



**Produktion von Milch mit besonderen Verarbeitungseigenschaften
durch hohen Eiweißgehalt und hohe Eiweißqualität an grünlandrei-
chen Standorten**

Themen-Nr.: 4404 / 520 / 2003

Langtitel	Produktion von Milch mit besonderen Verarbeitungseigenschaften durch hohen Eiweißgehalt und hohe Eiweißqualität an grünlandreichen Standorten
Kurztitel	Milch mit besonderen Verarbeitungseigenschaften
Projekt:	Milcherzeugung
Projektleiter	Dr. G. Anacker
Abteilung	Tierproduktion
Abteilungsleiter	Dr. R. Waßmuth
Auftraggeber	Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt
Bearbeiter	Dr. E. Gernand, Dr. W. Reichardt, Dr. K. Ihm*
Beteiligte Mitarbeiter:	Dr. H. Lenz, Annemarie Moll, Katja Kallenbach, Gabriele Schwarz, Birgit Sauerteig.
Kooperationspartner:	*Herzog Landmolkerei Schwarza e.G. Landwirtschaftsgenossenschaft Förtha e.G.

Clausberg Januar 2004

Prof. Dr. Breitschuh
Präsident der TLL

Dr. E. Gernand
Themenleiter

Einleitung	5
Literatur	6
Die Milchproteine	6
Caseine	6
α_{s1} -Casein	6
α_{s2} -Caseins	7
β -Casein	7
κ -Casein	7
Hauptbestandteile des Milchserumproteins	7
β -Lactoglobulin	8
α -Lactalbumin	8
Bovines Serumalbumin	8
Immunoglobuline	8
Proteose-Peptide-Fraktion	9
Sonstige Minorkomponenten	9
Einflüsse auf die Käseerzeugung der Rohmilch	9
Eutergesundheit	9
Laktationsstadium	10
Laktationsnummer	11
Fütterung	11
Saison	11
Casein-Polymorphismen.	11
Micellengröße	13
Eiweißgehalt der Milch	13
Weitere Genetische Faktoren	13
Einflüsse auf die Milch nach dem Melken	13
Molkereitechnische Maßnahmen	13
Eigene Untersuchungen	14
Material und Methode	14
Statistische Auswertungen	16
Ergebnisse	17
Rohmilch	17
Kesselmilch	17
Käseherstellung	18
Prozesszeiten in der Käserei	18
Käseertrag	20
Verwertung der Einzelkomponenten	22
Diskussion	22
Zusammenfassung	25
Literaturquellen	25

Einleitung

Der Trend der letzten Jahre zeigt einen ungebrochenen Anstieg der Käseproduktion und des Käseverbrauchs. Gegenüber 1996 ist die in Deutschland produzierte Menge auf 127 % gestiegen (MILCHINDUSTRIEVERBAND 2003), bei gleichzeitigem Rückgang der Magermilchpulverproduktion auf 76 %. Damit verbunden ist eine erhebliche Steigerung der Wertschöpfung, insbesondere aus Milcheiweiß. Heute werden in Deutschland deutlich über die Hälfte des angelieferten Milcheiweißes zu Käse verarbeitet. Der Rest wird hauptsächlich über Trinkmilch (20%), Milchfrischprodukte (10%) und Milchpulver (15%) vermarktet. Dabei ist zu beachten, dass insbesondere bei der Joghurtherstellung Kuhmilch im Regelfall mit Milcheiweiß angereichert werden muss, um die notwendige Konsistenz zu erreichen. Auch bei der Käseherstellung ist der Einsatz von Magermilchpulver zur Erhöhung des Eiweißgehaltes zum Teil üblich. Milchpulver wird also zu einem erheblichen Anteil in der Milchwirtschaft selbst verwertet.

Bei gleichzeitigem Rückgang des Butterverzehr und stagnierendem Sahneverzehr ermöglicht Käse, einen Teil des zurückgehenden Butterfettverbrauches zu kompensieren, zumal seit einigen Jahren der Anteil Light-Produkte nicht weiter zunimmt (GFK PANEL SERVICES 1999). Mit der Käseproduktion wird die Milchfettverwertung zunehmend an das Milcheiweiß gebunden.

Trotz Steigerungsraten der letzten Jahre in einigen Molkereien und Käsereien ist in Thüringen die Käseproduktion aber nach wie vor unterrepräsentiert.

Mit dem steigenden Käseanteil und der zunehmenden Deregulierung des Milchmarktes steht der Milcherzeuger vor der Aufgabe, marktgerechte Milch zu erzeugen. Schon heute zeigt sich, dass spezialisierte Käsereien einen höheren Auszahlungspreis realisieren als Standardmolkereien, aber damit auch erhöhte Ansprüche an die Milch verbinden.

Vor der praktisch orientierten Agrarforschung steht die Aufgabe, diese Trends zu bewerten und dem Milcherzeuger und Rinderzüchter Ratschläge für die langfristige Strategie zu geben. Thüringer Milcherzeuger stehen vor der Frage, ob die derzeitige weltweit praktizierte Zuchtstrategie der Holstein Frisian Rinder - hohe Mengenleistungen, auch auf Kosten des Eiweißgehaltes - für jeden Betrieb die richtige ist, oder ob Abweichungen hiervon, wie in den Niederlanden praktiziert, in Käsereieinzugsgebieten Vorteile versprechen.

Vor diesem Hintergrund war an Vergleichsverkäusungen zu klären, ob mit hohem Eiweißgehalt tatsächlich die erwarteten Ertragsteigerungen eintreten.

Dazu bot sich an, Milch aus der Herde der Landwirtschaftsgenossenschaft Förtha e.G. (F) einer ‚Standard-Vergleichsmilch‘ (V) gegenüberzustellen. In der Agrargenossenschaft werden Tiere gehalten, die von den im Rahmen des ‚Züchtungsexperimentes Milcheiweiß‘ (DROESE 1973, BREITENSTEIN u.a. 1990, GERNAND u.a. 1993) erzeugten abstammen. Auch nachdem vom Land Thüringen die Trennung des Agrarbetriebs von der damaligen LUFA Thüringen vollzogen wurde, versucht der Betrieb im Rahmen seiner Möglichkeiten, das genetisch hohe Niveau für Eiweißgehalt zu erhalten, indem dem Eiweißgehalt bei der Auswahl der Besamungsbullen ein höheres Gewicht als in der Gesamtpopulation zugebilligt wird. Gleichzeitig wird den κ -Casein Typ eine gewisse Beachtung entgegengebracht, so dass derzeit die Frequenz des Typs B über der der ‚normalen‘ Holstein-Frisian-Population liegt.

Literatur

Die Milchproteine

Die Kenntnisse über Bestandteile und Zusammensetzung der Milchproteine nehmen ständig zu. Dies erfordert immer wieder eine Überarbeitung der Nomenklatur. Erste Einteilungen der Kuhmilchproteine erfolgten nach chemischen Eigenschaften, später nach elektrophoretischer Beweglichkeit. Seit einigen Jahrzehnten liegen die Aminosäuresequenzanalysen der wichtigsten Milchproteine vor. Das Komitee der American Dairy Science Association für Nomenklatur und Methodologie der Milchproteine fasste den Kenntnisstand in einer ausführlichen Studie zusammen (EIGEL u.a., 1984).

Caseine

Caseine werden definiert als Phosphorproteine der Milch, die bei pH 4,6 und 20°C ausfallen (JENNES u.a., 1956). Einen kurzen Überblick gibt Tabelle 1.

Tabelle 1: Übersicht über die Caseine der Kuhmilch

Protein	Genetische Variationen ¹	Phosphatgruppen	Molmasse ²	Spaltprodukte
α_{s1} -Cn	<u>A</u> , <u>B</u> ,C,E	8-9	23614	λ - Casein
	D	9-10		
α_{s2} -Cn	<u>A</u> ,B,C,D	10-13	25230	
β -Cn	<u>A</u> ₁ ,A ₂ ,A ₃ ,B,E	5	23983	γ_1 -Cn(29-209) A ₁ ,A ₂ ,A ₃ ,B γ_2 -Cn(106-209) A ₂ ,A ₃ ,B γ_3 -Cn(108-209)A,B div. Proteose-Peptide-Componenten
	C,D	4		
κ -Cn	<u>A</u> ,B,C,D,E	1	19093	para- κ -Cn (1-105)
				Glykomakropeptid (105-162)

¹ dominierende Variante unterstrichen

² Molmasse bezieht sich auf dominierende Variante

α_{s1} -Casein

In früheren Arbeiten wird die Gruppe der α_s -Caseine entsprechend ihrer elektrophoretischen Beweglichkeit in basisch gepuffertem Stärke- bzw. Polyacrylamidgel bei Anwesenheit von Harnstoff nummeriert (ANNAN und MANSON 1969, HOAGLAND u.a.1971, WHITNEY u.a., 1976).

Die Aminosäuresequenz des α_{s1} - Caseins wird von MERCIER u.a. (1971) und GROSCLAUDE u.a. (1973) aufgeklärt. 1977 zeigten MANSON u.a., dass das α_{s-o} -Casein die gleiche Aminosäuresequenz besitzt und sich lediglich durch eine zusätzliche Phosphorylierung von α_{s1} -Casein unterscheidet. Da es sich um eine posttranslationale Differenzierung handelt (BINGHAM 1979), sind α_{s-o} und α_{s1} - Casein als verschiedene Formen des gleichen Proteins anzusehen.

Das von LONG u.a. (1958) entdeckte λ -Casein erwies sich als ein durch Plasmin abgespaltenes Bruchstück des α_{s1} - Caseins (AIMUTIS und EIGEL, 1982).

α_{s2} - Caseins

Die Primärstruktur des α_{s2} - Caseins ermittelten BRIGNON u.a. (1976, 1977) . Im Gegensatz zum α_{s1} - Casein und β -Casein ist es cysteinhaltig und somit zur Bildung von Sulfidbrücken fähig. Die Autoren zeigen, dass verschiedene Phosphorylierungsvarianten und Dimere vorkommen. Es sind mehrere genetische Varianten bekannt, von denen zwei (B, C) nur in nichteuropäischen Rinderrassen nachgewiesen sind (GROSCLAUDE u.a., 1976, 1979).

β -Casein

Die Primärstruktur des β -Caseins ist seit 1972 bekannt (RIBADEAU-DUMAS u.a., 1972). Darauf aufbauend wiesen GORDON u.a. (1972) bzw. GROVES u.a. (1973) nach, dass die γ -Caseine C-terminale Fragmente des β -Caseins sind, die durch die Protease Plasmin gebildet werden (EIGEL 1977a; EIGEL u.a., 1979). Vom β -Casein-C sind keine Spaltprodukte bekannt. Die Änderung der Aminosäuresequenz bewirkt über eine veränderte Sekundärstruktur eine relative Stabilität gegenüber Plasmin. ANDREWS (1978a, b) ermittelte, dass die N-terminalen Enden in der Proteose-Peptone-Fraktion zu finden sind. Da diese im Milchserum vorliegen, sind sie in der Käseerei nicht mehr nutzbar.

EIGEL u.a. (1984) schlagen vor, Caseinfragmente entsprechend der Caseine zu nennen, aus denen sie entstanden sind. Dies würde verlangen, die bisherige Caseindefinition zu überarbeiten, da die in der Proteose-Peptone-Fraktion nachgewiesenen Caseinfragmente nicht bei pH 4,6 zu fällen sind. Der Vorschlag erlangte aber keine praktische Bedeutung, da nahezu alle Caseinbestimmungsmethoden ebenso wie die Caseinnutzung in der Käseerei auf Fällungsreaktionen beruhen, die die Proteose-Peptone-Fraktion nicht einbeziehen.

Es sind sieben genetische Varianten des β -Caseins bekannt.

κ -Casein

Die wesentliche Aufgabe des κ -Caseins ist die Stabilisierung der Caseinmicellen gegenüber den Ca^{++} -Ionen. Nur dadurch bleibt Casein in Milch kolloidal gelöst.

Die Aminosäuresequenz des κ -Caseins veröffentlichten 1973 MERCIER u.a.. κ -Casein enthält Cystein. Bei enzymatischer Milchgerinnung wird vorzugsweise die Peptidbindung zwischen den Aminosäuren Phenylalanin (105) und Methionin (106) gespalten. Es entstehen das para- κ -Casein (1-105) und ein Makropeptid, das in die Molke übergeht. Die Fähigkeit zur Ausbildung von Schwefelbrückenbindungen ermöglicht die Bildung von Dimeren. Nach DALGLEISH (1986) liegt kein κ -Casein in Milch monomer vor. Von den verschiedenen genetischen Varianten treten nur A bzw. B in den modernen Rassen in beachtenswerten Häufigkeiten auf.

Hauptbestandteile des Milchserumproteins

Milchserumproteine sind definiert als Milchproteine, die bei pH 4,6 und 20°C löslich sind (Tabelle 2).

Im deutschen Sprachgebrauch ist es üblich, zwischen Molken- und Milchserumprotein zu unterscheiden. Der Unterschied entsteht durch jene Peptide und Proteine, die im Laufe der enzymatischen Milchgerinnung in die Molke übergehen. Entsprechend der Definition von EIGEL u.a. (1984) ist der englische Begriff "whey protein" dem deutschen Milchserumprotein gleichzusetzen. Von dem Milchserumprotein werden nur β -Lactoglobulin und α -Lactalbumin in der Milchdrüse synthetisiert.

Tabelle 2: Übersicht über die Serumproteine der Kuhmilch

Protein	Genetische Variationen ¹	Molmasse ²
β -Lactoglobulin	<u>A</u> ,B,C,D,E,F,G	18363
α -Lactalbumin	<u>A</u> ,B	14147
Bovines Serumalbumin		66267
Immunglobuline		
G 1		153000 - 163000
G 2		146000 - 154000
A		385000 - 417000
M		960000 - 1000000
β_2 Microglobulin		11636
Lactoferrin		86100
Lysozym		14388
Milchfettkugelmembranproteine		

1 Dominierende Variante unterstrichen

2 Molmasse bezieht sich auf dominierende Variante

β -Lactoglobulin

β -Lactoglobulin ist das in gesunder Milch häufigste Milchserumprotein. Die Primärstruktur des β -Lactoglobulins klärten BRAUNITZER u.a. (1972) weitgehend auf. Geringfügige Korrekturen wurden später von PREAUX u.a. (1979) vorgenommen. Bisher sind sieben genetische Varianten bekannt.

α -Lactalbumin

Die Bedeutung des α -Lactalbumins bei der Lactosesynthese als Coenzym der Galactosyltransferase untersuchten ebenso wie die Aminosäuresequenz BREW und HILL (1970). Von den drei genetischen Varianten tritt in modernen taurinen Rinderrassen nur eine auf. Auch vom α -Lactalbumin sind posttranslational modifizierte Komponenten bekannt (ASCHAFFENBURG und DREWRY, 1957; BARMAN, 1970, 1973; BELL u.a., 1981 a; GORDON u.a., 1968), von denen einige Kohlenhydrate enthalten oder eine Disulfidbrücke weniger ausbilden (VANAMAN u.a., 1970). Alle diese Formen erhalten die Aktivität der Lactosynthetase.

Bovines Serumalbumin

Das Serumalbumin der Milch ist identisch mit dem Blutserumalbumin (POLIS u.a., 1950). Die Aminosäuresequenz ist bekannt (BROWN, 1975). Da Serumalbumin durch das Euterepithel in die Milch diffundiert, besteht ein Zusammenhang zwischen Gesundheitszustand des Euters und der Serumalbuminkonzentration in der Milch (ANDERSON und ANDREWS, 1977).

Immunglobuline

Die Immunglobuline sind eine sehr heterogenen Gruppe von Proteinen mit Antikörpereigenschaften. Für ihre qualitative Identifizierung sind immunochemische Methoden notwendig. Die in der sonstigen Milchproteinanalytik üblichen Verfahren sind wenig geeignet. Die Systeme zur Nomenklatur der Rinderimmunoglobuline lehnen sich an die WHO-Dokumente für menschliche Immunglobuline an. Vier Klassen wurden bisher in der Kuhmilch gefunden. In der Rindermilch bildet die Immunglobulin-G-Klasse den Hauptteil. Die Immunglobuline bestehen aus zwei schweren und zwei leichten Seitenketten, die jeweils identisch sind. Die Aminosäuresequenzen des N-terminalen Endes der leichten Kette

variieren stark, die des entgegengesetzten Endes kaum. Auch die schweren Seitenketten scheinen einen konstanten und einen variablen Bereich zu besitzen (GALLY, 1973). Die verschiedenen IG-Klassen unterscheiden sich in den Aminosäuresequenzen der konstanten Bereiche.

Proteose-Peptone-Fraktion

1976 definierten Whitney u.a. die Proteose-Peptone-Fraktion als Gruppe hitzestabiler und bei pH 4,6 löslicher Phosphorylproteine, die aber in 12 %iger Trichloressigsäure unlöslich sind. Inzwischen wurde ein Teil der gefundenen Banden als Spaltprodukte von Caseinen bzw. als Fragmente eines Fettkugelmembranproteins erkannt. EIGEL u.a. (1984) erwähnen die Proteose-Peptone-Fraktion nicht mehr als eigenständige Proteingruppe, obwohl nicht alle Banden dieser extrem heterogenen Fraktion den genannten Milchproteinen als Fragmente zugeordnet werden können. Unstrittig ist, dass zumindest der überwiegende Teil dieser im Milchserumprotein vorliegenden Fraktion ursprünglich dem Casein entstammt.

Sonstige Minorkomponenten

Neben den bisher behandelten Proteinen sind einige Minorkomponenten in der bisherigen Milchforschung von Bedeutung. Die wichtigsten sind Lactoferrin, Lysozym, Serumtransferin und β 2-Microglobulin, früher als Lactollin bezeichnet (SIENKIEWICZ, 1981; GROVES und GREENBERG, 1982). Der Kenntnisstand zu den Proteinen der Milchfettkugelmembran wird von EIGEL u.a. (1984) diskutiert. Von wesentlicher Bedeutung sind die enthaltenen schwefelhaltigen Aminosäuren, die über Sulfidbrücken Interaktionen mit anderen Schwefelhaltigen Proteinen ermöglichen.

Einflüsse auf die Käseereitauglichkeit der Rohmilch

Die Käseereitauglichkeit ist ein vielschichtiger und nicht eindeutig zu definierender Begriff. (GRAML u.a. 1988). Zu ihrer Charakterisierung werden deshalb neben dem Käseertragspotenzial die Gerinnungszeit der Milch, die Geschwindigkeit der Labgallerte-Bildung sowie die Festigkeit des Käsebruches und die Ausbeute herangezogen. Die Gerinnung der Milch verläuft in zwei Phasen. In der ersten Phase spaltet nur das κ -Casein durch das Labenzym in lösliches Makropeptid und unlösliches Para- κ -Casein. In der zweiten Phase bildet das abgespaltene Para- κ -Casein zusammen mit anderen Caseinfraktionen und Calcium das Koagulumnetzwerk. Mit dem Entstehen der Gallerte ist der Vorgang noch nicht abgeschlossen, sondern es erfolgt ihre Verfestigung. Die Festigkeit der Gallerte bestimmt die Molkenabgabe und die Struktur des späteren Bruchkorns und damit den Wassergehalt und die Qualität der hergestellten Käse (HOSSAIN 1976). Dabei zeigt sich, dass mit steigender Bruchfestigkeit auch der Käseertrag steigt (JOHNSON u.a. 2001, BYNUM und OLSON 1982)

Eutergesundheit

Euterkrankte Kühe weisen einen deutlich erhöhten Gehalt und eine höhere Aktivität der endogenen Protease Plasmin auf (EIGEL 1977b, VERDI u.a. 1987, SAEMAN u.a. 1988, POLITIS und NG KWAI HANG 1988). Dies führt zu einer deutlichen Zunahme proteolytischer Vorgänge, die auch anhand zunehmender spezifischer Spaltprodukte wie γ -Caseine und Proteose-Peptonen nachweisbar sind (DAVIES und LAW 1977, ANDERSON und ANDREWS 1977, BARRY und DONALLY 1981, GERNAND 1988). κ -Casein wird dagegen nicht durch Plasmin abgebaut (SNOEREN und VAN RIEL 1979, GERNAND 1988).

Da die Proteose-Peptone-Fraktion in die Molke übergeht, geht dieses ursprünglich dem Casein angehörende Eiweiß der Käseherstellung verloren. Daneben ist auch die proteolytische Aktivität der Leukozyten nachgewiesen (VERDI und BARBANO 1991).

Gleichzeitig kommt es bei Eutergesundheitsstörungen zu einer Zunahme der Immunglobuline. Aufgrund geschädigter Membranen im Eutergewebe diffundiert Blutserumalbumin verstärkt in die Milch (ANDERSON und ANDREWS 1977, GERNAND 1988). Dies führt insgesamt dazu, dass bei beeinträchtigter Eutergesundheit der Caseinanteil am Eiweiß abnimmt (BARBANO u.a. 1991, GERNAND 1988). Zwangsläufig muss der Käseertrag gegenüber dem auf der Basis Eiweißgehalt berechneten zurückbleiben, unabhängig davon, ob der jeweils hergestellte Käse über Lab oder Säurefällung hergestellt wird (ALI u.a. 1980, BARBANO u.a. 1991, HAMPTON und RANDOLPH 1969, POLITIS und NG KWAI HANG 1988a b, SOMMER UND MATSON 1935, KLEI u.a. 1998).

Daneben stellen verschiedene Autoren fest, dass bei steigender Zellzahl die Milchgerinnung gestört abläuft und der erreichte Bruch weicher bleibt (ALI u.a. 1980, BARBANO u.a. 1991, POLITIS und NG KWAI HANG 1988c NYANTWAZA 1993). Auch über eine gestörte Synerese wird berichtet (KLEI u.a. 1998). Gemeinsam ist diesen Untersuchungen, dass sie ohne pH-Einstellung oder mit einer biologischen Vorreifung der Milch arbeiten und deutliche Effekte erst bei sehr hohen Zellzahlen feststellen. Wird dagegen der pH-Wert der Milch chemisch eingestellt, ist dieser Effekt bei frischen Milchproben nicht zu beobachten (GERNAND und HARTUNG 1997). Es kann vermutet werden, dass die antibakterielle Wirkung der vermehrten Leukozyten die Säuerung der Milch beeinträchtigt. Eine verlängerte Gerinnungszeit und niedrigere Bruchfestigkeit durch Plasminzugabe werden erst bei stark fortgeschrittenem Caseinabbau beobachtet (SRINIVASAN und LUCEY 2002).

Daneben wird für lange reifenden Hartkäse über Qualitätsprobleme in der Textur und durch freie Fettsäuren berichtet (JAEGGI 2003).

Übereinstimmend berichten zahlreiche Autoren von unzureichendem Trockensubstanzgehalt des Käses aus Milch mit hoher Zellzahl (ALI u.a. 1980, POLITIS und NG KWAI HANG 1988b, , GRANDISON UND FORD 1986)

Laktationsstadium

In Verlauf der Laktation nimmt das Risiko einer subklinischen Mastitis zu. Ebenso steigen die mittleren Zellzahlen. Insofern nehmen die im Bereich Eutergesundheit beschriebenen Probleme zu.

Übereinstimmend finden eine Reihe von Autoren, dass auch bei gesunden Kühen die Aktivität des Plasmins im Laufe der Laktation zunimmt (KAMINOGAWA und MITZOBUCHI 1971, EIGEL 1977b , KORYCKA-DAHL 1983) und dies auch an der Zunahme der Caseinspaltprodukte zu festzustellen ist (DAVIES und LAW 1977, BARRY und DONALLY 1980, DONALLY und BARRY 1981 OKIGBO u.a. 1985(a) GERNAND 1988)

Andererseits nimmt auch der Eiweißgehalt der Milch im Laufe der Laktation zu. Damit treten zwei in der Käseerzeugung widersprüchliche Prozesse auf. Anhand der Gerinnungseigenschaften konnten GERNAND und HARTUNG (1997) zeigen, dass der steigende Eiweißgehalt im Laufe der Laktation zu verbesserter Käseerzeugung führen kann, gehaltsunabhängige Eigenschaften sich aber verschlechtern. Ähnliche Widersprüche zeigen AULDIST u.a. (1996). Sie belegen, dass die von O KEEFE (1984) und LUCEY und FOX (1992) ermittelte schlechtere Käseerzeugung und der niedrigere Käseertrag von Milch spätlaktierender Kühe in erster Linie mit der zunehmenden Zellzahl in Verbindung zu bringen ist. Aber auch bei niedriger Zellzahl in der Spätlaktation zeigen sich ein etwas schlechterer Fettübergang und niedrigere Aroma-Bewertungen (AULDIST u.a. 1996). Für den Eiweißübergang war hier kein Nachteil zu beobachten. SAPRU u.a. (1997) begründen den etwas niedrigeren Eiweißübergang in der frühen und der späten Laktation mit der niedrigeren Caseinzahl (Caseinanteil am Gesamteiweiß), deren Abhängigkeit vom Laktationsstadium auch an anderer Stelle belegt ist (REICHARDT und GERNAND 1996).

Der schlechtere Fettübergang wird mit der geringeren thermischen Belastbarkeit des Milchfettes in der Spätlaktation (LYNCH u.a. 1992), das zu verstärktem Ausölen führt, begründet.

Zunehmende freie Fettsäuren sind Ursache des schlechteren Fettübergangs in Phasen eines hohen Energiedefizits aber auch in der Spätlaktation (SAPRU u.a. 1997). Daneben verursachen freie Fettsäuren auch Aromadefekte (DOWNEY 1980).

Insgesamt zeigt sich, dass Probleme wie zu hohe Wassereinlagerung in den Käse aus Milch spätlaktierender Kühe oder zu viele freie Fettsäuren auch bei guter Fütterung und guter Eutergesundheit nicht zu vermeiden, aber in einem erträglichen Rahmen zu halten sind (KEFFORD u.a. 1995, LUCEY und FOX 1992, SAPRU u.a. 1997).

Laktationsnummer

Da das Risiko einer Euterinfektion im Laufe des Lebens zunimmt, gelten die Aussagen zum Laktationsstadium sinngemäß auch für die Laktationsnummer. Daher überraschen Ergebnisse, wonach in der ersten Laktation die besten Gerinnungseigenschaften beobachtet werden und in den Folgelaktationen im Mittel eine moderate Verschlechterung zu beobachten ist, nicht (MARIANI u.a. 1990 AURIOL 1961 MARIANI u.a. 1982 LINDSTRÖM 1984).

Fütterung

Futterzulagen (non-Fett-Energie und Protein) zu knappen Rationen führen zu steigendem Eiweißgehalt und erhöhter Caseinzahl (REICHARDT und GERNAND 1996). Damit sind im allgemeinen verbesserte Gerinnungseigenschaften verbunden (GERNAND und HARTUNG 1997). Nach Ergebnissen von KEFFORD u.a. (1995) und CHRISTIAN u.a. (1999a,b) wird dabei auch ein höherer Trockensubstanzgehalt des Käses erreicht. Neben der verbesserten Energie- und Proteinversorgung spielt auch die günstigere Mineralstoffverfügbarkeit (Mg, Ca, P) eine erhebliche Rolle. Der Casein- und Fettübergang war dagegen in diesen Versuchen nicht beeinflusst. Auch Infusionen, die zu einer Erhöhung der Proteinkonzentration führen, verändern die Gerinnungseigenschaften positiv (HURTAUD u.a. 1998).

In den Versuchen von AALTONEN und ANTILA (1987) führte eine Heu-Ration gegenüber einer Grünfütterration zu höheren Inhaltsstoffen in der Milch, kürzerer Gerinnungszeit und höherer Bruchfestigkeit.

Die Zulage von Fett bewirkt dagegen in der Regel eine Abnahme des Eiweißgehaltes in der Milch (SCHÜLER 1993, JAHREIS und HARTUNG 1993, FREDE u.a. 1993).

Saison

Untersuchungen zu saisonalen Effekten liegen in erster Linie aus Ländern mit vorwiegend saisonalem Produktionsregime vor. (SAPRU u.a. 1997, AULDIST u.a. 1996 KEFFORD u.a. 1995). Sie zeigen, dass die allgemein beobachteten Probleme auf saisonalen Fütterungsproblemen und den in der Spätlaktation gehäuft auftretenden Eutergesundheitsstörungen beruhen.

Casein-Polymorphismen.

Von zahlreichen Autoren belegt ist die kürzere Milchgerinnungszeit der an κ -Casein-Breichen Milch gegenüber Milch mit hohem Anteil κ Casein-A. (SHERBON u.a. 1967, EL NEGOMY 1972 MORINI u.a. 1982, TERVALA u.a. 1983,1985, SCHAAR 1984, MARZIALI und NG KWAI HANG 1986, GRAHAM u.a. 1984, VAN DEN BERG 1992, GERNAND und HARTUNG 1997). Weniger häufig aber ebenfalls eindeutig sind die Befunde für das β - Casein (EL NEGOMY 1972, CORRADINI und BERGAMASCHI 1974, MARIANI 1976 MC LEAN u.a. 1984, GERNAND und HARTUNG 1997).

Der Einfluß der Genotypen des κ - und β -Caseins auf das Gerinnungsverhalten muss in einer einheitlichen Wirkung so gesehen werden, dass sowohl für κ - als auch für β -Casein der Wechsel des Genotyps von AA nach BB bzw. AB mit einer signifikanten Verbesserung des Gerinnungsverhaltens einhergeht. Sowohl beim κ - als auch beim β -Casein bewirken die Genotypen BB bzw. AB eine signifikante Verbesserung des Gerinnungsverhaltens gegenüber dem Genotyp AA. Das trifft sowohl auf die Gerinnungszeit, als auch in noch stärkerem Maße auf die Festigkeit der Labgallerte zu und ist unabhängig davon, ob Einzelmilchproben oder Milch sortierter Herden Untersuchungsgegenstand waren. (GERNAND und HARTUNG 1997, ALEANDRI u.a. 1990, CORRADINI und BERGAMASCHI 1974, GRAML 1988, AALTONEN und ANTILA 1987, VAN DEN BERG 1992, RAHALI und MENARD 1991, JAKOB und PUHAN 1986, MARIANI u.a. 1976, SCHAAR u.a. 1985, RAMPILI u.a. 1988, VAN HOYDONK u.a. 1986, APAGNACO und CAROLI 1987 SCHAAR 1984, KRISTIANSAN 1990).

Gleichzeitig kann für κ -Casein B ein gegenüber κ -Casein A verbesserter Käseertrag nachgewiesen werden, unabhängig davon, ob der Caseinstaubverlust im Labor bestimmt (HARTUNG und GERNAND 1997B, RAHALI und MENARD 1991, SCHAAR u.a. 1985, NG KWAI HANG u.a. 1987, KROEKER u.a. 1985, MARZIALI und NG KWAI HANG 1986) oder ‚sortierte Herdenmilch‘ verkäst und untersucht wurde (MÜNSCHER u.a. 1994 PABST 1994.). VAN DEN BERG u.a. (1992) fanden, dass die Gerinnungszeiten durch CaCl_2 -Zugaben zwar teilweise auszugleichen sind, der größere Caseinstaub- und Fettverlust der A-Variante gegenüber der BB-Variante aber nicht. Die AB-Kombination nimmt eine Zwischenstellung ein. Für Parmesan bestimmten MORINI u.a. (1979) eine um 6-10% höhere Käseausbeute bei Vergleich von reiner κ -Casein- BB Milch mit -AA Milch. Bei Cheddar schwanken analoge Ergebnisse um 4-8% (GRAHAM 1984, MARZIALI und NG KWAI HANG 1986a, WALSH u.a. 1995), während SCHAAR (1984) für schwedischen Hauskäse nur insignifikante 0,5% ermittelte. Insgesamt zeigt sich, dass die Autoren umso größere Differenzen im Ertrag fanden, je höher der pH-Wert bei der Gerinnung war bzw. je härterer Käse produziert wurde.

Für die besseren Gerinnungs- und Ertragsergebnisse des κ -Caseins-BB werden verschiedene Ursachen diskutiert. Wiederholt beobachteten die Versuchs-ansteller eine Assoziation des κ -Casein BB-Typs mit einem höheren Eiweißgehalt und erhöhtem Caseinanteil (RAHALI und MENARD 1991, BUCHBERGER u.a. 1982, NG KWAI HANG u.a. 1986, JAKOB und PUHAN 1986, MARIANI u.a. 1976, VAN DEN BERG u.a. 1892, SCHAAR u.a. 1985, MARIANI u.a. 1979, MORINI u.a. 1982, GERNAND und HARTUNG 1997) und berichteten über einen höheren Ca Gehalt (VAN DEN BERG u.a. 1992, VAN HOYDONK u.a. 1986, GERNAND und HARTUNG 1997). Gleichzeitig scheint ein höherer quantitativer Anteil von κ -Casein am Casein vorzuliegen (RAHALI und MENARD 1991, JAKOB und PUHAN 1986, MCLEAN u.a. 1984, RAMPILI u.a. 1988, AALTONEN und ANTILA 1987, NG KWAI HANG u.a. 1987). In der Labmolke von BB-Tieren lässt sich entsprechend ein höherer Gehalt von Glykomakropeptid nachweisen. Labmolke heterozygoter Tiere weist ebenfalls höhere Mengen der B-Variante als die der A-Variante auf (VAN DEN BERG u.a. 1992), was mit einer schnelleren enzymatischen Reaktion oder höheren Anteilen der B-Variante in der Milch heterozygoter Tiere zu erklären wäre.

Bedingt durch den höheren κ -Casein Anteil am Casein (MCLEAN u.a. 1984, AALTONEN und ANTILA 1987) hat κ -Casein-BB-Milch kleinere und gleichmäßigere Micellen (DALGLEISH u.a. 1981, DALGLEISH u.a. 1989, DONALLY u.a. 1984, EKSTRAND u.a. 1980, FORD und GRANDISON 1985, MCGANN u.a. 1980, PEARSE u.a. 1986, SCHMIDT 1979), die die Gerinnung ebenfalls ganz erheblich beeinflussen.

Daneben könnte auch die niedrigere Glykolisierung (ROBITAILLE u.a. 1991, LODES u.a. 1996) für den schnelleren Ablauf der enzymatischen Phase mitverantwortlich sein.

Micellengröße

Milch mit kleineren Micellen weist einen höheren Anteil von κ -Casein auf (DALGLEISH u.a. 1981, DALGLEISH u.a. 1989, DONALLY u.a. 1984, EKSTRAND u.a. 1980, FORD und GRANDISON 1985, MCGANN u.a. 1980).

Diese Effekte des steigenden κ -Casein-Anteils lassen sich auch an rekonstituiertem Casein nachweisen (PEARSE u.a. 1986, SCHMIDT 1979). Dennoch sind für kleinere Micellen kürzere Gerinnungszeiten (EKSTRAND u.a. 1980, FORD und GRANDISON 1985, NIKI und ARIMA 1984) und höhere Bruchfestigkeit (Ford und GRANDISON 1985, NIKI und ARIMA 1984) feststellbar. Auch die Zugabe von isoliertem κ -Casein hat diese Effekte (EKSTRAND u.a. 1980).

Eiweißgehalt der Milch

Der Eiweißgehalt der Milch korreliert deutlich mit den Gerinnungseigenschaften. Während die Gerinnungszeit konstant bleibt (GRANDISON u.a. 1984ab, OLOFFS 1991) oder leicht ansteigt (GERNAND und HARTUNG 1997) nimmt die Bruchfestigkeit immer zu (JAKOB und PUHAN 1986, OLOFFS 1991, GERNAND und HARTUNG 1997, GRANDISON u.a. 1984ab).

Weitere Genetische Faktoren

Auch wenn die Tierzahl der vorliegenden Untersuchungen im einzelnen nicht befriedigt, lässt die Übereinstimmung der Resultate den Schluss zu, dass unabhängig von den Milchproteingentypen die Gerinnungseigenschaften eine beachtliche genetische Varianz aufweisen. Die h^2 -Schätzwerte variieren zwischen 0,2 und 0,5 (OLOFFS 1991, GERNAND und HARTUNG 1997). Eine erste genetische Korrelation von 0,6 zwischen Eiweißgehalt und Bruchfestigkeit (GERNAND und HARTUNG 1997) wartet noch auf eine Bestätigung. Damit käme dem Eiweißgehalt die Rolle eines genetisch determinierten Qualitätsfaktors zu.

Einflüsse auf die Milch nach dem Melken

Milch kann nur gekühlt gelagert werden. Die sofortige Kühlung der Milch im Landwirtschaftsbetrieb ist in der EU gesetzlich vorgeschrieben. Ein Problem der Kühllagerung ist die Vermehrung der psychrotropher (kälteliebender) Keime, ein anderes die Änderungen der physikochemischen Eigenschaften.

Seit langem ist bekannt, dass das Wachstum psychrotropher Keime mit einer Verschlechterung des Käseertrages und der Käsequalität einhergeht. Deshalb ist der Ausgangskeimgehalt der Milch von wesentlicher Bedeutung für die mit zunehmender Lagerdauer unabhängig von der Käsesorte auftretenden Ertragsverluste (HICKS u.a. 1980).

Im Gegensatz dazu dissoziieren Casein, Calcium, Phosphor und Magnesium hauptsächlich innerhalb des ersten Tages aus der Micelle. Dies führt zu schlechteren Gerinnungseigenschaften. Verlängerte Lagerdauer scheint hier keine weiteren Auswirkungen zu haben. Kurzzeiterhitzung bewirkt ein Wiederanlagern der dissoziierten Komponenten, mit der Folge, dass zwar die enzymatische Phase der Gerinnung verlängert bleibt, die Aggregation aber wieder ungestört abläuft (QVIST 1979).

Auch die Gestaltung der Milchpumpen beeinflusst die Käsereitauglichkeit. Spritzen sowie Schaumbildung fördern den Eintrag von Sauerstoff, der zu einer verstärkten Aktivierung der Lipasen beiträgt. Fettverluste bei der Käsebereitung treten ebenso wie ranziger Geschmack als Folge auf (HICKS und O'LEARY 1982).

Molkereitechnische Maßnahmen

Über die Beeinflussung der Gerinnung und die Qualität des produzierten Käses durch molkereitechnische Maßnahmen wie Temperatur, pH-Wert, CaCl_2 -Zugabe liegt zahlreiche Spezialliteratur vor, die ausführlich von LUCEY u.a. (2003) besprochen wird.

Grundsätzlich gilt, dass steigende Temperatur, CaCl_2 -Konzentration und fallender pH-Wert die Gerinnungszeit verkürzen und zu festerem Bruch führen. Allerdings werden die Textur und das spätere Reifungsverhalten des Käses beeinflusst, sodass der Molker bei der Herstellung der jeweiligen Käsesorte diese Größen nur in engen Grenzen variieren kann. Entsprechend sind auch die Möglichkeiten begrenzt, Rohmilchfehler auszugleichen.

Eigene Untersuchungen

Material und Methode

Die Mitarbeiter der Herzgut-Landmolkerei-Schwarza e.G. stellten die getrennte Behandlung der Milch aus der Agrargenossenschaft Förtha sicher und nahmen die Verkäsung am selben Tag wie die der Vergleichsmilch vor. Wie jede Milch (außer Vorzugsmilch) durchläuft die Milch einen Separator, in dem der Rahm von der Magermilch getrennt wird. Gleichzeitig erfolgt die Pasteurisierung.

Der Rahm konnte aufgrund nicht ausreichender Zahl verschiedener Tanks leider nicht getrennt behandelt werden. Die Auffettung wurde also für beide Milchherkünfte mit dem gleichen Mischrahm vorgenommen.

Nach dem Einlassen der Milch in die Käsewanne erfolgt eine Zugabe von Kulturen und das Aufwärmen auf die gewünschte Temperatur. Ist der gewünschte pH-Wert erreicht, wird Lab zugegeben. Entsprechend der subjektiv bewerteten Gallertfestigkeit beginnt das Schneiden. Der Bruch erhält nachfolgend Zeit, sich abzusetzen. Überstehende Molke wird bereits jetzt abgepumpt und eine Probe daraus gezogen. Das restliche Molken-Bruch-Gemisch verbleibt zum Brennen in der Wanne. Dabei handelt es sich um ein nochmaliges Erwärmen des Käsebruchs zur Förderung der Synärese. und wird danach gemeinsam auf ein Band gepumpt. Dieses fungiert als grober Filter, die Molke (Probenahme zur Untersuchung des Caseinstaubes) läuft ab, der Bruch verbleibt auf dem Band. Die Regelung der Stapelhöhe erfolgt mit der Vorlaufgeschwindigkeit des Bandes. pH-Wert und Trockensubstanzgehalt auf dem Band werden kontrolliert. Ist der angestrebte Trockensubstanzgehalt erreicht, läuft der Bruch über eine Schnecke in eine große Wanne. Hier wird direkt gesalzen und durchgemischt, anschließend geformt und in Folie verpackt. Je nach benutzten Kulturen und angestrebtem Reifungsverlauf kann dann mit einer Kühlung die Aktivität thermophiler und auch mesophiler Keime gedrosselt werden. Da aufgrund der Folienverpackung kein weiterer Wasserverlust auftritt, ist bereits hier eine Wägung des erzielten Käses möglich. Erfasst wurden die Prozessparameter aus dem Käsereiprotokoll (Übersicht 1). Daraus sind die jeweiligen Zeitdifferenzen und die Verweildauer in der jeweiligen Prozessphase zu berechnen.

Übersicht 1 Prozessparameter der Käsebereitung

pH-Wert bei Einlass der Milch

CaCl₂-Menge

Starterkultur

Kulturmengen

Dauer der Vorreife

Labmenge

Uhrzeit der Labzugabe

pH-Wert bei Labzugabe

Temperatur bei Labzugabe

Uhrzeit bei Beginn Schneiden

Uhrzeit bei Ende Schneiden

pH-Wert zum Schneiden

Uhrzeit Ablass des Molkenüberstandes

Uhrzeit zum Beginn des Brennens

Uhrzeit zum Ende des Brennens

pH-Wert zum Brennen

Uhrzeit zum Bruchablass

pH-Wert des Bruches

pH-Wert der Molke

Uhrzeit der 1.-3. Probenahme am DMC*-Band

Beginn des Mischens

pH-Wert zum Mischen

Zusätze

pH-Wert der Rohmilch (Vortag)

Temperatur bei Labzugabe

Temperatur der Molke

- DMC Draining Matting Conveyor (Dt.: Entwässerungsband)

Die Laborwerte (Tabelle 3) wurden weitgehend im molkereieigenen Labor erfasst. Zentraler Bestandteil dieses Labors ist ein FT130 der Firma Foss Electric. Dieser ermöglicht über Fourier Transform Verfahren, eine Vielzahl von Inhaltsstoffen zu ermitteln.

Während der Käseherstellung sind Kenntnisse über die Trockensubstanzgehalte notwendig. Deshalb wird in der Käserei mit automatischen Schnellbestimmungsverfahren gearbeitet. Casein-Werte in Milch und Molke wurden mangels geeigneter Analyseautomaten in der TLL indirekt (Gesamt-N – Nicht-Casein-N) mittels Kjeldahl bestimmt.

Zur Bewertung des Käseertrages wird der erzielte Ertrag dem theoretischen gegenübergestellt. Der theoretische Ertrag wird mit der dem Käse angepassten Van Slyke Formel berechnet. (VAN SLYKE 1910) Dabei werden die käsetypischen Faktoren Fettübergang, Caseinübergang und Trockensubstanzgehalt anhand der Mittelwerte des Materials ermittelt.

Tabelle 3: Erfasste Laborwerte

Messwert	Methode
F% der Rohmilch	Fourier Transform
E% der Rohmilch	Fourier Transform
SHZ der Rohmilch (Vortag)	Titration
Gefrierpunkt der Rohmilch	Kryometer
Fettgehalt der Käseemilch	Fourier Transform
F% in der Käsewanne (eingestellt)	Fourier Transform
E% in der Käsewanne	Fourier Transform
Trockensubstanzgehalt der Milch in de Käsewanne	Fourier Transform
F% der Molke	Fourier Transform
E% der Molke	Fourier Transform
Trockensubstanzgehalt der Molke	Fourier Transform
Trockensubstanzgehalt der 1.-3. Probe vom DMC-Band	Schnellbestimmung
pH-Wert des Käses	Fourier Transform
Trockensubstanzgehalt des Käses	Schnellbestimmung
F% des Käses	Fourier Transform
F% in der Trockensubstanz des Käses	Fourier Transform
Nicht-Casein-N der Rohmilch	Kjeldahl
Gesamt-N der Rohmilch	Kjeldahl
Nicht-Casein-N der Kesselmilch	Kjeldahl
Gesamt-N der Kesselmilch	Kjeldahl
Nicht-Casein-N des Molkenüberstandes	Kjeldahl
Gesamt-N des Molkenüberstands	Kjeldahl
Nicht-Casein-N der Molke aus dem Bruchabpumpen	Kjeldahl
Gesamt-N der Molke aus dem Bruchabpumpen	Kjeldahl
Gesamt-N des Bruchs	Kjeldahl
Gesamt-N des Käses	Kjeldahl
Wassergehalt des Bruches	Trockenschrank
Wassergehalt des Käses	Trockenschrank

Statistische Auswertungen

Eine exakte Versuchsplanung war nicht möglich, da Parameter hierfür nicht bekannt und auch in einem Vorversuch nicht zu bestimmen waren.

Die statistische Auswertung erfolgte mit SPSS 11.5.

Die Untersuchungen wurden an Daten aus einer praktischen Käserei vorgenommen.

Naturgemäß muss mit einem höheren Datenrauschen als unter Laborbedingungen zu rechnen sein. Auch bei entsprechender Sorgfalt bei den Ausreißertests können nur grobe Fehler vermieden werden. Die Klärung der Normalverteilung und die Entscheidungsfindung über Ausreißer erforderte die Nutzung von Streudiagrammen und Häufigkeitsanalysen.

Im Regelfall wurde für annähernd normalverteilte Merkmale mit allgemeinen linearen Modellen gearbeitet. Dabei erfolgte anfangs eine Berücksichtigung aller potenziellen Einflussgrößen einschließlich Interaktionen ersten Grades. Deren Entfernung aus dem Modell geschah entsprechend der Wahrscheinlichkeit der Signifikanz.

Bei Vergleichen von Merkmalen, die sehr deutlich von einer Normalverteilung abweichen, kam zusätzlich ein parameterfreier Test (Mann-Whitney's U) zur Anwendung. Er testet auf Basis der Rangfolge, ob zwei unabhängige Stichproben aus der gleichen Grundgesamtheit

stammen. U ist die Anzahl, wie oft ein Wert in der ersten Gruppe einem Wert in der zweiten Gruppe vorausgeht, wenn die Werte in aufsteigender Folge sortiert sind.

Ergebnisse

Rohmilch

Die mittleren Rohmilchwerte (Tabelle 4) bestätigen die erwartete Überlegenheit der Versuchsmilch im Eiweißgehalt. Es wird aber deutlich, dass bei der Auswahl der Standardmilch für die Käseerei der Eiweißgehalt eine entscheidende Rolle spielt und der Mittelwert deutlich über dem Thüringer Durchschnitt liegt. Der Fettgehalt verhält sich, wie entsprechend zu erwarten. Die Differenzen sind bis auf die Soxhlet-Henkel-Zahl (SHZ) bei 5% Irrtumswahrscheinlichkeit signifikant.

Tabelle 4: mittlere Rohmilchwerte

	E%		F%		PH		SHZ		Gefrierpunkt	
	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V
Mittelwert	3,60	3,49	4,45	4,27	6,74	6,73	7,24	7,20	-0,5262	-0,5229
N	71	61	71	61	71	61	71	61	71	61
Standardabw.	0,064	0,058	0,092	0,105	0,036	0,026	0,167	0,140	0,00466	0,00346
Minimum	3,47	3,31	4,25	4	6,67	6,68	7	7	-0,5350	-0,5300
Maximum	3,72	3,59	4,65	4,5	6,81	6,78	7,6	7,6	-0,5150	-0,5160

Kesselmilch

Die Differenzen im Eiweißgehalt setzen sich in der Kesselmilch (Tabelle 5) fort. Beide Milchherkünfte waren pasteurisiert, vollständig entrahmt und im Fettgehalt wieder für die Käseerei eingestellt worden.

Tabelle 5: mittlere Werte der Käseemilch

	E%		F%	
	F	V	F	V
Mittelwert	3,53	3,40	4,65	4,61
N	71	61	71	61
Standardabweichung	0,090	0,064	0,133	0,434
Minimum	3,35	3,26	4,21	1,44
Maximum	3,72	3,52	4,82	4,91

Der zum Einstellen genutzte Mischrahm führt zu einer Senkung des Eiweißgehaltes in beiden Milchgruppen. Eine weitere Ursache könnte im Kalibrieren des FT125 mit Rohmilch liegen, die möglicherweise zu nicht ganz exakten Messwerten führt. Allerdings ist damit nicht erklärt, weshalb der Abfall der Werte für die Förthaer Milch niedriger ausfällt, als für die Vergleichsmilch. Hier wären aufgrund der höheren Mischrahmmengen und der größeren Differenz zum Eiweißgehalt der Magermilchgrundlage mit dem stärkeren Abfall zu rechnen gewesen.

Tatsächlich sind aber die Verluste im Mittel niedriger. Da der Mischrahm des Käseeritages für beide Herkünfte am jeweiligen Tag der Gleiche war, wurde das Datum ebenfalls mit in das Modell aufgenommen. Als ebenfalls wichtig erwies sich der pH-Wert zum Einlaufen in die Käsewanne. Die Tabellen 6 und 7 zeigen die Ergebnisse für den relativen Eiweißgehaltsabfall von der Rohmilch zur Käseemilch.

Tabelle 6: Ergebnisse der Varianzanalyse für den Eiweißverlust von der Rohmilch zur Kesselmilch

	SQ vom Typ III	df	MQ	F	Signifikanz
Korrigiertes Modell	115,798(a)	35	3,309	4,223	,000
Konstanter Term	9,734	1	9,734	12,425	,001
Herkunft	4,402	1	4,402	5,619	,021
pH (bei Einlauf)	9,167	1	9,167	11,701	,001
Datum	82,599	33	2,503	3,195	,000
Fehler	54,056	69	,783		
Gesamt	788,438	105			
Korrigierte Gesamtvariation	169,854	104			

a $R^2 = ,682$ (korrigiertes $R^2 = ,520$)

Tabelle 7 LSQ-Mittelwerte für den Eiweißgehaltsverlust (E% Käsereimilch-E% Rohmilch)/E% Rohmilch

Herkunft	Mittelwert	Standardfehler	95% Konfidenzintervall	
			Untergrenze	Obergrenze
F	2,105(a)	,127	1,851	2,359
V	2,570(a)	,143	2,284	2,856

a Die Kovariaten im Modell werden anhand der folgenden Werte berechnet: pH-Wert bei Einlauf = 6,5099.

Da sich für den Eiweißgehaltsabfall kein annähernd normalverteiltes Merkmal finden ließ, war eine Absicherung durch einen parameterfreien Test angeraten. Die Ergebnisse des Tests in Tabelle 8 zeigen, dass die Förthaer Milch häufiger den niedrigeren Eiweißverlust gegenüber der Vergleichsmilch aufweisen, als bei Zufälligkeit zu erwarten wäre. Nachteilig für diese Test ist dabei allerdings, dass Störgrößen nicht berücksichtigt werden können.

Tabelle 8: Rangwerte nach Mann-Whitney für den Eiweißverlust von der Rohmilch in die Kesselmilch

	N	Mittlerer Rang	Rangsumme	Asympt. Signifikanz (2-seitig)
F	63	49,60	3124,50	,002
V	53	69,08	3661,50	

Käseherstellung

Prozesszeiten in der Käserei

In Verlauf der Käseherstellung muss der Käsemeister immer wieder warten, bis die jeweiligen Reaktionen abgelaufen sind und die notwendigen Eigenschaften der Zwischenprodukte erreicht sind, bevor mit der Verarbeitung fortgefahren werden kann. Möglicherweise wirken sich auch in diesem Bereich Unterschiede in den Rohmilcheigenschaften aus. Deshalb werden hier die Auswertungen der Prozesszeiten vorgestellt.

Tabelle 9 zeigt die für die jeweiligen Prozesszeiten als signifikant im Modell verbliebenen Einflussgrößen. Dabei ist zu beachten, dass die CaCl_2 -Gabe im Laufe der Versuchszeiten von 400g / 10000 l auf 800g / 10000 l umgestellt wurde. Verbunden damit war eine etwas

längere Zeit für die Vorreife, ein etwas niedrigerer pH-Wert zum Zeitpunkt des Einlabens. Der pH-Abfall bis zum Brennen war allerdings im Mittel in dieser Phase geringer, sodass der pH-Wert zum Brennen etwas höher blieb. Dennoch dürfte die dominierende Umstellung für die hier untersuchten Perioden der Käseerei die veränderte CaCl_2 -Gabe sein. In der ersten kurzen Phase der Milchgerinnung (bis zum Schneiden des Bruches) lassen sich keine Einflüsse auf das Prozessgeschehen nachweisen.

Tabelle 9: Signifikante Einflussfaktoren auf Prozesszeiten

	CaCl_2	CaCl_2 * Temp. zum Einlaben	CaCl_2 *E%	CaCl_2 *F% der Rohmilch	SHZ Rohmilch
Laben bis Schneiden					
Laben bis Setzen	+	+			
Laben bis Ende Nachkäsen	+		(+)	+	
Dauer Nachkäsen	+		(+)	+	
Dauer DMC- Phase	+		+		+

* Regression innerhalb der CaCl_2 -Klassen

(Unterschiede der Regressionskoeffizienten signifikant)

(+) Effekte können im Modell den Fettgehalt der Rohmilch fast gleichwertig ersetzen.

Tabelle 10: LSQ-Mittelwerte der Prozesszeiten (min) bei verschiedenen CaCl_2 Zugaben (Modelle nach Tabelle 9)

Zeitdauer	CaCl_2	Mittelwert	Standar d-fehler	95% Konfidenzintervall	
				Untergrenze	Obergrenze
Laben bis Setzen	400 g	59,444	,789	57,882	61,007
	800 g	53,857	,517	52,834	54,880
Laben bis Ende Nachkäsen	400 g	94,586	2,737	89,164	100,008
	800 g	91,752	1,763	88,260	95,245
Nachkäsen	400 g	25,278	,959	23,379	27,178
	800 g	23,265	,627	22,023	24,508
DMC-Phase	400 g	74,861	1,781	71,332	78,390
	800 g	48,678	,955	46,786	50,571

Mit der Erhöhung der CaCl_2 -Gaben verkürzten sich die Zeiten durchgehend. Bis auf die DMC-Phase bleiben die Unterschiede allerdings marginal.

Interessanter sind die Regressionsfaktoren der im Modell verbliebenen Covariablen (Tabelle 11).

Tabelle 11: Regressionsfaktoren der im Modell verbliebenen Covariablen

Zeitdauer	Covariable	CaCl ₂	B	Sd _B	T	Signifikanz	95% Konfidenzintervall	
							von	bis
Laben -Ende Nachkäsen	F % der Rohmilch	400 g	-8,45	10,90	0,78	,440	-30,05	13,15
		800 g	21,43	5,77	3,71	,000	9,99	32,86
Nachkäsen	F % der Rohmilch	400 g	-,11	8,78	0,012	,990	-17,50	17,28
		800 g	17,79	4,75	3,742	,000	8,37	27,20
DMC-Phase	E% in der Käsewanne	400 g	-50,62	14,89	3,40	,001	-80,13	-21,12
		800 g	-12,86	9,40	-1,37	,174	-31,49	5,77
	SHZ der Rohmilch		16,62	6,19	2,68	,008	4,35	28,89

Die Tabelle 11 zeigt, dass verschiedene Einflussfaktoren in ihrer Wirkung je nach Randbedingungen unterschiedlich wirken. In der frühen Phase gehen hohe Inhaltsstoffe mit einer Verlängerung der Zeiten einher, wenn viel CaCl₂ gegeben wird. Dabei können sich der Fettgehalt der Rohmilch und der Eiweißgehalt im Modell fast ersetzen. Auch die Beziehung der DMC-Zeiten zum Eiweißgehalt verhalten sich in Abhängigkeit von der Ca-Gabe unterschiedlich. Steigender Eiweißgehalt führt immer zu einer Verkürzung der DMC-Phase, wobei dieser Effekt bei niedrigen CaCl₂-Gaben deutlich stärker ist. Auch die SHZ zeigt eine Wirkung, die aber von der Höhe der Calciumgabe zu sein scheint.

Käseertrag

Der theoretische Käseertrag wurde nach van Slyke dem tatsächlich gemeldeten gegenübergestellt. Die Abbildung 1 zeigt, dass im Einzelfall erhebliche Abweichungen zu beobachten sind.

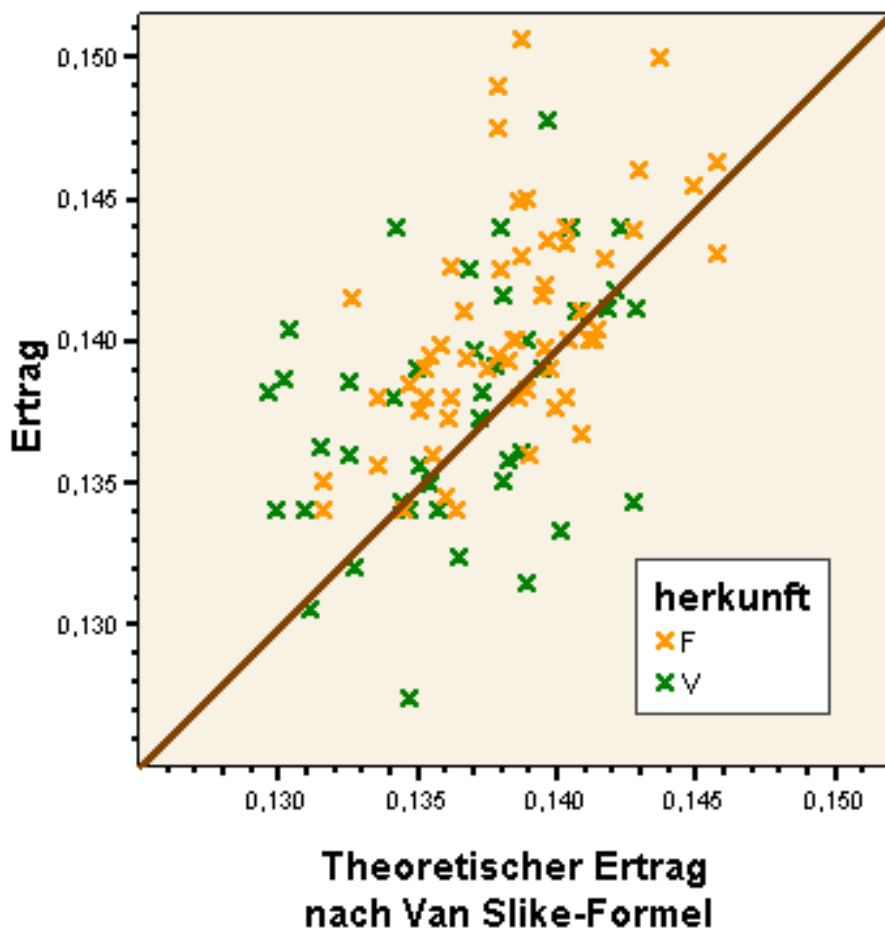


Abbildung 1: Gegenüberstellung des theoretischen Käseertrages zum gemessenen Ertrag

Gleichzeitig wird deutlich, dass der erwartete Käseertrag im Mittel erreicht wird. Ein von den Inhaltsstoffen unabhängiger Betriebseffekt ist aufgrund der hohen Restvarianz nicht zu sichern (Tabelle 12). Die vorgefundene Differenz entspricht etwa 0,7% des Käseertrages.

Tabelle 12: Theoretische und tatsächliche Käseausbeute und deren Differenz

	Herkunft	N	Mittelwert	Standardabweichung
theoretische Ausbeute	F	58	0,1387	0,0026
	V	46	0,1367	0,0028
Ausbeute	F	58	0,1408	0,0042
	V	46	0,1377	0,0044
Δ tatsächl.-theoret. Ausbeute	F	58	0,0021	0,0042
	V	46	0,0010	0,0044

Die Korrelationen der Tabelle 13 belegen, dass mit steigendem Eiweißgehalt die Ausbeute über die theoretisch kalkulierte klettert. Die Ursache dürfte in erster Linie in der besseren Fettverwertung mit steigendem Eiweißgehalt liegen, da gleichzeitig der Fettgehalt der Molke fällt. Andererseits wird deutlich, dass mit steigendem Fettüberschuss der Fettgehalt der Molke steigt und die Ausbeute hinter der theoretisch kalkulierten zurück bleibt.

Tabelle 13: Korrelationen von Inhaltsstoffe zur Differenz zwischen tatsächlicher und theoretischer Käseausbeute

	Käsewanne F%	Käsewanne E%	Käsewanne F%-E%	Ausbeute	Δ tatsächl.- theoret. Ausbeute
Molke F%	+0,013	-0,338(**)	+0,228(*)	-0,284(**)	-0,271(**)
Käsewanne F%		+0,114	+0,769(**)	+0,252(**)	-0,329(**)
Käsewanne E%			-0,548(**)	+0,541(**)	+0,217(*)
Käsewanne F%-E%				-0,159	-0,440(**)
Ausbeute					+0,790(**)

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

Verwertung der Einzelkomponenten

Tabelle 14: Verwertung der Einzelkomponenten und Caseinzahl der Rohmilch

	Herkunft	N	Mittelwert	Standardabweichung
Fett	F	59	95,73	4,414
	V	34	94,82	4,206
Eiweiß	F	59	79,41	3,055
	V	30	79,00	4,123
Caseinzahl der Rohmilch	F	71	78,10 (a)	0,661
	V	60	77,66 (b)	1,049

Die mittlere Verwertung der Einzelkomponenten Fett und Eiweiß wurde auf Basis der Gehaltswerte in der Käsewanne berechnet. Sie liegt sehr eng am theoretischen Erwartungswert. Die Eiweißverwertung liegt leicht über der Caseinzahl der Rohmilch. Dies ist ein Hinweis darauf, dass bei der Pasteurisierung eine geringe Menge Milchserumprotein an das Eiweiß gebunden wird. Während die Unterschiede in der Caseinzahl zu sichern sind, ist dies aufgrund der hohen Fehlervarianz im Käseertrag, der in die Berechnung der Verwertung eingeht, nicht möglich.

Diskussion

Die Untersuchungen wurden an Daten aus einer praktischen Käserei vorgenommen. Zielstellung waren die Ermittlung des Einflusses der durch den Landwirt hergestellten Rohmilch auf den Käseertrag. Anhand der Inhaltsstoffe ist zu belegen, dass auch die Vergleichsmilch anhand des Eiweißgehaltes für die Käserei ausgewählt war. Ihr Gehalt an Fett und Eiweiß liegt bereits deutlich über dem Durchschnitt Thüringens (3,49 vs. 3,41; 4,27 vs. 4,16 (2002), aber dennoch klar niedriger als der der Förthaer Milch. Diese erreicht aber im Versuchszeitraum leider nicht mehr die angestrebte Höhe von über 3,7 % Eiweiß. Den Mengensteigerungen im Versuchszeitraum stand ein Abfall des Eiweißgehaltes gegenüber. Dafür sind zumindest teilweise betriebswirtschaftliche sinnvolle

Managementmaßnahmen wie z.B. dreimaliges Melken verantwortlich. Andererseits ist es auf dem züchterischen Weg schwierig, den Eiweißgehalt weiter zu erhöhen, wenn dies in der Gesamtpopulation nicht geschieht. Wird eine genetische Differenz von 0,2% Eiweiß unterstellt, so ist es mit Holstein-Frisian- Spitzenvererbern für Eiweißgehalt nur noch möglich, diese Differenz zu halten, nicht aber zu erhöhen. Hier sind neue Überlegungen zur Zuchtstrategie anzustellen.

Genauso wichtig dürfte die höhere Caseinzahl der Versuchsmilch sein, die deutlich über der der Vergleichsmilch liegt. Eine Quantitative Bestimmung des Anteils von κ -Casein A oder B in Sammelmilch ist nicht möglich. Ein Vergleich aktueller Erhebungen zum κ -Casein Typ in vergleichbaren Betrieben zeigt aber deutliche Unterschiede der Frequenzen. Entsprechend kann auf die Anteile in der Sammelmilch geschlussfolgert werden. (Tabelle 15).

Tabelle 15: Genotypenfrequenzen für κ -Casein in der Thüringer Holstein-Frisian-Population und in der Agrargenossenschaft Förtha

	Andere Holstein Frisian	Förtha
seit 1998 untersuchte Tiere	1025	874
Genotypenfrequenz		
Anteil AA	71,02%	49,16%
Anteil AB	24,20%	42,45%
Anteil BB	4,78%	8,39%
Alleelfrequenz		
Anteil A	83,12%	70,39%
Anteil B	16,88%	29,61%

Beide Milchchargen werden vollständig entrahmt und anschließend pasteurisiert. Von dieser entrahmten Milch liegen leider keine Proben vor.

Für die Käserei erfolgt danach eine Auffettung mit Mischrahm. Der Eiweißgehalt diese Rahms liegt aber deutlich unter dem der Käsereimilch, sodass der Eiweißgehalt beider Milchsorten deutlich fällt. Dabei wäre zu erwarten, dass dieser Abfall in der Milch mit dem höheren Eiweißgehalt stärker ausfällt, zumal hier im Mittel etwas mehr Rahm zugegeben wird, um einen dem höheren Eiweißgehalt entsprechenden höheren Fettgehalt zu erzielen. Die Messwerte zeigen aber, dass der Abfall in der Versuchsmilch niedriger ausfällt (Tabelle 7). Damit stellt sich die Frage nach der Ursache dieses Phänomens. Vermutet wird eine geringfügige Hitzekoagulation des Milcheiweißes während der Pasteurisierung. Für diese These spricht auch die deutliche Abhängigkeit des Eiweißabfalls vom pH-Wert der Milch. Die Beziehungen von pH-Wert und Hitzestabilität der Milch sind in den klassischen Arbeiten von ROSE (1961a,b) bereits dargestellt worden. Dabei zeigt der pH-Wert der gekühlten Kesselmilch die engeren Beziehungen zum Caseinverlust. Mit dem Pasteurisieren kommt die auch im gekühlten Zustand langsam ablaufende Säuerung bis zur Neuinfektion vorläufig zur Ruhe, sodass der pH-Wert der gekühlten Kesselmilch näher am aktuellen pH-Wert zur Pasteurisierung ist, als der in der Rohmilch bei Anlieferung gemessene pH-Wert.

Für κ -Casein-B Typen wurde eine deutlich bessere Hitzestabilität nachgewiesen (SCHMIDT und KOOPS 1965, FEAGAN u.a. 1972, KIRCHMEIER 1983, HORTIEN 1991). Mit dem im Vergleich zur Standardmilch höheren Anteil an κ -Casein B könnte der geringere Eiweißverlust also erklärt werden. Neben dem pH-Wert und dem Betriebseffekt waren keine weiteren Einflussgrößen nachzuweisen.

Bisherige Untersuchungen zur Hitzestabilität zielten in erster Linie auf die Möglichkeiten zur Herstellung steriler UHT-Milch oder getrockneter Milchprodukte. Dass die

Hitzestabilität wahrscheinlich auch für den Eiweißverlust bei der Pasteurisierung relevant ist, fand bisher kaum Beachtung. Hiervon sind aber in Deutschland über 99% der Milch betroffen!

Mit der Milchgerinnung und den anschließenden Phasen der Verfestigung des Käsebruches beginnt die eigentliche Käsebereitung. Die Dauer von Gerinnung bis einschließlich Brennen ist weder von der Herkunft noch von einem der ermittelten Milchinhaltstoffen beeinflusst. Dies lässt allerdings nicht mit Sicherheit den Schluss zu, dass sich die Gerinnungseigenschaften nicht unterscheiden. Auch PABST (1994) fand, dass deutliche Unterschiede in der Milchgerinnung nicht zu verkürzten Bearbeitungszeiten in einer praktischen Molkerei führen, da die arbeitenden Käsemeister bei ihren subjektiven Entscheidungen nur teilweise auf schnellere Gerinnung reagieren. Deshalb sollten aus diesen Zahlen keine Schlussfolgerungen gezogen werden, zumal diese Zeiten bei der hier vorliegenden Technologie für den gesamten Zeitbedarf von geringerer Bedeutung sind. Lediglich in der Gesamtdauer vom Laben bis einschließlich der Zeitdauer des Brennens ist ein Effekt der im Versuchzeitraum umgestellten CaCl_2 Menge zu ermitteln.

Für die in der Folge festgestellten Einflüsse der Inhaltsstoffe ist die Höhe der Calciumgabe entscheidend. Überraschend war, dass eine Beziehung des Fettgehaltes der Rohmilch zu den Zeiten bis zum Nachkäsen auftritt, wenn hohe Calciummengen zugegeben werden. Es kann also davon ausgegangen werden, dass dieser Effekt durch Eigenschaften hervorgerufen werden, die ihrerseits mit dem Eiweiß- und Fettgehalt korrelieren. Möglicherweise handelt es sich um Ca^{++} -Ionen fangende Inhaltsstoffe wie Citrat oder Phosphat, die mit steigender Konzentration zu einem Abfall der Ca^{++} - Ionen-Konzentration führen (Krüger u.a. 1981, UDABAGE u.a. 2001).

Beiden ist die Fähigkeit zur Bildung von Calciumhydrogensalzen gemeinsam. Auch den freien Fettsäuren könnte eine wenn auch nur geringe Bedeutung zukommen.

Die positive Beziehung des Citrats zum Energiestoffwechsel ist bekannt (BATICZ u.a. 2002 und HERMANSEN u.a. 1999, BAUER u.a. 1990). Korrelationen zu den Inhaltsstoffen sind eher negativ, können aber unter verschiedenen Bedingungen erheblich schwanken. So ist der gemeinsame Abfall von Fett- und Citratgehalt bei Energiemangel auch zu beobachten (Reichardt u.a. 1991). Für Phosphat sind im Regelfall positive Beziehungen zu Eiweiß- und Fettgehalt gefunden worden, die aber für Eiweiß meist deutlicher ausfallen.

Bei niedriger CaCl_2 Zugabe könnte dagegen die zugegebene Menge vollständig in Citrat-Komplexe eingelagert oder an Phosphat gebunden werden, sodass die Wirksamkeit freier Ca^{++} -Ionen nicht zunimmt.

Aufgrund des unklaren Beziehungsgeflechtes können diese Befunde aber nicht erschöpfend erklärt werden.

Entscheidend für den Fortgang der Arbeiten ist die Verweildauer auf dem DMC-Band. Mit steigendem Eiweißgehalt geht eine Verkürzung der DMC-Phase einher, wobei dieser Effekt bei niedrigen CaCl_2 -Gaben wesentlich deutlicher ist

Bekannt ist, dass ein höherer Eiweißgehalt zu festerem Bruch (JAKOB und PUHAN 1986, OLOFFS 1991, GERNAND und HARTUNG 1997, GRANDISON u.a. 1984ab) und damit höherem Trockensubstanzgehalt im Käse führt. Bei niedrigen Ca-Gaben werden diese Effekte besonders deutlich, weil dann die notwendige Trockensubstanz erst nach längerer Zeit erreicht wird. Bei hohen Ca-Gaben wird dagegen immer ein schnelle Synerase erreicht, sodass der Effekt des Eiweißgehaltes zurücktritt.

Insgesamt zeigt sich, dass hoher Eiweißgehalt für den Ablauf der Käsebereitung von Vorteil ist.

Der theoretische Käseertrag wird in der Regel nach der Formel von Van Slyke bestimmt. Hierbei gehen die Inhaltsstoffkonzentrationen in der Milch und der Trockensubstanzgehalt des Käses ein. In den Auswertungen zeigte sich, dass die Beziehungen zum tatsächlichen Käseertrag enger werden, wenn nicht der an der jeweilig zugeordneten Käseprobe

ermittelte Trockensubstanzgehalt benutzt wird. Hierzu sei auf die Probenahme aus Käse verwiesen (BARBANO 2001). Tatsächlich scheint der Probenahmefehler größer zu sein, als die mittlere Abweichung einer Charge vom Gesamtmittel. Deshalb wurde mit dem mittleren Trockensubstanzgehalt gerechnet.

Bei der Gegenüberstellung der Abweichungen von dem aufgrund der Inhaltsstoffe zu erwartenden Käseertrag zeigt sich ein Vorteil von 0,7% für die Versuchsmilch. Dieser Effekt ist aufgrund der hohen Varianz des angegebenen Käseertrages nicht zu sichern und sollte entsprechend vorsichtig bewertet werden. Er bewegt sich in der Größenordnung den Resultaten von SCHAAR (1984), der Käseertrag aus Milch einzelner Kühe, sortiert nach κ -Casein-Typ, bei der Herstellung eines schwedischen Hauskäses verglich.

Ergebnisse wie bei MORINI u.a. 1979, die bei der Parmesanproduktion bis zu 10% Ertragsdifferenzen aus Milch verschiedener κ -Casein Typen erzielten, waren aufgrund der Käsesorte und der nur graduellen Unterschiede im Anteil des κ -Casein-B nicht zu erwarten. Als systematischer nachweisbarer Effekt zeigt sich dagegen die Eiweiß-Fett-Differenz. Mit zunehmendem Fettüberschuss steigt der Fettverlust in die Molke, gleichzeitig bleibt die Ausbeute hinter der theoretisch kalkulierten zurück. Dabei ist zu beachten, dass der hier hergestellte halbfeste Schnittkäse aus geschmacklichen Gründen auf einen hohen Fettgehalt zielt.

Die Kapazität des Caseinnetzwerkes zur Fetteinlagerung gerät an seine Grenzen. Voraussetzung für eine hohe Fettverwertung im Käse ist also ein hoher Eiweißgehalt. Unter den Bedingungen des hier gefertigten Käses sind je 0,1% Eiweiß etwa 40 kg Käse je 10000 kg Charge mehr zu produzieren, ohne dass diesem ein Anstieg der Erfassungs- und Prozesskosten in der Molkerei gegenübersteht. Entsprechende Absatzchancen vorausgesetzt, eröffnet dies auch Spielräume in der Milchpreisgestaltung. Im umgekehrten Fall besteht für die Molkerei derzeit keine Möglichkeit, einen Ertragsausfall durch Kostensenkung innerhalb der Molkerei zu kompensieren.

Zusammenfassung

Beider Herstellung eines fettreichen Butterkäses wurde die Eignung der Milch aus der Agrargenossenschaft Förtha mit einer zufälligen Käserei-Mischmilch verglichen. Diese Milch zeichnet sich neben einem hohen Eiweißgehalt durch einen höheren Anteil an κ -Casein-B aus. Es zeigte sich, dass diese Milch bei der Pasteurisierung weniger Eiweiß verliert. Hierfür scheint die höhere Hitzestabilität des κ -Caseins-B verantwortlich zu sein. Mit steigendem Eiweißgehalt der Käsereimilch steigt auch der Käseertrag. Mit steigendem Fettüberschuss der Käsereimilch erhöhen sich die Fettverluste in die Molke und der Käseertrag bleibt hinter dem theoretisch zu erwartenden zurück. Dies ist aufgrund des niedrigeren Eiweißgehaltes in der Vergleichsmilch stärker ausgeprägt. Somit sind diese Unterschiede zwischen den Herkünften der Milch im wesentlichen mit Inhaltsstoffkonzentrationen der Käsereimilch zu erklären.

Literaturquellen

- (1) Aaltonen, M.-L., V. Antila 1987
Milk renneting properties and the genetic variants of proteins.
Milchwissenschaft 42: 490 – 492
- (2) Aimutis, W.R., W.N. Eigel 1982
Identification of λ -casein as plasmin-derived fragments of bovine α s₁-casein.
J. Dairy Sci. 65: 175

- (3) Aleandri, R., L.G. Buttazoni, J.C. Schneider, A. Caroly, R. Davoli 1990
The effects of milk protein polymorphisms on milk components and cheese-producing ability
J. Dairy Sci. 73: 241-255
- (4) Ali, A.E., A.T. Andrews, G.C. Cheeseman 1980
Influence of elevated somatic cell count on casein distribution and cheesemaking.
J. Dairy Res. 47: 393 – 400
- (5) Anderson, M., A.T. Andrews 1977
Progressive changes in individual milk concentrations associated with high somatic cell counts.
J. Dairy Res. 44: 223 - 230
- (6) Andrews, A.T. 1978a
The composition, structure and origin of proteose-peptone component 5 of bovine milk.
Eur. J. Biochem. 90: 59
- (7) Andrews, A.T. 1978b
The composition, structure and origin of proteose peptone component 8 F of bovine milk.
Eur. J. Biochem. 90: 67
- (8) Andrews, A.T. 1983
Breakdown of caseins in bovine milk with high somatic cell counts arising from mastitis or infusion with bacterial endotoxin.
J. Dairy Res. 50: 45-55
- (9) Annan, D., W. Manson 1969
A fractionation of the α s-casein complex of bovine milk.
J. Dairy Res. 36: 259
- (10) Aschaffenburg, R., J. Drewry 1957
Improved method for the preparation of crystalline β -lactoglobuline and α -lactalbumin from cow's milk.
Biochem. J. 65: 273
- (11) Auriol, P. 1961
Quelques facteurs de variation du temps de coagulation des laits individuels de vaches.
Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.1: 152
- (12) Barbano D.M.
Moisture nonuniformity and sampling errors in large cheddar cheese blocks.
J AOAC Int. 2001 Mar-Apr,84(2):613-9.
- (13) Barbano, D.M., R.R. Rasmussen, J.M. Lynch 1991
Influence of milk somatic cell count and milk age on cheese yield.
J. Dairy Sci. 74: 369 – 388
- (14) Barman, T.E. 1973
The isolation of an α -lactalbumin with three disulfide bonds.
Eur. J. Biochem. 37: 86

- (15) Barry, J.G., W.J. Donnelly 1980
Casein compositional studies. I. The composition of casein from Friesian herd milks.
J. Dairy Res. 47: 71 – 82
- (16) Barry, J.G., W.J. Donnelly 1981
Casein compositional studies. 2. The effect of secretory disturbance on casein composition in freshly drawn and aged bovine milk.
J. Dairy Res. 48: 437 – 446
- (17) Baticz O., S. Tomoskozi , L.Vida L, T. Gaal. 2002
Relationship between concentration of citrate and ketone bodies in cow's milk.
Acta Vet Hung.;50: 253-61
- (18) Bauer, J., U. Jacobi, B. Staufenbiel, E. Kirst, D. Jahn 1990
Zur Beeinflussung des Citratgehaltes der Milch durch verschiedene Energetische Versorgungsstufen des Rindes
Milchforschung Milchpraxis 32: 6 - 8
- (19) Bell, K., K.E. Hopper, H.A. McKenzie 1981
Bovine α -lactalbumin C and α s1-, β - and κ -casein of Bali (Banteng) Bos (Bibos) javanicus.
Aust. J. Biol. Sci. 34: 149
- (20) Bingham, E.W. 1979
Role of mammary casein kinase in the phosphorylation of milkproteins.
J. Dairy Res. 46: 181 – 188
- (21) Braunitzer, G., R. Chen, B. Schrank, A. Stangl 1972
Automatische Sequenzanalyse eines Proteins (β -Lactoglobulin AB).
Hoppe-Seyler's Z. Physiol. Chem. 353: 832
- (22) Breitenstein, K.-G., H. Fiedler, E. Gernand, G. Hanschmann, H. Hartung, H. Lenz, W. Reichardt, D. Schüler 1990
"Züchtungsexperiment Eiweiß" – zusammengefasste Ergebnisse 15jähriger Forschungsarbeit zum Milcheiweiß in der Abteilung Rinderzucht Clausberg.
Genetische Probleme in der Tierzucht, Dummerstorf, Heft 26
- (23) Brew, K., R.L. Hill 1970
The isolation and characterisation of the tryptic, chymotryptic, peptic and cyanogens bromide peptides from bovine α -lactalbumin.
J. Biol. Chem. 245: 4559
- (24) Brignon, G., B. Ribadeau-Dumas, J.C. Mercier 1976
Primiers elements de structure primaire des caseines α s2 bovines.
FEBS Lett. 71 : 111
- (25) Brignon, G., B. Ribadeau-Dumas, J.C. Mercier 1977
Complete amino acid sequence of bovine α s2-casein.
FEBS Lett. 76 : 274
- (26) Brown, J.R. 1975
Structure and evaluation of serum albumin,
In: Albumin structure Biosynthesis, Funktion.
Proc. FEBS Meet. 50: 1

- (27) Buchberger, J., F. Kiermeier, O. Kirchmeier, R. Graml, F. Pirchner 1982
Effect of genetic variants of milk protein on milk composition.
Proc. XXI. Int. Dairy Congr., Moscow 1(1): 40 – 41
- (28) Bynum, D. G., N. F. Olson. 1982
Influence of curd firmness at cutting on Cheddar cheese yield and recovery of milk constituents.
J. Dairy Sci. 65:2281–2290.
- (29) Christian M.P., C. Grainger, B.J. Sutherland, J.J Mayes , M.C. Hannah, B. Kefford.
1999
Managing diet quality for Cheddar cheese manufacturing milk. 1. The influence of protein and energy supplements.
J Dairy Res. 66: 341-355
- (30) Christian M.P., C. Grainger, B.J. Sutherland, J.J Mayes , M.C. Hannah, B. Kefford.
1999
Managing diet quality for cheddar cheese manufacturing milk. 2. Pasture v. grain supplements.
J Dairy Res. 66: 357-363
- (31) Corradini, C., E. Bergamaschi 1974
Influenza di alcune varianti genetiche sul compartimento della caseina in processi enzimatici.
Sci. Tecn. Latt.-Cas. 25: 202 – 213
- (32) Dalgleish, D.G. 1986
Analysis by fast liquid chromatographie of variants of κ -casein and their relevance to micellar structure and renneting.
J. Dairy Res. 53: 43 – 51
- (33) Dalgleish, D.G., D.S. Horne, A.J.R. Law 1989
Size-related differences in bovine casein micelles.
Biochim. Biophys. Acta 991: 383 – 387
- (34) Dalgleish, D.G., J. Brinkhuis, T.A.J. Payens 1981
The coagulation of differently sized casein micelles by rennet.
Eur. J. Biochem. 119: 257 – 261
- (35) Davies, D.T., A.J.R. Law 1977
The composition of whole casein from the milk of Ayrshire cows.
J. Dairy Res. 44: 447 – 455
- (36) Doi, H., F. Ibuki, M. Kanamori 1979
Heterogeneity of reduced bovine κ -casein.
J. Dairy Sci. 62: 195
- (37) Donnelly, W.J., G.P. McNeill, W. Buchheim, T.C.A. McGann 1984
A comprehensive study of the relationship between size and protein composition in natural bovine casein micelles.
Biochim. Biophys. Acta 789: 136 – 143
- (38) Droese, N. 1973
Erarbeitung von Leistungskorrekturen und Parametern sowie des Programms zum Züchtungsforschungsexperiment Milcheiweiß
Diss: ADL 1973

- (39) Eigel, W.N. 1977a
Formation of γ 1-A₂, γ 2-A₂ and γ 3-A-caseins by in vitro proteolysis of β casein A₂ with bovine plasmin.
Int. J. Biochem. 8: 187-192
- (40) Eigel, W.N. 1977b
Effect of bovine plasmin on α s₁-B and κ -A caseins.
J. Dairy Sci. 60: 1399
- (41) Eigel, W.N., C.J. Hofmann, C.A.K. Chibber, J.M. Tomish, T.W. Keenan, E.T. Mertz 1979
Plasmin mediated proteolysis of casein in bovine milk.
Proc. Natl. Acad. Sci.
- (42) Eigel, W.N., J.E. Butler, C.A. Ernstom, H.M. Farrel jr., V.R. Harwalker, R. Jennes, R.M. Whitney 1984
Nomenclature of proteins of cow's milk: Fifth revision.
J. Dairy Sci. 67: 1599 – 1622
- (43) Ekstrand, B., M. Larsson-Raznikiewicz, C. Perlmann 1980
Casein micelle size and composition related to the enzymatic coagulation process.
Biochim. Biophys. Acta 630: 361 – 366
- (44) El Negoumi, A.M. 1972
Effect of polymorphic composition of calcium caseinate sols on their stability to rennin.
J. Dairy Res. 39: 373 – 379
- (45) Emmons, D. B., C. A. Ernstom, C. Lacroix, and P. Sauve. 1993
Further considerations in formulas for predicting cheese yield from the composition of milk.
J. Dairy Sci. 76:914-920.
- (46) Feagan, J.T., L.F. Bailey, A.F. Hehir, D.M. Mc Lean, N.J.S. Ellis 1972
Coagulation of milk proteins 1. Effect of genetic variants of milk proteins on rennet coagulation and heat stability of normal milk.
Aust. J. Dairy Technol. 27: 129 – 133
- (47) Ford, G.D., A.S. Grandison 1986
Effect of size of casein micelles on coagulation properties of skim milk.
J. Dairy Res. 53: 129 – 133
- (48) Frede, E., D. Precht, K. Pabst, D. Philipczyk 1993
Chemisch-physikalische Veränderungen des Milchfette durch verfütterung verschiedener Rapsprodukte
4. Clausberger Milchkolloquium, Schriftenreihe der LUFA Thüringen Heft 5/1993: 54-62
- (49) G. Jahreis, H. Hartung 1993
Beeinflussung der Milchqualität durch Rapsfütterung
4. Clausberger Milchkolloquium, Schriftenreihe der LUFA Thüringen Heft 5/1993: 63-67
- (50) Galley, J.A. 1973
Structure of immunoglobulins.
In: The antigens Vol. 1 M. Sela. ed. Academic Press
New York: 162

- (51) Gernand E., H. Hartung 1997
 Untersuchungen zu Einflussgrößen auf Zusammensetzung und Käseeritauglichkeit von Rohmilch einzelner Kühe. 2. Mitt.: Untersuchungen zur Variation der Milchgerinnung und deren Ursachen an Einzelmilchproben
 Arch. Tierz. 40 225-238
- (52) Gernand, E. 1988:
 Zur Berücksichtigung qualitativer und quantitativer Faktoren der Milcheiweißzusammensetzung in der Züchtung
 Diss. ADL
- (53) Gernand, E., K.G. Breitenstein, H. Fiedler, W. Reichardt 1993
 Rückblick auf die letzten 20 Jahre Clausberger Forschungsarbeiten zum Milcheiweiß
 4. Clausberger Milchkolloquium, Schriftenreihe der LUFA Thüringen Heft 5/1993: 74-96
- (54) GfK Panel Services (Gesellschaft für Konsumforschung), Consumer Research, IRI/GfK: Retail Services Molkereiprodukte, IRI/GfK Retail Services 3, 1999
- (55) Gordon, W.G., M.L. Groves, R. Greenberg, S.B. Jones, E.B. Kalan, R.F. Peterson, R.F. Townend 1972
 Pivpable identification of γ -TS-, R- and S-casein as fragments of β -casein.
 J. Dairy Sci. 55: 261
- (56) Gordon, W.G., R. Aschaffenburg, A. Sen, S. Glosch 1968
 Amino acid composition of several α -lactalbumins.
 J. Dairy Sci. 51: 947
- (57) Graham, E.R.B., D.M. McLean, P. Zwiedrans 1984
 The effect of milk protein genotypes on the cheesemaking properties of milk and on the yield of cheese.
 Proc. Aust. Assoc. Anim. Breed. Genet. 4
- (58) Graml, R., J. Buchberger, F. Pirchner 1988
 Züchtung auf Käseeritauglichkeit der Milch.
 Züchtungskunde 60: 11-23
- (59) Grandison, A.S., D.J. Manning, D.J. Thomson, M. Anderson 1985
 Interrelationships of chemical composition and rennet coagulation properties of milks from cows grazing ryegrass or white clover.
 J. Dairy Res. 52: 41 – 46
- (60) Grandison, A.S., G.D. Ford, A.J. Owen, D. Millard 1984b
 Chemical composition and coagulating properties of renneted Frisian milk during the transition from winter rations to spring grazing.
 J. Dairy Res. 51: 69 – 74
- (61) Grandison, A.S., G.D. Ford, D. Millard, A.J. Owen 1984a
 Chemical composition and coagulating properties of renneted milks from cows during early lactation.
 J. Dairy Res. 51: 407 – 412
- (62) Grosclaude, F., M.F. Mahe, J.-C. Mercier, B. Ribadeau - Dumas 1973
 Structure primaire de la caseine α ₁ et de la caseine β bovine.
 Eur. J. Biochem. 40: 323 – 330

- (63) Grosclaude, F., M.F. Mahe, J.-C. Mercier, J. Bonnemaire, J.H. Tessier 1976
Polymorphisme de lactoprotéines de bovines Népalais II Polymorphisme des caseines (α_s -mineures). Le locus α_{s2} -Cn est il lié aux loci α_{s1} -Cn, β -Cn in κ -Cn?
Ann. Genet. Sel. Anim. 8: 481 – 483
- (64) Grosclaude, F., P. Joudrier, M.F. Mahe 1979
A genetic and biochemical analysis of a polymorphism of bovine α_{s2} -casein.
J. Dairy Res. 46: 211 – 218
- (65) Groves, M.L., R. Greenberg 1982
Complete amino acid sequence of bovine β_2 -micro-globulin.
J. Biol. Chem. 257: 2619 – 2625
- (66) Groves, M.L., W.G. Gordon, E.B. Kalan, S.B. Jones 1973
TS – A₂, TS – B, R - and S – caseins: Their isolation, composition and relationship to the β - and γ - casein polymorphs A₂ and B.
J. Dairy Sci. 56: 558 – 566
- (67) Hampton, O., H.E. Randolph 1969
Influence of mastitis on properties of milk: II. Acid production and curd firmness.
J. Dairy Sci. 52: 1563 – 1565
- (68) Hermansen J.E., S. Ostersen, N.C. Justesen, O. Aaes 1999
Effects of dietary protein supply on caseins, whey proteins, proteolysis and renneting properties in milk from cows grazing clover or N fertilized grass.
J Dairy Res. 66: 193-205.
- (69) Hicks, C.L., J. O'Leary 1982
Effect of pumping milk on cheese yield
Vortrag 19th Marshall Invitational Italian Cheese Seminar Madison 15/16.09.1982
- (70) Hicks, C.L., J.O'Leary, E. Aylward, B.E. Langlois 1980
Effekt of low temperature Storage of milk on cheese yield
Vortrag 17th Marshall Invitational Italian Cheese Seminar Madison 10/11.09.1980
- (71) Hoagland, P.D. , M.P. Thompson, E.B. Kalan 1971
Amino acid composition of α_{s3} -, α_{s4} - and α_{s5} -casein.
J. Dairy Sci. 54: 1103 – 1112
- (72) Hossain, M.A. 1974
Die genetischen Varianten des Milcheiweißes und ihre Bedeutung für die Milchwirtschaft.
Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte 26: 17
- (73) Hossain, M.A. 1976
Der Einfluß der Proteinfractionen auf das Gerinnungsverhalten der Milch und die Festigkeit der Gallerte.
Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte 28: 43
- (74) Hossain, M.A. 1976
Der Einfluß der Proteinfractionen auf das Gerinnungsverhalten der Milch und die Festigkeit der Gallerte.
Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte 28: 43-58
- (75) Hurtaud C., H. Rulquin, R. Verite 1998
Effects of level and type of energy source (volatile fatty acids or glucose) on milk yield, composition and coagulating properties in dairy cows.
Reprod Nutr Dev. 38: 315-330

- (76) Jaeggi JJ, Govindasamy-Lucey S, Berger YM, Johnson ME, McKusick BC, Thomas DL, Wendorff WL. 2003
Hard ewe's milk cheese manufactured from milk of three different groups of somatic cell counts.
J Dairy Sci. 10:3082-3089
- (77) Jakob, E., Z. Puhan 1986
Die Bedeutung der genetischen Varianten des κ -Caseins für die Labfähigkeit der Milch.
Dt. Molkerei Ztg. 107 (25): 826
- (78) Jakob, E., Z. Puhan 1986
Unterschiede zwischen Labträger und normalgerinnender Milch unter besonderer Berücksichtigung der Caseinfaktoren.
Schweiz. Milchw. Forschung 15: 27 – 35
- (79) Johnson, M. E., C. M. Chen, J. J. Jaeggi
Effect of Rennet Coagulation Time on Composition, Yield, and Quality of Reduced-Fat Cheddar Cheese
J. Dairy Sci. 84:1027–1033
- (80) Kaminogawa, S., H. Mitzobuchi 1972
Comparison of bovine milk protease with plasmin.
Agricultural and Biological Chemistry 36: 2351
- (81) Kefford B., M.P. Christian, B.J. Sutherland, J.J. Mayes, C. Grainger 1995
Seasonal influences on Cheddar cheese manufacture: Influence of diet quality and stage of lactation.
J Dairy Res. 62: 529-537.
- (82) Kirchmeier, O., A. Mehana, R. Graml, J. Buchberger, F. Pirchner 1983
Untersuchungen chemisch physikalischer Eigenschaften des Caseins.
Überlagerung genetisch und jahreszeitlich bedingter Effekte
Milchwissenschaft 38: 589-591
- (83) Korycka-Dahl, M., B. Ribadeau-Dumas, N. Chene, J. Martal 1983
Plasmin activity in milk.
J. Dairy Sci. 66: 704 – 713
- (84) Kristiansen, K.R. 1990
Influence of genetic variants on milk composition and technological properties.
Brief Comm. XXIII. Int. Dairy Congr., Montreal, October 8 – 12, 1990, Vol. I
Brussels, Belgium, Int. Dairy Fed., 1990, 59
- (85) Kroeker, E.M., K.F. Ng-Kwai-Hang, F.F. Hayes, J.E. Mowley 1985
Effect of β -lactoglobulin variant and environmental factors on variation in the detailed composition of bovine milk serum proteins.
J. Dairy Sci. 68: 1637 – 1641
- (86) Krüger, W., M.Kraus, D. Glöckl 1981
Zur chemischen Beeinflussung der Kalziumionenaktivität der Milch.
Milchforschung-Milchpraxis 23: 111 - 114
- (87) Lindström, U.B., V. Antila, J. Syväjärvi 1984
A note on some genetic and non-genetic factors affecting clotting time of Ayrshire milk.
Acta Agric. Scand. 34: 349

- (88) Lodes, A., I. Krause, J. Buchberger, J. Aumann, H. Klostermeyer 1996
The influence of genetic variants of milk proteins on the compositional and technological properties of milk. 1. Casein micelle size and the content of non-glycosylated κ -casein.
Milchwissenschaft 51: 368
- (89) Long, J., Q. Van Winkel, I.A. Gould 1958
Isolation and identification of λ -casein.
J. Dairy Sci. 41: 317
- (90) Lucey, J. A., C. Gorry, P. F. Fox. 1993
Importance of calcium and phosphate in cheese manufacture: A review.
J. Dairy Sci. 76:1714–1724.
- (91) Lucey, J. A., M. E. Johnson, D. S. Horne 2003
Perspectives on the Basis of the Rheology and Texture Properties of Cheese.
J. Dairy Sci. 86:2725-2743
- (92) Lucey, J.A., P.F. Fox 1992
Rennet coagulation properties of late-lactation milk: effect of pH adjustment, addition of CaCl_2 , variation in rennet level and blending with mid-lactation milk.
Ir. J. Agric. Food Res. 31: 173 – 184
- (93) Lynch, J.M., D.M. Barbano, D.E. Bauman, G.F. Hartnell, M.A. Nemeth 1992
Effect of prolonged-release formulation of N-methionyl bovine somatotropin (sometribove) on milk fat.
J. Dairy Sci. 75: 1794
- (94) Macheboeuf, D., J.-P. Coulon, P. d'Hour 1993
Effects of breed, protein genetic variants and feeding on cows' milk coagulation properties
J. Dairy Res. 60: 43 – 54
- (95) Manson, W., T. Carolan, W.D. Annan, 1977
Bovine α So-casein a phosphorylated homologue of α S1-casein.
Eur. J. Biochem. 78: 411 - 416
- (96) Mariani, P., D. Morini, G. Losi, G.B. Castagnetti, E. Fossa, V. Russo 1979
Ripartizione delle frazioni azotate del latte in vacche caratterizzate da genotipo diverso nel locus β -lactoglobulina.
Scienza e Tecn. Latt.-Cas. 30: 153 – 176
- (97) Mariani, P., G. Losi, V. Russo, G.B. Castagnetti, L. Grazia, D. Morini, E. Fossa 1976
Prove de caseificazione con latte caratterizzato dalle varianti A e B della κ -caseina nella produzione del formaggio Parmigiano-Reggiano.
Sci. Tecn. Latt.-Cas. 27: 208 – 227
- (98) Mariani, P., M. Pecorari, E. Fossa 1982
Le caratteristiche di coagulazione del latte in rapporto allo studio della lattazione ed ai livelli di produzione.
Sci. Tecn. Latt.-Cas. 33: 409
- (99) Mariani, P., P. Monatti, E. Fossa, M. Pecorari 1990
Rennet coagulation time of cow milk in relation to lactation number.
Sci. Tecn. Latt.-Cas. 41 (Suppl.): 298 – 304

- (100) McGann, C.A., W.J. Donnelly, R.D. Kearny, W. Buchheim 1980
Composition and size distribution of bovine casein micelles.
Biochim. Biophys. Acta 630: 261 – 279
- (101) McLean, D.M. 1981
Bovine milk proteins: their determination, and association between milk protein genotypes and milk yield and composition.
Thesis University of Adelaide, South Australia
- (102) McLean, D.M., E.R.B. Graham, R.W. Ponzoni, H.A. McKenzie 1984
Effects of milk protein genetic variants on milk yield and composition.
J. Dairy Res. 51: 531 – 546
- (103) Mercier, J.-C., G. Brignon, B. Ribadeau-Dumas 1973
Structure primaire de la caseine κ B bovine. Sequence complete.
Eur. J. Biochem. 35 : 222
- (104) Milchindustrieverband 2003:
Produktions- und Nachfrageentwicklung Herstellung von Milcherzeugnissen 1996-2002
<http://www.milch-markt.de/> 21.12.2003
- (105) Morini, D., G. Losi, G.B. Castagnetti, P. Mariani 1979
Prove di caseificazione con latte caratterizzato dalle varianti A e B della κ -caseina: rilievi sul formaggio stagionato.
Sci. Techn. Latt.-Cas. 30: 243 – 262
- (106) Morini, D., G.B. Castagnetti, C. Chiavari, G. Losi, R. Davoli, P. Bosi 1982
Prova di caseificazione con latte caratterizzato dalle varianti A e B della β -lactoglobulina nella produzione del formaggio Parmigiano-Reggiano.
Scienza e Tecn. Latt.-Cas. 33: 475 – 492
- (107) Ng-Kwai-Hang, K.F., J.F. Hayes, J.E. Moxley, H.G. Monardes 1987
Variation in milk protein concentrations associated with genetic polymorphism and environmental factors.
J. Dairy Sci. 70: 563 – 570
- (108) Ng-Kwai-Hang, K.F., J.F. Hayes, J.E. Moxley, H.G. Monardes 1986
Relationships between milk protein polymorphisms and major milk constituents in Holstein-Friesian cows.
J. Dairy Sci. 69: 22 – 26
- (109) Niki, R., S. Arima 1984
Effect of size of casein micelles on firmness of rennet curd.
Jap. J. Zootech. Sci. 55 : 409 – 415
- (110) Nyantwaza, M. 1993
Zum Gerinnungsverhalten von Milchsekreten aus sekretionsgestörten Eutervierteln nach Zugabe von Kälberlabenzym
Diss. Tierärztliche Hochschule Hannover
- (111) O’Keeffe, A.M. 1984
Seasonal and lactational influences on moisture content of cheddar cheese.
Ir. J. Food Sci. Technol. 8: 27 – 37
- (112) Okigbo, L.M., G.H. Richardson, R.J. Brown, C.A. Ernstrom 1985 a
Casein composition of cows milk of different chymosin coagulation properties.
J. Dairy Sci. 68: 1887

- (113) Okigbo, L.M., G.H. Richardson, R.J. Brown, C.A. Ernstrom 1985 b
Coagulation properties of abnormal and normal milk from individual cow quarters.
J. Dairy Sci 68: 1893
- (114) Oloffs, K. 1991
Genetische Grundlagen der Käseereitauglichkeit von Rohmilch.
Diss. Kiel
- (115) Pabst, K. 1994
Die Bedeutung von Milchproteinvarianten für die Herstellung von Käse
Fachtagung „Technologie und Technik bei der Weich- und Schnittkäseherstellung“
24.11.1994 in Wolfpassing
Milchwirtschaftliche Berichte 122/123 1995 51-55
- (116) Pagnacco, G., A. Caroli 1987
Effect of casein and β -lactoglobulin genotypes on renneting properties of milks.
J. Dairy Res. 54: 479 – 485
- (117) Pearse, M.J., P.M. Linklater, R.J. Hall, A.G. MacKinlay 1986
Effect of casein micelle composition and casein dephosphorylation on coagulation and syneresis.
J. Dairy Res. 53: 381 - 391
- (118) Polis, B.D., H.W. Shmulker, J.H. Custer 1950
Isolation of a crystalline albumin from milk.
J. Biol. Chem. 187: 349
- (119) Politis, I., K.F. Ng-Kwai-Hang 1988a
Effects of somatic cell count and milk composition on cheese composition and cheesemaking efficiency.
J. Dairy Sci. 71: 1711 – 1719
- (120) Politis, I., K.F. Ng-Kwai-Hang 1988b
Association between somatic cell count of milk and cheese yielding capacity.
J. Dairy Sci. 71: 1720 - 1727
- (121) Politis, I., K.F. Ng-Kwai-Hang 1988c
Effects of somatic cell counts and milk composition on the coagulating properties of milk.
J. Dairy Sci. 71: 1740 – 1746
- (122) Preaux, G., G. Braunitzer, B. Schrank, A. Stangl 1979
The amino acid sequence of goat β -lactoglobulin.
Hoppe Seyler's Z. Physiol. Chem. 360: 1595
- (123) Qvist, K.B. 1979
Reestablishment of the original rennetability of milk after cooling. 1. The effect of cooling and LTST pasteurisation of milk on renneting.
Milchwissenschaft 34 467-470
- (124) Rahali, V., J.L. Menard 1991
Influence des variants genetiques de la β -lactoglobuline et de la κ -caseine sur la composition du lait et son aptitude fromagere.
Lait 71: 275 – 297

- (125) Rampili, M., Caroli, A., P. Bolla, G. Pirlo 1988
 Ralazioni tra genotipi lattoproteici, composizione caseinica e attitudine alla coagulazione del latte nel corso della lattazione.
 Scienza e Tec. Latt.-Cas. 39: 262 – 279
- (126) Reichardt, W. 1999
 Variation des κ -Caseinanteils am Reinprotein in Anlieferungsmilch
 persönliche Mitteilung
- (127) Reichardt, W., E. Gernand 1996
 Über die Caseinzahl der Kuhmilch
 DMZ 12:538-544
- (128) Reichardt, W.; E. Schüler, H. Hartung 1991
 Beziehungen zwischen Rohmilchparametern der Anlieferungsmilch in einem Molkereieinzugsgebiet
 Milchforschung Milchpraxis 33: 125 – 130
- (129) Ribadeau-Dumas, B., G. Brignon, F. Grosclaude, J.C. Mercier 1972
 Structure primaire de la casein β bovine.
 Eur. J. Biochem. 25: 205
- (130) Robitaille, G., K.F. Ng-Kwai-Hang, H.G. Monardes 1991
 Variation in the N-acetyl neuraminic acid content of bovine κ -casein.
 J. Dairy Res. 58: 107 – 114
- (131) Rose, D. 1961a
 Variations in the heat stability and composition of milk from individual cows during lactation.
 J. Dairy Sci. 44: 430-441
- (132) Rose, D. 1961b
 Factors affecting the pH-sensitivity of the heat stability of milk from individual cows
 J. Dairy Sci. 44: 1405-1413
- (133) Saeman, A.I., R.J. Verdi, D.M. Galton, D.M. Barbano 1988
 Effect of mastitis on proteolytic activity in bovine milk.
 J. Dairy Sci. 71: 505 – 512
- (134) Sapru A, D.M. Barbano, J.J. Yun, L.R. Klei, P.A. Oltenacu, D.K. Bandler. 1997
 Cheddar cheese: influence of milking frequency and stage of lactation on composition and yield.
 J Dairy Sci. 80: 437-46.
- (135) Schaar, J. 1984
 Effects of κ -casein genetic variants and lactation number on the renneting properties of individual milks.
 J. Dairy Res. 51: 397 – 406
- (136) Schaar, J., Hansson, B., H.-E. Pettersson 1985
 Effects of genetic variants of κ -casein and β -lactoglobulin on cheesemaking.
 J. Dairy Res. 52: 429 – 437
- (137) Schmidt, D.G. 1979
 Properties of artificial casein micelles.
 J. Dairy Res. 46: 351 – 355

- (138) Schmidt, D.G., J. Koops 1965
Some features of the heat stability of concentrated milk.
1. Effect of genetic variants of κ -Casein.
Neth. Milk Dairy J. 19: 63-68
- (139) Schüler, D. 1993
Untersuchungen zur Beeinflussung der Milchfettkonsistenz
4. Clausberger Milchkolloquium, Schriftenreihe der LUFA Thüringen Heft 5/1993:
68-73
- (140) Sherborn, J.W., R.A. Ledford, J. Regenstein 1967
Variants of milk proteins and their possible relation to milk properties.
J. Dairy Sci. 50: 951 – 958
- (141) Sienkiewicz, T. 1981
Nomenklatur und einige Eigenschaften der Molkenproteine. 2. Mitt.: α -
Lactalbumin, Immunoglobuline, Proteose-Peptide, Minorproteine und Enzyme.
Die Nahrung 25: 335
- (142) Snoeren, T.H.M., J.A.M. van Riel 1979
Milk proteinase: its isolation and action on α s2- and β -casein.
Milchwissenschaft 34: 528 – 531
- (143) Sommer, H.H., H. Matsen 1935
The relation of mastitis to rennet coagulability and curd strength of milk.
J. Dairy Sci. 18: 741 – 749
- (144) Srinivasan, M., J.A. Lucey 2002
Effects of added plasmin on the formation and rheological properties of rennet-
induced skim milk gels.
J. Dairy Sci. 85: 1070 – 1078
- (145) Tervala, H.-L., V. Antila, J. Syväjärvi 1985
Factors affecting the renneting properties of milk.
Meijeritieteellinen Aikakauskirja XLIII, n:o 1: 16 - 25
- (146) Tervala, H.-L., V. Antila, J. Syväjärvi, U.B. Lindstrom 1983
Variations in the renneting properties of milk.
Meijeritieteellinen Aikakauskirja XLI n:o 2: 24 – 28
- (147) Udabage P., I.R. McKinnon, M.A. Augustin. 2001
Effects of mineral salts and calcium chelating agents on the gelation of renneted
skim milk
J. Dairy Sci. ;84: 1569-75.
- (148) Van Hooydonk, A.C.M., H.G. Hagedorn, I.J. Boerrigter 1986
The effect of various cations on the renneting of milk.
Neth. Milk Dairy J. 40: 369 – 390
- (149) Van Vliet, T., S.P.F.M. Roefs, P. Zoon, P. Walstra 1991
Relation between syneresis and rheological properties of particle gels.
Colloid Polymer Sci. 269: 620 – 627
- (150) Van Slyke, L.L.; C.A. Publow 1910
The Science and Practice of Cheese Making
Orange Judd Co. New York

- (151) Vanamann, T.C., K. Brew, R.L. Hill 1970
The disulfide bonds of bovine α -lactalbumin.
J. Biol. Chem. 245: 4583
- (152) Verdi R, Barbano DM 1991
Properties of proteases from milk somatic cells and blood leukocytes.
J Dairy Sci. 7:2077-2081
- (153) Verdi, R.J., D.M. Barbano, M.E. Dellavalle, G.F. Senyk 1987
Variability in true protein, casein nonprotein nitrogen and proteolysis in high and low somatic cell milks.
J. Dairy Sci. 70: 230-242
- (154) Verdi, R.J., D.M. Barbano, M.E. Dellavalle, G.F. Senyk 1987
Variability in true protein, casein, nonprotein nitrogen, and proteolysis in high and low somatic cell milks.
J. Dairy Sci 70: 230 – 242
- (155) Vreemann, H.J., P. Both, J.A. Brinkhuis, C. Van der Spek 1977
Purification and some physicochemical properties of bovine κ -casein.
Biochim.-Biophys.-Acta 491: 93
- (156) Walsh, C.D., T. Guinee, D. Harrington, R. Mehra, J. Murphy, J.F. Connolly, R.J. Fitzgerald
Cheddar cheesemaking and rennet coagulation characteristics of bovine milks containing κ -casein AA or BB genetic variants.
Milchwissenschaft 50: 492
- (157) Whitney, R.M., R.J. Brunner, K.E. Ebner, H.M. Farrell, R.V. Josephson, C.V. Morr, H.E. Swaisgood 1976
Nomenclature of the proteins of the cow's milk: Fourth revision.
J. Dairy Sci. 59: 795 – 802

Thesen zum Abschlussbericht:

„Produktion von Milch mit besonderen Verarbeitungseigenschaften durch hohen Eiweißgehalt und hohe Eiweißqualität an grünlandreichen Standorten“

Dr. E. Gernand, Dr. W. Reichardt, Dr. K. Ihm¹

1. Der Trend der letzten Jahre zeigt einen ungebrochenen Anstieg der Käseproduktion und des Käseverbrauchs bei gleichzeitigem Rückgang der Magermilchpulverproduktion. Damit verbunden ist eine erhebliche Steigerung der Wertschöpfung, insbesondere aus Milcheiweiß. Mit dem steigenden Käseanteil und der zunehmenden Deregulierung des Milchmarktes steht der Milcherzeuger vor der Aufgabe, marktgerechte Milch zu erzeugen. Schon heute zeigt sich, dass spezialisierte Käsereien einen höheren Auszahlungspreis realisieren als Standardmolkereien, aber damit auch erhöhte Ansprüche an die Milch verbinden.
2. Die Untersuchungen wurden an Daten aus einer praktischen Käserei vorgenommen. Zielstellung waren die Ermittlung des Einflusses der durch den Landwirt hergestellten Rohmilch auf den Käseertrag.
3. Anhand der Inhaltsstoffe ist zu belegen, dass auch die Vergleichsmilch anhand des Eiweißgehaltes für die Käserei ausgewählt war. Ihr Gehalt an Fett und Eiweiß liegt bereits deutlich über dem Durchschnitt Thüringens (E%: 3,49 vs. 3,41; F%: 4,27 vs. 4,16 (2002), aber dennoch klar niedriger als der der Versuchsmilch (E%: 3,60, F% 4,45). Diese erreicht aber im Versuchszeitraum leider nicht mehr die angestrebte Höhe von über 3,7 % Eiweiß. Den Mengensteigerungen im Versuchszeitraum stand ein Abfall des Eiweißgehaltes gegenüber.
4. Nachzuweisen ist eine bessere Hitzestabilität der Versuchsmilch, die zu einem geringeren Eiweißverlust während der Pasteurisierung führt. Dies kann mit dem höheren Anteil an κ -Casein-B Typen in der Versuchsmilch erklärt werden.
5. Mit der Milchgerinnung und den anschließenden Phasen der Verfestigung des Käsebruches beginnt die eigentliche Käsebereitung. Die Dauer von Gerinnung bis einschließlich Brennen ist weder von der Herkunft noch von einem der ermittelten Milchinhaltsstoffen beeinflusst.
6. Die Gesamtdauer vom Laben bis einschließlich der Zeitdauer des Brennens ist von der im Versuchszeitraum umgestellten CaCl_2 Menge abhängig.
7. Für die in der Folge festgestellten Einflüsse der Inhaltsstoffe ist die Höhe der Calciumgabe entscheidend. Überraschend war, dass eine Beziehung des Fettgehaltes der Rohmilch zu den Zeiten bis zum Nachkäsen auftritt, wenn hohe Calciummengen zugegeben werden. Es muss davon ausgegangen werden, dass dieser Effekt durch Eigenschaften hervorgerufen werden, die ihrerseits mit dem Eiweiß- und Fettgehalt korrelieren.
8. Entscheidend für den Fortgang der Arbeiten ist die Verweildauer auf dem DMC²-Band. Mit steigendem Eiweißgehalt geht eine Verkürzung der DMC-Phase einher,

¹ Herzgut Landmolkerei Schwarza e.G.

² Draining Matting Conveyor (Dt.: Entwässerungsband)

wobei dieser Effekt bei niedrigen CaCl_2 -Gaben wesentlich deutlicher ist. Es zeigt sich, dass hoher Eiweißgehalt für den Ablauf der Käsebereitung von Vorteil ist.

9. Der theoretische Käseertrag wird in der Regel nach der Formel von Van Slyke bestimmt. Hierbei gehen die Inhaltsstoffkonzentrationen in der Milch und der Trockensubstanzgehalt des Käses ein. Bei der Gegenüberstellung der Abweichungen von dem aufgrund der Inhaltsstoffe zu erwartenden Käseertrag zeigt sich ein Vorteil von 0,7% für die Versuchsmilch. Dieser Effekt ist aufgrund der hohen Varianz des angegebenen Käseertrages nicht zu sichern und sollte entsprechend vorsichtig bewertet werden.
 10. Als systematischer nachweisbarer Effekt zeigt sich die Eiweiß-Fett-Differenz. Mit zunehmendem Fettüberschuss steigt der Fettverlust in die Molke, gleichzeitig bleibt die Ausbeute hinter der theoretisch kalkulierten zurück. Dabei ist zu beachten, dass der hier hergestellte halbfeste Schnittkäse aus geschmacklichen Gründen auf einen hohen Fettgehalt zielt.
 11. Die Kapazität des Caseinnetzwerkes zur Fetteinlagerung gerät an seine Grenzen. Voraussetzung für eine hohe Fettverwertung im Käse ist also ein hoher Eiweißgehalt.
 12. Unter den Bedingungen des hier gefertigten Käses sind je 0,1% Eiweiß etwa 40 kg Käse je 10000 kg Charge mehr zu produzieren, ohne dass diesem ein Anstieg der Erfassungs- und Prozesskosten in der Molkerei gegenübersteht. Entsprechende Absatzchancen vorausgesetzt, eröffnet dies auch Spielräume in der Milchpreisgestaltung. Im umgekehrten Fall besteht für die Molkerei derzeit keine Möglichkeit, einen Ertragsausfall durch Kostensenkung innerhalb der Molkerei zu kompensieren.
-