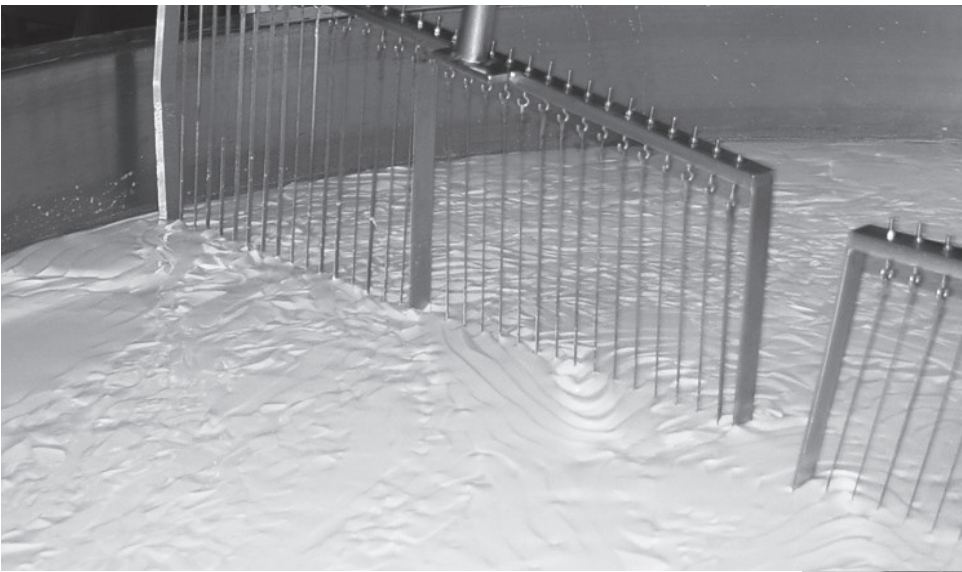


KÄSEREITAUGLICHKEIT DER MILCH

Diskussionsgruppen



Zusammenfassung

Im vorliegenden Diskussionsgruppenstoff wird eine Übersicht über die zahlreichen Qualitätsaspekte der Käsermilch und die vielfältigen Methoden der Laborkontrolle gegeben.

Im Folgenden werden vor allem die für die Milchgerinnung und die Käseausbeute wichtigen Merkmale der Rohmilch behandelt. Es sind dies die Zellzahl, die genetischen Varianten der Milchproteine und Einflüsse der Viehrasse. Schliesslich wird die neuerdings mögliche Routinemessung des Caseingehaltes vorgestellt und anhand aktueller Messdaten diskutiert.

1 Einleitung

Unter der Käsereitauglichkeit der Milch versteht man deren Eignung für die Käseherstellung.

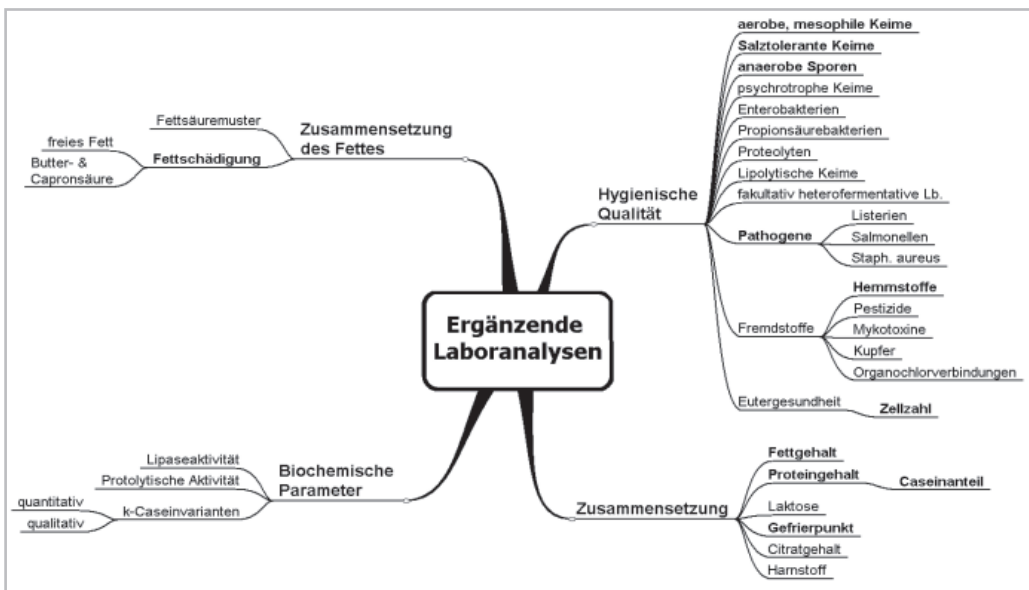
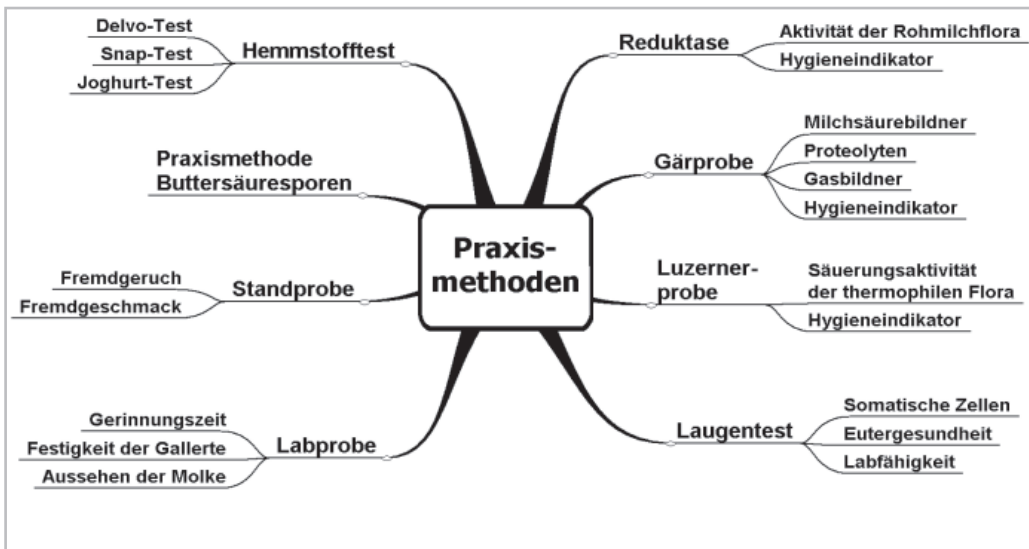
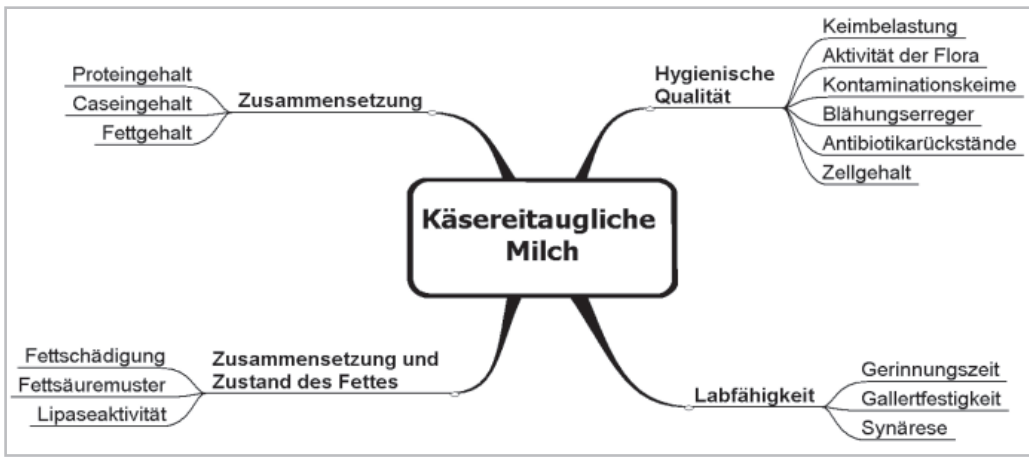
Die Käsereitauglichkeit der Milch hängt von zahlreichen Kriterien ab, wie in der Übersicht auf Seite 3 (oben), dargestellt ist.

2 Überwachung der Käsereitauglichkeit der Milch

Der Käser verfügt über eine ganze Palette von Methoden, um die Eignung der Milch für die Käseherstellung zu prüfen und zu überwachen. Die wertvollsten Methoden sind jene, die ohne besondere Ausrüstung in der Käserei selbst durchgeführt werden können und die ein rasches Resultat liefern. In den vergangenen Jahrzehnten wurden durch ALP mehrere Praxismethoden entwickelt und geprüft, die dem Praktiker aufschlussreiche Informationen über die Qualität der Käseimilch liefern können.

Im Diagramm auf Seite 3 (Mitte), sind die wichtigsten Praxismethoden zusammengestellt.

Zusätzlich zu den oben genannten Praxismethoden bieten auf Milchanalytik spezialisierte Laboratorien (MIDB, Zuchtverbände, ALP) weitere Untersuchungen an, welche bei Bedarf weitere wertvolle Informationen über die Verkäsbarkeit einer Milch liefern können, s. Seite 3, (unten).



3 Einfluss der Eutergesundheit auf die Käse- tauglichkeit der Milch

Zahlreiche Versuche verschiedener Autoren im In- und Ausland haben klar gezeigt, dass Milch von euterkranken Tieren für die Käseherstellung sehr nachteilige Eigenschaften aufweist. Wie Tabelle 1 zeigt, ist bereits bei Zellzahlen zwischen 100'000 und 250'000 Zellen pro ml ein Rückgang im Lakto- se- und Fettgehalt der Milch festzustellen. Bei hö- heren Zellzahlen sind starke Veränderungen inner- halb der Proteinfraction zu beobachten. Allerdings steigt der Gesamtproteingehalt der Milch infolge der Anreicherung von Proteinen aus dem Blut und des Rückgangs der Milchleistung bei höheren Zell- zahlen oft noch leicht an, der Caseingehalt sinkt aber deutlich und damit auch die Käseausbeute.

4 Die genetischen Varianten der Milchproteine

Das Milchprotein wird in zwei Hauptfraktionen un- tertelt, Casein und Molkenprotein (Abb. 1, unten). Beide Fraktionen sind komplexe Proteingemische. Das Casein besteht aus vier eigenständigen Kompo- nenten, dem α_{s1} , α_{s2} , β - und κ -Casein. Bei den Mol- kenproteinen lassen sich «Albumine» (Laktalbumin, Serumalbumin und β -Laktoglobulin!) und Globuline (v.a. Immun- globuline) unterscheiden.

Tab. 1 Einfluss der Zellzahl auf die Milchezusammensetzung

Milchbestandteil (g/100 ml)	Zellzahl (x 1000/ml)		
	< 100	< 250	500 - 1000
Laktose	4.90	4.74	4.60
Fett	3.74	3.69	3.51
Gesamtprotein	3.62	3.61	3.75
Casein	2.81	2.79	2.65
Molkenproteine	0.81	0.82	1.10

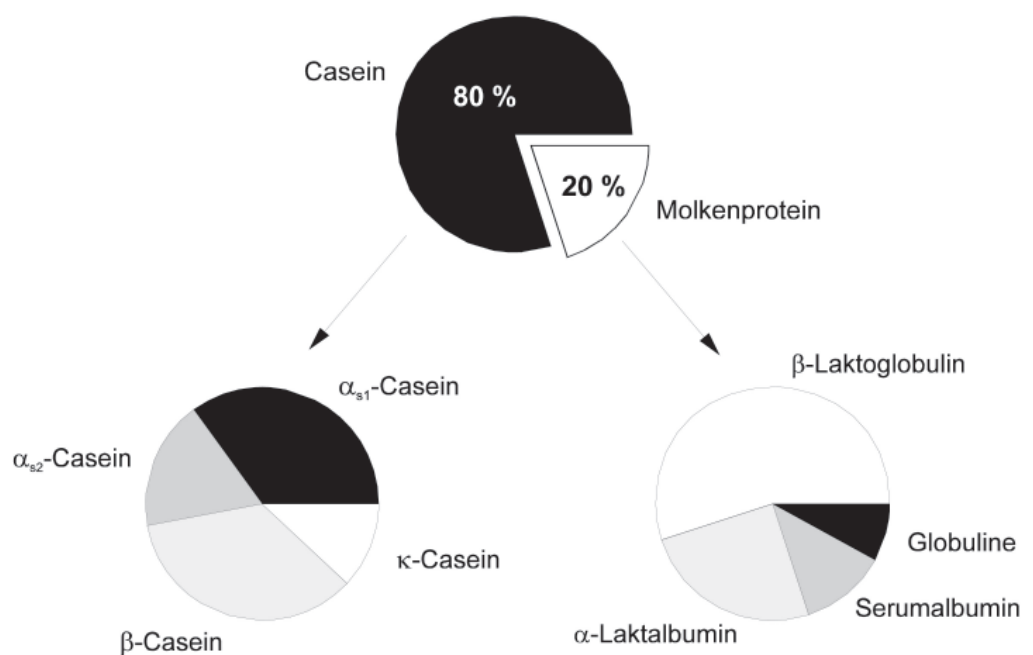


Abb.1 Die Milchproteinfraktionen und ihre Zusammensetzung

Proteine bestehen aus rund 20 verschiedenen Aminosäure, die zu langen Kettenmolekülen mit einigen Dutzend bis mehreren Hundert Bausteinen verknüpft sind. Die Anzahl und die Abfolge der Aminosäurebausteine innerhalb des Kettenmoleküls sind charakteristisch für jedes Protein und genetisch fixiert. Durch Mutationen sind im Laufe der Evolution «Spielarten» der ursprünglichen Gene entstanden, weshalb die meisten Proteine in verschiedenen genetischen Varianten vorkommen. Vergleicht man die Aminosäuresequenzen von zwei genetischen Varianten, so unterscheiden sich diese meist nur in ein oder zwei Aminosäuren. Abbildung 2 zeigt den Unterschied zwischen den Varianten A und B des κ -Caseins, dessen Kette total 169 Aminosäuren umfasst.

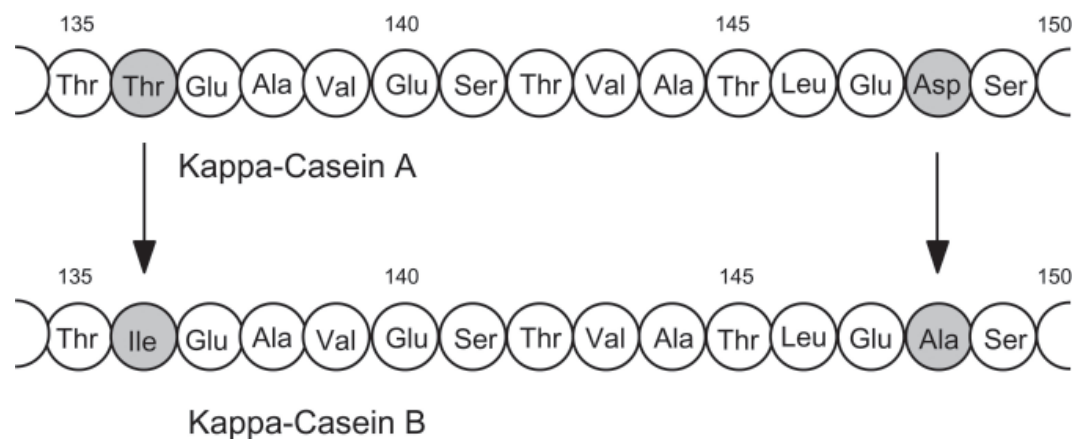


Abb. 2 Die Unterschiede in der Aminosäuresequenz der genetischen Varianten A und B des κ -Caseins. Die Nummern bezeichnen die Position der Aminosäure innerhalb der Polypeptidkette.

Die Milchproteine und ihre genetischen Varianten lassen sich mit Hilfe der Elektrophorese auftrennen und identifizieren (Abb. 3). Die Trennung basiert auf der unterschiedlichen Migrationsgeschwindigkeit der Proteine in einem elektrischen Feld. Kleine Proteinmoleküle und solche, die einen höheren Anteil an sauren, d.h. negativ geladenen Aminosäuren (Asparginsäure, Glutaminsäure) aufweisen, wandern schneller als grosse oder ladungsarme Proteine. Genetische Varianten bezeichnet man mit Buchstaben, welche ursprünglich aufgrund der Migrationsgeschwindigkeit vergeben wurden.

Die genetischen Varianten der Milchproteine, insbesondere jene des κ -Caseins (κ -Cn) und des β -Lactoglobulins (β -Lg) beeinflussen die Milchezusammensetzung und teilweise auch Leistungsmerkmale der Kühe. Zahlreiche Studien bei der Rasse Holstein haben gezeigt, dass sich κ -Cn B positiv auf den Proteingehalt auswirkt. Im Durchschnitt aller Studien wies die Milch von Tieren des Genotyps κ -Cn BB einem um 0.07g/100ml höheren Proteingehalt auf als die Milch von Kühen des Typs κ -Cn AA. Eine Studie mit Braunvieh zeigte allerdings eine gegenteilige Tendenz.

Auch die genetischen Varianten des β -Lactoglobulins beeinflussen die Milchezusammensetzung, vor allem den Proteingehalt. Milch von Kühen des Typs β -Lg BB enthält weniger Molkenprotein. Darum ist der Anteil des Caseins am Gesamtprotein bei dieser Milch rund 3% höher als beim Typ β -Lg AA, was für die Käseausbeute von Bedeutung ist. Dieser Zusammenhang wurde bei allen Kuhrasen festgestellt.

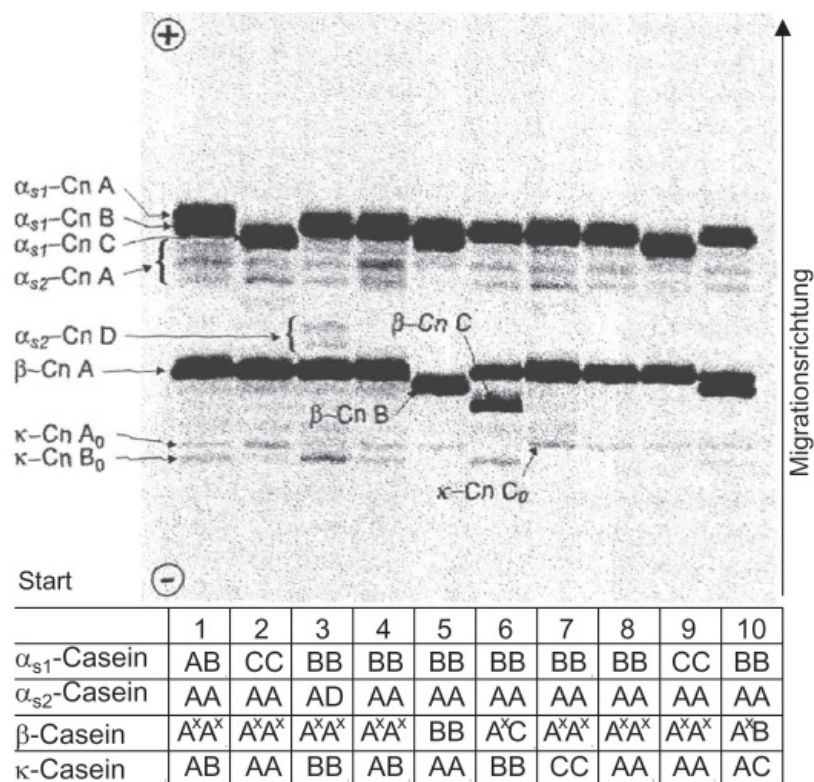


Abb. 3 Elektrophorese des Caseins von individuellen Kuhmilchproben. Die Varianten A¹ und A² des β -Caseins sind mit der hier verwendeten Methode nicht unterscheidbar und sind daher mit A^x bezeichnet.

5 Einfluss der genetischen Varianten des Caseins auf die Labfähigkeit der Milch

Für die Käserherstellung spielt neben dem Gehalt der Milch auch deren Gerinnungsfähigkeit eine bedeutende Rolle. Labträge Milch führt zu Ausbeuteverlusten infolge verstärkter Bildung von Käsestaub und höheren Fettgehalten in der Molke.

Die Labfähigkeit der Milch umfasst drei Aspekte: die Gerinnungszeit, die Gallertfestigkeit und die Synäresfähigkeit des Bruchkorns. Es gibt verschiedene Methoden, die es erlauben, Gerinnungszeit und Gallerteigenschaften in einem Arbeitsgang zu messen. Eine der bekanntesten ist der Formagraph (Abbildung 4). Da die Milchuntersuchungen mit den Formagraphen der ersten Generation relativ zeitaufwändig waren, wurden sie allerdings kaum routinemässig durchgeführt.

Alle drei Gerinnungsparameter (Gerinnungszeit, Gallertfestigkeit und Synärese) werden wesentlich beeinflusst durch die genetischen Varianten der Caseine. Im Vergleich zur tendenziell labträgen Milchtyp κ -Cn AA gerinnt die Milch vom Typ κ -Cn BB um 25% schneller und ergibt eine 50% festere Gallerte. Die bei gewissen Viehrassen ebenfalls verbreitete Variante κ -Cn E hat einen ähnlichen Einfluss auf die Milchgerinnung wie κ -Cn A. Auch β -Cn B begünstigt die Gerinnung, ist aber ohne nennenswerten Einfluss auf die Gallertfestigkeit. Eine Milch vom kombinierten Typ β -Cn BB + κ -Cn BB gerinnt doppelt so schnell wie der Milchtyp β -n A^xA^x + κ -Cn AA!

In verschiedenen Arbeiten wurde im Übrigen gezeigt, dass κ -Cn B leicht höhere Käseausbeuten ergibt und die Synärese fördert. Letzteres ist vor allem in der Herstellung von Extrahartkäse vorteilhaft.

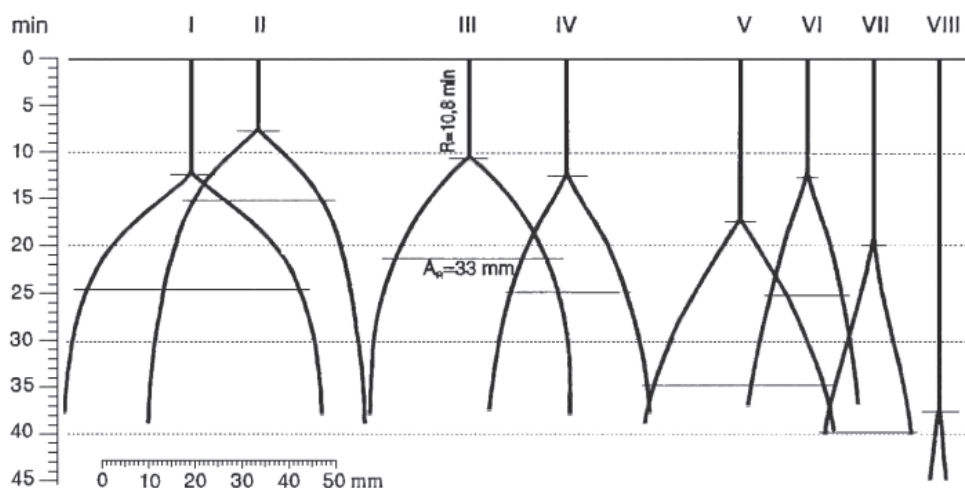


Abb. 4 Formagramme von individuellen Kuhmilchproben mit unterschiedlicher Labfähigkeit.

R = Gerinnungszeit

A_R = Gallertfestigkeit zum Zeitpunkt $2 \times R$. (I, II) sehr gut labfähige Milch, (III, IV) durchschnittliche Milch, (V-VII) labträge Milchtypen, (VIII) labunfähige Milch.

6 Einfluss der Viehrasse

Die Häufigkeit der Tiere, welche hinsichtlich der Milchgerinnung einen «günstigen» Genotyp aufweisen (κ -Cn AB und BB), variiert von Rasse zu Rasse (Abb. 5)

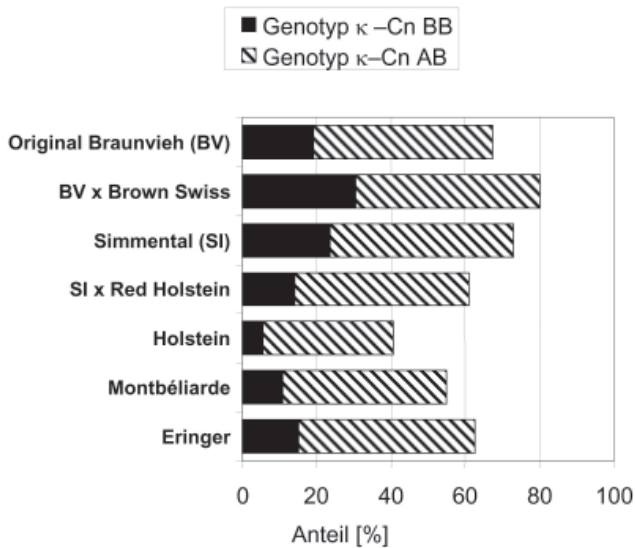


Abb. 5 Häufigkeit von Tieren mit den Genotypen κ -Cn AB und BB bei verschiedenen Milchviehrassen

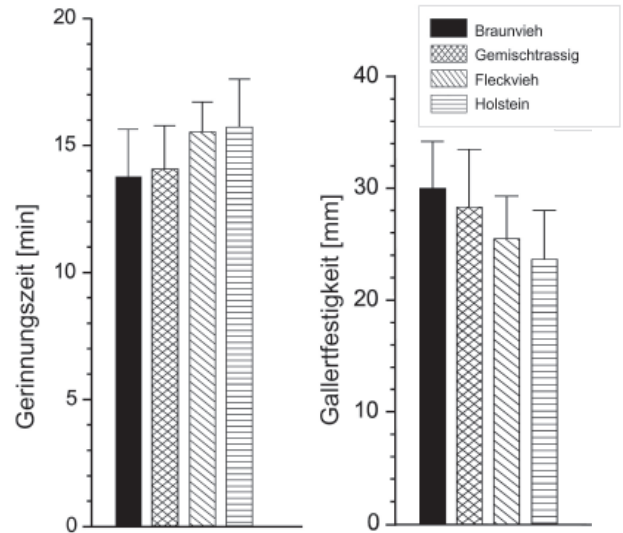


Abb. 6 Gerinnungseigenschaften der Milch bei verschiedenen Milchviehrassen (Erhebung mit 666 Milchproben aus Schweizer Käsereien)

Es ist wohlbekannt, dass sich die Milchviehrassen bezüglich der Labfähigkeit der Milch unterscheiden. Eine Studie der ETH Zürich, welche 666 Käsereimilchlieferanten in der Ostschweiz umfasste, bestätigt dies (Abb. 6): Die Milch aus Braunviehbeständen zeigte im Vergleich zu den anderen Beständen die beste Milchgerinnung, d.h. eine kürzere Gerinnungszeit und eine festere Gallerte. Die Resultate korrespondieren recht gut mit der Verteilung der κ -Caseinvarianten der verschiedenen Rassen. Es ist jedoch zu betonen, dass die Gallertfestigkeit auch stark vom Protein- bzw. Caseingehalt der Milch abhängt, der ebenfalls von der Viehrasse abhängt (Tab. 2).

Tab. 2 Zusammensetzung der Milch verschiedener Viehrassen.

Rasse	Fettgehalt
Jersey	5.80%
Braunvieh	3.99%
Fleckvieh	4.08%
Holstein	4.03%

7 Saisonale Schwankungen bei stark synchronisierten Laktationen

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass sich bei ungünstiger Zusammensetzung der Tierbestände bezüglich der Milchproteingenotypen Störungen der Käsefabrikation einstellen können. Probleme manifestieren sich vor allem in kleinen Genossenschaften und bei niedrigem Proteingehalt der Milch, wie dies z.B. während der Perioden mit hoher Milchleistung der Fall ist.

Da etwa die Hälfte der Milch in der Schweiz zu Käse verarbeitet wird, ist die Labfähigkeit der Milch ein wichtiges Qualitätsmerkmal der Milch, dem auch bei der Tierzucht Beachtung geschenkt werden sollte. Mit der Selektion von Milchvieh mit höherem Caseingehalt wird nicht nur die Käseausbeute verbessert, sondern auch die Gerinnungseigenschaften der Milch. Tatsächlich vermindert sich der Einfluss der κ -Caseinvarianten mit steigendem Caseingehalt der Milch.

Die Milchproduktion unterliegt, wie alle landwirtschaftlichen Produktionszweige, einem wachsenden ökonomischen Druck. Es gilt möglichst wirtschaftlich zu produzieren. Die Schweizer Organisation «ProfiLait» hat im Jahr 2000 das Projekt Opti-Milch initiiert: Die ökonomischen Vorteile einer auf die Jahreszeiten abgestimmten Synchronisation der Abkalbetermine sollten untersucht werden. Das Projekt wurde von der Schweizerischen Hochschule für Landwirtschaft (SHL) in Zollikofen betreut.

Nach Ansicht der Käsetechnologen von ALP birgt die Frühjahrsabkalbung (Vollweidestrategie) gewisse Risiken hinsichtlich der Verkäsbarkeit der Milch gegen Ende der Laktationszeit wie dies einige Autoren aus Neuseeland und Irland im Zusammenhang mit der Cheddarproduktion berichten. Bei den Versuchen im Rahmen des Projektes «Profilait» wurden deshalb auch die folgenden aus käsereitechnologischer Sicht wichtigen Ziele verfolgt:

- Kenntnis des Einflusses der Synchronisation der Abkalbetermine auf die Verkäsbarkeit der Milch
- Kenntnis der Variabilität der Gerinnungseigenschaften im Laktationsverlauf
- Kenntnis der Variabilität der Milchezusammensetzung im Laktationsverlauf unter Berücksichtigung der Energieversorgung der Kühe.

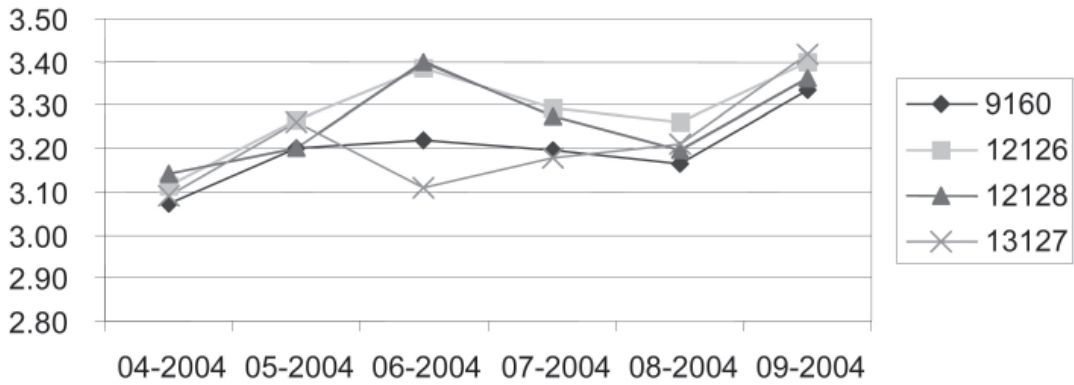
Resultate

- Die Synchronisation der Laktationen wirkt sich auf die Verkäsbarkeit der Milch aus. Die während der frühen Phase der Laktation hergestellten Käse fallen qualitativ weniger gut aus.
- Die Milchgerinnungszeit verlängert sich gegen Ende der Laktation um 1 bis 2 Minuten. Dies allerdings ohne signifikante technologische Auswirkungen.
- Die Milchezusammensetzung und Energiedefizit der Kühe zeigen eine ähnlich Verlaufskurve.

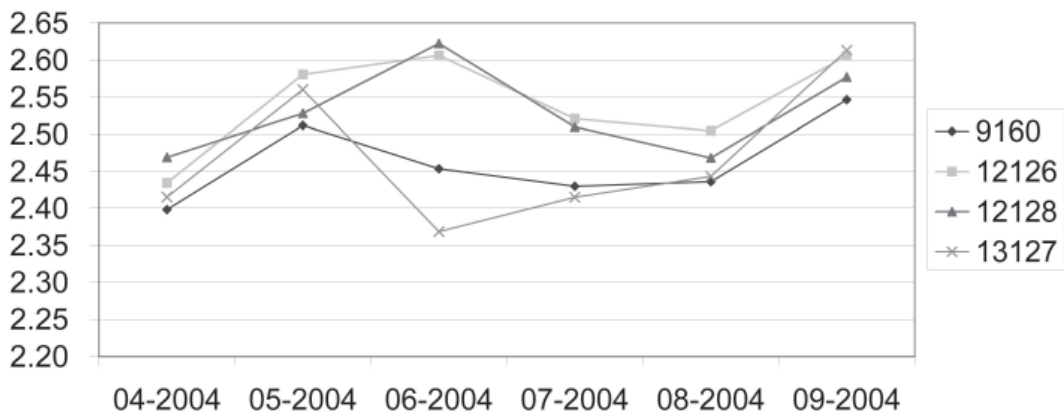
Die während der Versuchsdauer beobachteten Veränderungen in der Milchezusammensetzung lassen sich durch den Einfluss des Laktationsstadiums und durch zeitweise Energiedefizite erklären.

Protein	Fett/Protein
3.93%	9.73%
3.32%	7.31%
3.21%	7.29%
3.17%	7.20%

Proteingehalt (gesamt)



Caseingehalt



Caseinzahl (Casein/Gesamtprotein)

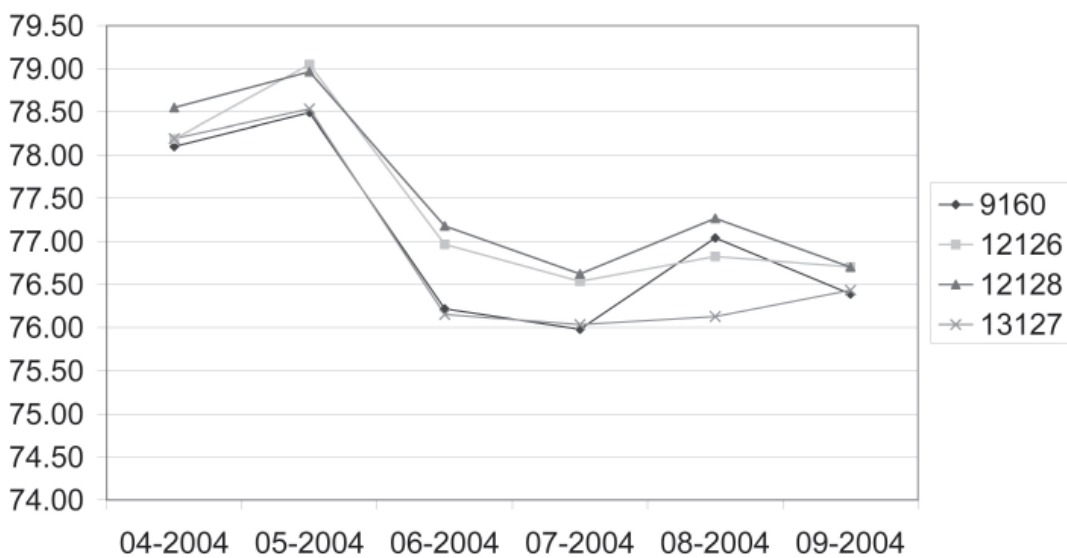


Abb. 7 Saisonaler Verlauf des Protein- und Caseingehalts sowie des Casein/Gesamtprotein-Verhältnisses in der Milch von vier verschiedenen Milchlieferanten. Quelle: Laboratoire agro-alimentaire fribourgeois (LAAF)

8 Messung des Caseingehaltes der Milch

Vor einigen Monaten ist in der Schweiz ein erstes Gerät der neuesten Generation von Analysegeräten für die Milchprüfung in Betrieb genommen worden. Mit diesem Gerät, dem CombiFoss 6000 FC, können die folgenden Prüfmerkmale von Milch simultan gemessen werden:

- Fettgehalt
- Proteingehalt
- Caseingehalt und Molkenproteinanteil
- Laktosegehalt
- Citronensäuregehalt
- Harnstoffgehalt
- Gefrierpunkt
- Zellzahl

Neu ist vor allem die Möglichkeit, den Caseingehalt ohne Mehraufwand zu messen, was für die Käseherstellung von grossem Interesse ist.

Abbildung 7 zeigt den jahreszeitlichen Verlauf des Protein- und Caseingehaltes in der Milch von vier Lieferanten. Es handelte sich Proben für die Gehaltsbezahlung der Milch. Die Messung erfolgte mittels Combifoss 6000 FC.

Wie die Grafiken zeigen, wurden gegen Herbst allgemein die höchsten Proteingehalte verzeichnet. Der Caseinanteil am Gesamtprotein lag aber relativ niedrig, d.h. die Käseausbeute pro kg (bezahltes) Milchprotein war ca. 2.5% niedriger als im Mai.

Fazit

- Die Gehaltsbezahlung der Käsereimilch aufgrund des Caseingehaltes der Milch ist heute ohne wesentliche Mehrkosten machbar
- Die Gehaltsbezahlung nach Caseingehalt führt zu einer besseren Abgeltung des käseispezifischen Wertes der Milch
- Die regelmässige Messung des Caseingehaltes der Kessimilch erlaubt eine wesentlich genauere Einstellung des F.i.T.-Wertes im Käse.

9 Schlussfolgerungen für die Milchkäufer

Ebenso wie die mikrobiologischen und hygienischen Qualitätsmerkmale der Lieferantenmilch sind auch die Gehalte sowie die Gerinnungseigenschaften der Milch durch gezielte Massnahmen beeinflussbare Grössen, die den wirtschaftlichen Erfolg der Käseherstellung wesentlich mitbestimmen.

Die Labfähigkeit der Milch und alle Faktoren, welche diese beeinflussen, wie z.B. der Caseingehalt, die Eutergesundheit und die genetischen Varianten des κ -Caseins, beeinflussen die Käseausbeute und in gewisser Masse auch die Käsequalität.

Die Gäranlage der Milch und Blähungserreger, wie Propionsäurebakterien und Clostridien, beeinflussen die Qualität und die Ausreifbarkeit des Käses.

Gehaltsbezahlungssysteme beeinflussen direkt und über den Einfluss des Caseingehaltes auf die Gerinnungseigenschaften auch indirekt die Käseausbeute. Die Anwendung von Gehaltsbezahlungssystemen in Käsereien ist daher sinnvoll.

Einige für die Käserei wichtige Qualitätskriterien werden mit den gängigen Routinekontrollen nicht erfasst. Es ist am Milchkäufer, zusätzliche Kontrollen durchzuführen und bzw. weitere Kriterien bei der Qualitätsbezahlung der Milch zu berücksichtigen.

