ist für die Streichfähigkeit der Butter bedeutsam. Er ist von der Energiebilanz der Milchkuh und der Fütterung abhängig. So genannte konjugierte Linolsäuren (= *englisch: conjugated linoleic acids; kurz: CLA*) finden - aufgrund ihrer antikanzerogenen (= Krebsentwicklung hemmenden) Eigenschaften - zunehmendes Interesse. Milch von Wiederkäuern weist relativ hohe CLA-Gehalte auf (siehe Kapitel „Fütterung“).

Allerdings unterliegt der CLA-Gehalt in der Milch und den Milchprodukten einer außerordentlich hohen Variation.

Im Milchfett sind fettlösliche Vitamine (vor allem Vitamin A) enthalten. Daneben ist das Fett Träger der Aromastoffe, die den für die Milch charakteristischen Geschmack ausmachen.

Der Gehalt an *fettlöslichen Vitaminen* in der Milch ist – vergleichsweise gegenüber den wasserlöslichen Vitaminen – von der Fütterung und Haltung der Tiere abhängig. Im Durchschnitt rechnet man mit einem **Vitamin-A-Gehalt** von 120 bis 150 I.E. pro 100 ml Milch.

Somatische Zellzahl der Milch: Die Milch gesunder Tiere enthält im Mittel 50.000 bis 100.000 Zellen/ml. Der Zellgehalt der Milch ist somit Indikator für die Eutergesundheit und gleichzeitig milchqualitätsbestimmender Faktor. Zahlreiche Einflussfaktoren (Mastitis auslösende Faktoren [z.B. Infektionserreger], stressauslösende Faktoren [z.B. Futterumstellung], physiologische Faktoren [z.B. Laktationsstadium], Rasse, genetische Veranlagung) bestimmen den Zellgehalt der Milch (Tab. 7):

Tab. 7: Einflüsse auf den Zellgehalt der Milch

Mastitisauslösende Faktoren
- Infektionserreger
- Toxine (Gifte)
- Traumata (Gewalteinwirkungen)
Physiologische/pharmakologische Faktoren
- Laktationsstadium u. Alter
- Futterinhaltsstoffe
- Milchfraktion bzw. Ausmelkgrad
- Arzneimittel
Stressauslösende Faktoren
- Futterumstellung
- Transport u. Haltungsverfehlungen
- Temperatur u. Jahreszeit
Spezifische Umweltfaktoren
- Haltungsförm/-bedingung
- Melktechnik
- Managementniveau
Genetischer Background
- Rasse
- Genotyp (innerhalb der Rasse)
- Genetische Veranlagung für Melkbarkeit/ Euterform

Quelle: Heesch (1994); ergänzt

Die Hauptzellarten (Granulozyten, Makrophagen und Lymphozyten) sind dabei dominierend. Im Verlauf einer Euterentzündung kommt es zu einer massiven Einschwemmung vor allem der Leukozyten aus dem Blut in die Milch. Ihr Anteil kann sich deshalb auf über 90 % erhöhen.

Zu erwähnen bleibt schließlich, dass die Zellzahl in verschiedenen Milchfraktionen [Vor-, Haupt- bzw. Nachgemelk] unterschiedlich ist (Tab. 8).

Tab. 8: Zellzahl und elektrische Leitfähigkeit der Milch in verschiedenen Milchfraktionen

Fraktion (Gewinnung)	Abkürzung	Zellzahl (SCC) (log ₁₀ /ml)	Leitfähigkeit (mS/cm)
erste Milchstrahlen (Hand)	FIM	4,80	
Vormilch (nach FIM mit Hand)	FOM	4,54	5,08
Hauptgemelk (Maschine)	F-1	4,66	5,03
	F-2	4,59	5,11
	F-3	4,65	5,13
	L-3	4,93	4,99
	L-2	5,06	4,93
	L-1	5,22	4,85
Nachgemelk (Hand)	SM	5,29	4,64

Quelle: Hamann u. Gyödi (1999)

Die Untersuchung der Zellzahl in praxi erfolgt auf verschiedenen Ebenen mit unterschiedlicher Zielsetzung:

Ebene: Viertelanfängsgemelk

- => zytobakteriologische Untersuchungen
- => Diagnostik

Ebene: Einzelgemelk

- => tierindividuelles Gesundheitsmonitoring
- => Zellzahl des Gesamtgemelks/MLP

Ebene: Tanksammelmilch

- => Sicherung einer hohen Güteklasse (Güteklasse 1)
- => Beurteilung des Gesundheitszustandes der Herde

„Mastitis“-Milch weist nicht nur eine deutlich erhöhte Zellzahl auf. Es sinkt gleichzeitig auch der Laktosegehalt.

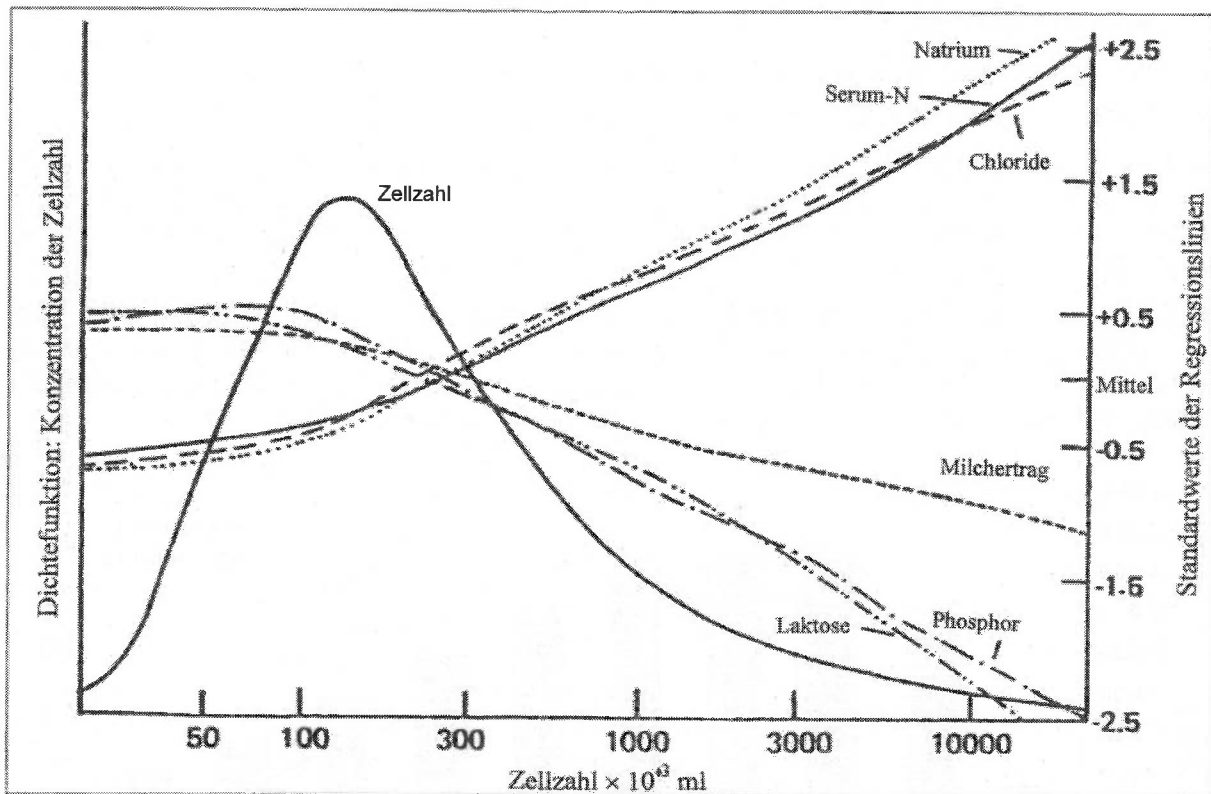


Abb. 3: Veränderung einiger Milchbestandteile in Abhängigkeit von der Zellzahl
(entnommen: Reichmuth u.a., 1992)

Durch die Veränderung der Durchlässigkeit der Blutgefäße bzw. Zellwände verändert sich das Anionen-Kationen-Niveau (Na^+ , K^+ , Cl^-) und infolgedessen die Leitfähigkeit. Der pH-Wert ist erhöht (Abb. 3).

2.1.6 Weitere Einflüsse auf die Milchleistung und -zusammensetzung

Neben der genetischen Veranlagung der Kuh bezüglich Milchleistung und Milchzusammensetzung sind zahlreiche weitere Einflüsse wie das Betriebsmanagement, der Kuhkomfort, die Qualität der Milchgewinnung, die praktizierte Fütterung, die Gesundheit des Tieres und sonstige zu nennen. Die Milchleistung und Zusammensetzung der Milch wird nicht nur von der Fütterung während der Laktation, sondern bereits von der Fütterung während der Aufzucht beeinflusst. Sie sind wesentlicher Teil des so genannten Herdeneffektes, der in der Zuchtwertschätzung berücksichtigt wird (vgl. Kapitel „Züchtung“).

Die Fütterung während der Laktation ist zweifellos einer der wesentlichsten Einflussfaktoren auf die Milchleistung und -zusammensetzung. Eine der erblichen Veranlagung der Kuh angemessene Milchleistung kann nur bei ausreichender Energie-, Protein- und Mineralstoff-

versorgung erhalten werden. Zu den sonstige Einflüssen gehören: das Alter, der Kalbmonat, die Zwischenkalbezeit, der Trächtigkeitszustand oder die Körpermasse der Milchkuh.

Laktationskurve und Alter der Kuh: Die Milchdrüse besitzt eine unterschiedliche Leistungsfähigkeit im Laktationsverlauf. Nach dem Abkalben steigt die Milchsekretion relativ schnell an. Sie erreicht 6 bis 8 Wochen nach dem Kalben einen Höhepunkt. Ein Abfall setzt - konstante Umweltbedingungen vorausgesetzt - nach dem 3. Laktationsmonat ein.

Nach der Milchleistung ist die Nutzungsdauer das wirtschaftlich bedeutsamste Merkmal in der Milchkuhhaltung. Die Wirtschaftlichkeit einer Kuh ist keinesfalls mit drei Laktationsleistungen erreicht (Abb. 4). Während ein hohes Leistungsvermögen auch eine effiziente Futterumwandlung widerspiegelt, kommt es bei einer langen Nutzungsdauer u.a. zu folgenden wünschenswerten Zusatzeffekten:

- volle Ausnutzung des altersbedingten Leistungsmaximums
- Reduzierung der anteiligen Aufzuchtkosten.

Neben der separaten Angabe der Laktationsleistung für Milchmenge oder Milchfettgehalt kann als Maßstab die *FCM-Leistung* (fat corrected milk) angegeben werden. International üblich ist die Bestimmung der FCM-Leistung nach folgender Formel: $FCM (kg) = \text{Milchmenge (kg)} \times 0,4 + \text{Fettmenge (kg)} \times 15$.

Der Energiegehalt pro Einheit Milch (kg) korreliert eng mit dem Fettgehalt. Durch die Angabe der FCM-Leistung wird eine bessere Vergleichbarkeit unterschiedlicher Leistungshöhen erreicht. Auf ähnlicher Basis basiert die Ermittlung der *energiekorrigierten Milch* (EKM). Die EKM-Leistung ist gleichfalls eine standardisierte Milchmenge mit etwa 4 % Fett.

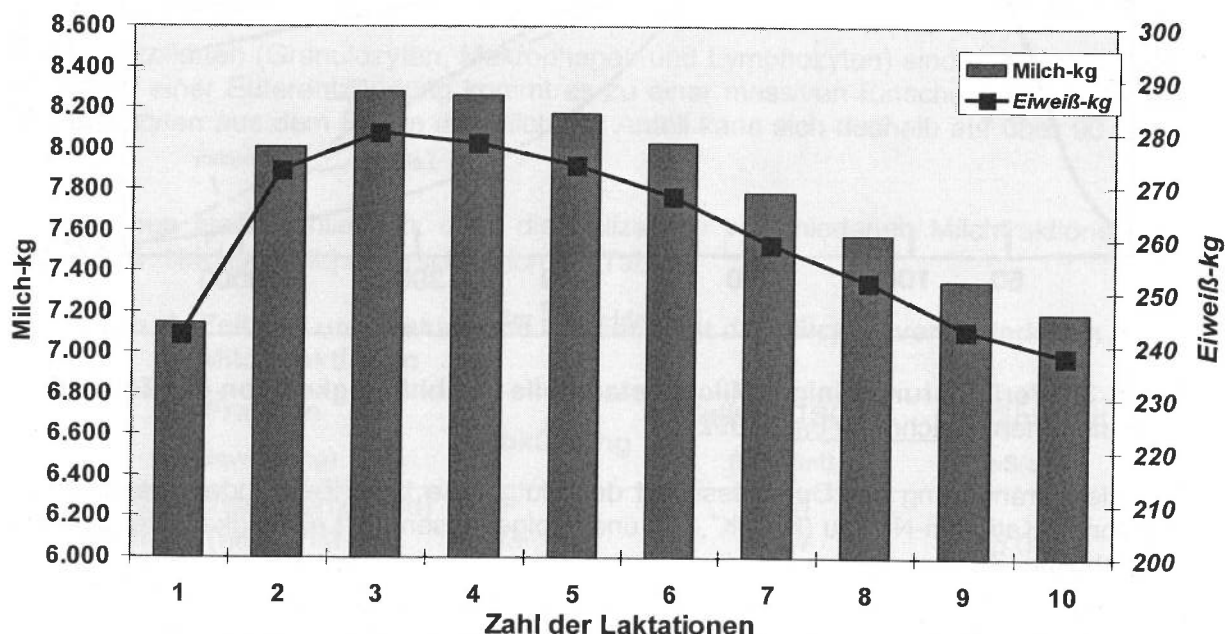


Abb. 4: Leistung von HF-Kühen in Niedersachsen in verschiedenen 305-Tage-Laktationen (Prüfjahr 2000/2001)

2.1.7 Kolostralmilchperiode

Das unmittelbar nach der Geburt von der Milchdrüse abgegebene Sekret ist die so genannte Kolostralmilch, die aufgrund ihres besonders hohen Gehaltes an Karotinen von gelblicher Farbe ist. Kolostralmilch weicht in ihrer Zusammensetzung erheblich von der Normalmilch ab. Kolostralmilch – gerinnt infolge ihres hohen Globulin- und Albumingehaltes - beim Kochen!

Zu erwähnen bleibt der hohe Gehalt der Kolostralmilch an zelligen Elementen, speziell an Leukozyten. Auch ist - im Falle einer Infektion der Milchdrüse - ein Ausscheiden von Infektionserregern mit der Kolostralmilch möglich.

Die Kolostralmilch darf nicht in den Handel gebracht werden!

Kolostralmilch ist Kälberfutter. Der Gehalt der Kolostralmilch an Immunglobulinen ist der nachgeburtlichen Kälberernährung angepasst. Sie dient der passiven Immunisierung der Neugeborenen. Der Immunglobulingehalt der Kolostralmilch sinkt bereits wenige Stunden p. p. relativ stark ab. Zusätzlich vermindert sich die Durchlässigkeit der Darmschleimhaut der Neugeborenen für die γ -Globuline, so dass die frühestmögliche Kolostralmilchgabe an das neugeborene Kalb als eine der bedeutsamsten Regel der gesunden Kälberaufzucht gelten kann (vgl. Kapitel „Fütterung“).

2.2 Milchgewinnung und Melkhygiene (M. Spohr)

2.2.1 Melktechnik

Aufbau und Funktion der Melkanlage: Die heute gebräuchlichen Melkanlagen entziehen dem Euter die Milch, indem sie einen Unterdruck unter der Zitze produzieren (Abb. 5).

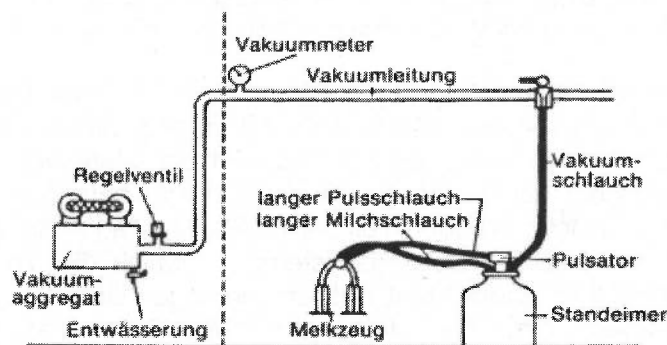


Abb. 5: Schemaskizze für eine Eimermelkanlage

Hierfür ist eine sog. Vakuumpumpe erforderlich, die während des Melkens ständig mehr Luft aus der Melkanlage entfernt, als über Undichtigkeiten und Luft einlassende Bauteile eindringt. Man unterscheidet zwei Bautypen, die ölgeschmierte und die Wasserring-Pumpe. Der von der Vakuumpumpe erzeugte Unterdruck ist deutlich höher, als für das Melken erforderlich und für die Kühe erträglich ist. Daher muss durch ein sog. Regelventil soviel Luft in das Melksystem eingelassen werden, dass der angestrebte Unterdruck (Melkvakuum) erreicht wird. Gleichzeitig können kurzzeitige durch Lufteinbrüche entstehende Vakuumschwankungen durch die Regelung des Ventils ausgeglichen werden, so dass das Melkanlagenvakuum unverändert bleibt (Toleranz ± 1 kPa). Eine Sonderform der ölgeschmierten Vakuumpumpe ist die drehzahlgesteuerte Vakuumpumpe, die auf den variierenden Luftbedarf der Melkanlage durch Änderung der Drehzahl reagiert. Diese Pumpenform ist besonders energiesparend und benötigt kein Regelventil.

Das wesentliche Bauteil der Melkanlage ist das Melkzeug. Ein in einer Metall- oder Plastikbecherhülse eingespannter Gummi- oder Silikonschlauch (Zitzengummi) nimmt die Zitze der Kuh auf und dichtet das Melksystem gegenüber der Kuh ab.

Im so genannten Zitzengummiinnenraum herrscht annähernd konstanter Unterdruck, während in dem Raum zwischen Zitzengummi und Becherhülse (Pulsraum) vom Pulsator gesteuert entweder Melkvakuum oder atmosphärische Luftdruck herrscht. Die Druckverhältnisse der beiden Melkbecherräume bestimmen die Bewegung des Zitzengummis.