

Das Melken erfordert 40 bis 50 % aller Kuhstallarbeiten. Während ein guter Handmelker stündlich 7 bis 8 Kühe melken kann, wird er mit einfacher *Kannenmelkanlage* 16 Kühe, mit einer *Rohrmelkanlage* 22 Kühe, im *Fischgräten-Melkstand* 30 Kühe und im *Karussel-Melkstand* eine noch wesentlich größere Anzahl von Kühen in der Stunde melken können. Der Einsatz an lebendiger Arbeit für das Melken sinkt auf Bruchteile des vorn beschriebenen Aufwands ab.

Jedoch nicht nur das Melken selbst, sondern auch die Technik der Milchsammlung und des Milchtransports vom Erzeuger zur Molkerei unterliegen einer stürmischen Entwicklung. Und in der Milchindustrie ist die Tendenz zur Konzentration und Spezialisierung der Produktion zu erkennen. Neue, weitgehend automatisierte Arbeitsverfahren kommen zur Anwendung. Bei der Herstellung von *Trinkmilch*, die ohne Kühlung 4 Wochen und länger haltbar bleibt, von *Süß- und Sauerrahmbutter*, die in kontinuierlich arbeitenden Verfahren produziert wird und eine Lagerfähigkeit von 6 bis 8 Monaten erreicht, von *Quark*, *Frischkäse* und *verschiedenen Käsesorten*, die unter weitgehender Vermeidung handwerklicher Verfahren im Fließprozeß nahezu automatisiert hergestellt werden, von *halbfesten Schnittkäsen*, von *Hartkäsen*, die in Kunststoffolien verpackt reifen und schon während der Reifung transportiert werden können und Rindenverluste und Masseverluste bei der Reifung nahezu vollständig ausschließen, von *Säuglingsnahrung*, von *Kälberaufzucht*, *Kälbermast- und Ferkelaufzuchtmitteln* und vielen *früher unbekanntem Milcherzeugnissen* begegnen dem Untersucher die neuen technischen Bedingungen der Milchproduktion. Und da Milch heute und in Zukunft zur Grundnahrung zählen und sie zur Erhaltung der Produktivkraft der Werktätigen die ernährungsphysiologische Funktion einer *Schutz- und Ergänzungsnahrung* übernehmen wird, ist die weitere starke Entwicklung ihrer Produktion erforderlich.

Waren in früherer Zeit die Bedingungen der Milchproduktion im bäuerlichen Betrieb von nebensächlicher Bedeutung, weil der Rohstoff Milch unmittelbar auf dem Gutshof zu Butter, Handkäse oder Sahne verarbeitet wurde, so wandelt die *technische Revolution* diese Situation grundlegend. Jetzt kommt es nicht nur darauf an, das Euter mit rationellen Verfahren zu entleeren, sondern es müssen die für die technische Verarbeitung des Rohstoffs geforderten Bedingungen in einem vorher nicht gekannten Ausmaß erfüllt werden. Das ist bei dem empfindlichen Rohstoff Milch leichter gesagt als getan.

Die auf die Dauer erfolgreiche Technik der Milchgewinnung muß die Kenntnisse der Physiologie der Milchbildung im Euter, der Euterentleerung, den Einfluß von der Kühlung der Milch, des Milchtransports, der Reinigung, der Desinfektion und vieler anderer Einzelfragen so verwerten, daß eine hohe Produktivität der Milchkuh erhalten bleibt und daß der Rohstoff Milch die für die unterschiedlichsten Verarbeitungsprozesse geforderten Eigenschaften sicher behält. Das aber wird in entscheidendem Maße beim Melken und unmittelbar danach entschieden! Deshalb hat die zum Einsatz kommende Technik bei der Milchgewinnung eine übertragende, alle weiteren Prozesse bestimmende Funktion.

Welche Grundlagen liefert die in jüngster Zeit ausgedehnte einschlägige Forschung zur Lösung dieser Aufgaben? Es sollen unter diesem Blickwinkel der heutige Stand der Technik und ihre Leistung erörtert und die zukünftig zu lösenden Aufgaben gekennzeichnet werden.

* Direktor des Instituts für Milchwirtschaft der Humboldt-Universität zu Berlin

1. Wichtige Ergebnisse der physiologischen Forschung

Die Milchbildung erfolgt im Euter. Dieses besteht aus dem *Drüsenparenchym*, aus Drüsenläppchen (Lobuli), dem *milch-abführenden Teil* mit Milchgängen (Ductus lactiferi), der Milchzisterne (Sinus lactiferus) und dem Strichkanal (Canalis papillaris) sowie dem *Interstitium*, dem die ganze Drüse und deren Inneres umhüllenden und durchziehenden Binde- und Stützgewebe. Die blattförmig geordnete Drüsenoberfläche setzt sich aus einer großen Anzahl von Drüsenbezirken (Drüsenläppchen) zusammen, die 0,5 bis 5 mm groß sind. Die Blätter der kleinsten Ordnung bestehen aus 2 Schichten von Lobuli. Diese bilden ein in der Form zwar inkonstantes Bläschen (Alveole), das sich je nach Füllungszustand dem Nachbarbläschen anpaßt. Eine einzelne Alveole hat 0,1 bis 0,25 mm Dmr.; je nach Größe können 8 bis 120 Alveoli zu einem Drüsenbläschen zusammengefaßt sein. Jede einzelne Alveole besteht aus dem einschichtigen *Alveolarepithel*, der eigentlichen Bildungsstätte der Milch, einer Basalmembran und koalogenem Bindegewebe. Sie ist von Muskelfasern, Blutkapillaren und Nerven korbartig umgeben. Nach TURNER [1] erfolgt die Milchbildung in Alveolarepithel kontinuierlich. Die Milch wird nach der Synthese der einzelnen Inhaltsstoffe in das Alveolarlumen abgegeben. Diese und die Milchgangsysteme werden gefüllt; der Druck im Euter steigt an, bis seine Höhe die Zufuhr von Blut und Körperflüssigkeit abbremst und die Milchbildung erschwert. Milchlakt wird bei geringem Druck stärker sezerniert als bei hohem Druck. Der interessierte Leser mag die heute weitgehend erforschten Zusammenhänge der Milchbildung und Euterentleerung bei KOLB [2], ZIEGLER und MOSIMANN [3], bei KON und COWIE [4] und anderen Autoren verfolgen, hier kann nur auf den Einfluß dieser Erkenntnisse auf die erfolgreiche Melkarbeit mit der Melkmaschine eingegangen werden. Und dabei ergeben sich einige, durchaus ernste Probleme.

Das Kalb z. B. führt in der Minute 110 bis 130 „Takte“ aus, die normale Melkmaschine arbeitet dagegen mit 45 Takten je min. Beim Saugen des Kalbes wechseln positiver Druck von 20 bis 30 Torr beim Abschlucken mit 80 bis 110 Torr Vakuum, die Melkmaschine arbeitet mit Normalluftdruck und 380 Torr Vakuum. Beim Kalb löst die Körpertemperatur einen thermischen Reiz beim Saugen aus, bei der Melkmaschine wird darauf verzichtet. Mögen auch diese Unterschiede zwischen der natürlichen und „technischen“ Euterentleerung gering erscheinen, so bleibt doch die Milchgewinnung von der willigen Mithilfe der Kuh abhängig und im Gegensatz zu vielen anderen technischen Prozessen ein biologisch-bedingtes Verfahren. Der Mensch und die Technik haben sich darauf einzustellen, wenn sie auf die Dauer erfolgreich sein wollen.

Tatsächlich stehen diese Probleme nicht im Vordergrund, weil akute Fragen aufgetaucht sind. Hier wären zu nennen: Der Einfluß der Melktechnik auf die Milchezusammensetzung und die Eignung der Milch in späteren Verarbeitungsprozessen, auf die Eutergesundheit, auf die Qualität der Milch, auf das Abbuttern des Milchfettes in Rohrleitungen, auf den Keimgehalt und die Haltbarkeit der Milch, auf die zuverlässige Feststellung des Volumens oder der Masse größerer Sammelmilchmengen und vieles andere mehr.

2. Der Einfluß der Technik in der Milchgewinnung

2.1. Auf die stoffliche Zusammensetzung der Milch und deren Eignung für spätere Verarbeitungsprozesse

Milch ist im physiko-chemischen Sinne eine Emulsion, ein kolloides System, eine kristalline und echte Lösung zugleich. Sie hat mehr als 100 Einzelbestandteile, die in unterschied-

lichen Fraktionen, aber für den Säuger in harmonischer Weise, nahezu ideal zusammengesetzt sind. Sie enthält alle für die Erhaltung und optimale Entwicklung des jungen Lebens benötigten Stoffe. Diese bei der Gewinnung, dem Transport und der nachfolgenden Verarbeitung weitestgehend zu erhalten, bleibt die vorrangige Aufgabe jeder technischen Lösung (Bild 1 und Bild 2).

Es kann bei der massenweisen Anwendung als erwiesen gelten, daß die in der DDR hergestellte Melktechnik keinen Einfluß auf die stoffliche Zusammensetzung der Milch ausübt. Wohl aber können bei fehlerhafter Benutzung und bei mangelnder Sorgfalt erhebliche Einbußen an der Milchmenge, dem Fettgehalt und vor allem der Eignung der Milch für folgende Verarbeitungsprozesse auftreten. Tatsächlich liegen hier und nicht in der Melktechnik die größten Fehler. Sie seien stichwortartig angeführt:

Mangelhaftes Anrücken führt zu geringer Aktivierung der hormonellen und nervösen Hilfen, dadurch schlechtes Einschießen der Milch, unvollständige Euterentleerung, hohes Nachgemelk, geringer Anreiz zur Neubildung von Milch in den Alveolarzellen, sinkende Milchmenge, sinkender Milchfettgehalt.

Schadhafte, verbrauchte Melkstrümpfe, zu geringes Vakuum, stark veränderte Pulszahlen u. a. führen ebenfalls zu Fehlleistungen. Einen der größten Mängel liefert die starke Verunreinigung der Milch während und unmittelbar nach dem Melken. Hier werden irreversible Schäden gesetzt, die die Eignung der Milch für die Verarbeitung zu Qualitätsprodukten empfindlich herabsetzen. Wegen der großen Bedeutung

dieser Fragen wird auf die einzelnen Faktoren näher eingegangen.

2.2. Auf die Eutergesundheit

Bei ordnungsgemäßer Funktion und sachgemäßer Anwendung ist das Melken mit der Maschine schonender als das Handmelken. Zwei Fehlergruppen treten in der Praxis auf: 1. das *Blindmelken* und 2. das Melken mit *verbrauchten oder verdrehten Melkstrümpfen*. Beide liefern Hauptursachen für Eutererkrankungen. Deshalb ist vor Einführung der Melkmaschine eine Euteruntersuchung durch den Tierarzt erforderlich. Der Gesundheitszustand der Euter sollte im Rahmen eines Eutergesundheitsdienstes mindestens zweimal jährlich überprüft werden.

2.3. Auf die Qualität der Milch

Der Einfluß der verschiedensten technischen Lösungen auf die Milchqualität ist viel größer als allgemein bekannt. Hier wird deutlich, daß sowohl dem Techniker als auch dem Benützer Grundkenntnisse über den Rohstoff Milch fehlen. Die Mängel sind zahlreich.

Das erste und wichtigste Kriterium erfordert, daß die technische Lösung der *Milchgewinnung vom Euter der Kuh bis zum Eingang Molkerei aus einem Guß* ist. Diese Arbeitskette kann sich in einzelne Glieder zerlegen lassen, aber die verschiedensten Teilabschnitte müssen bajonettartig ineinander passen und auch bei Zusammenstellung verschiedener technischer Lösungen einen glatten Arbeitslauf bei hoher Qualität sichern. Die wichtigsten Grundlagen sind:

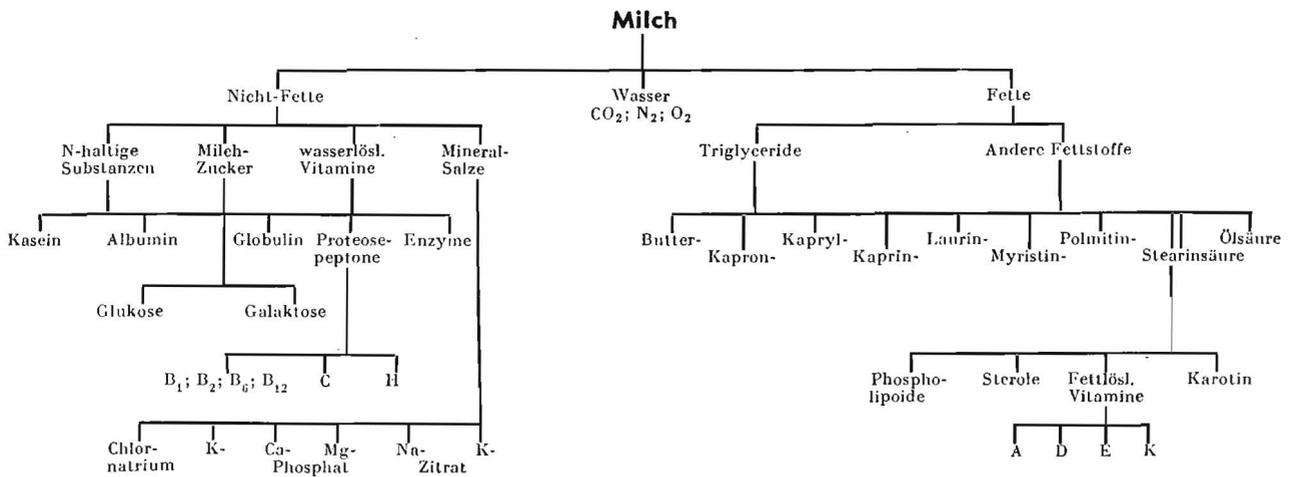
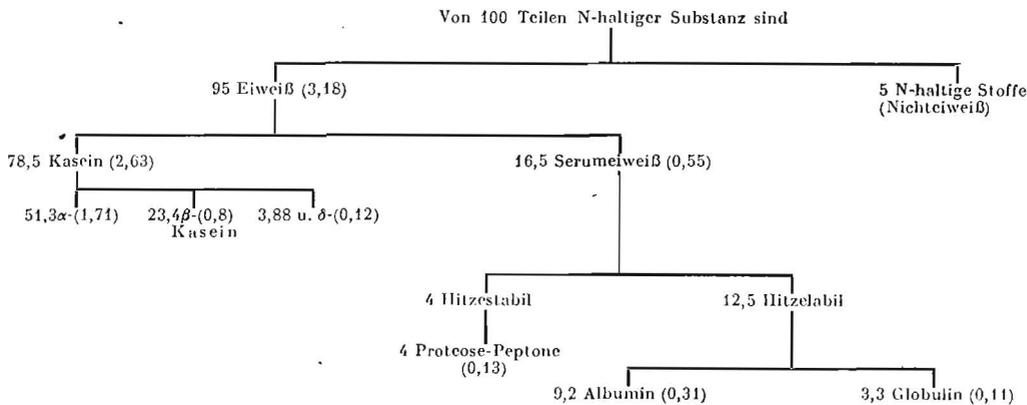


Bild 1. Die Behandlung der Milch



Essentielle Aminosäuren

Leucin, Isoleucin, Lysin, Methionin, Phenylalanin, Threonin, Tryptophan, Valin, (Histidin, Arginin)

Bild 2. Die N-haltige Substanz der Kuhmilch

2.3.1. Der Keimgehalt der Milch

Die Milch ist im gesunden Euter nahezu keimfrei. Die Infektion der Milch erfolgt bis zu 1 bis 5 % aus dem Euter selbst, zu 10 bis 15 % vom Schmutz des Haarkleids und des Euters, zu 10 bis 15 % aus der Stallluft und von unsauberen Händen der Melker, zu 60 bis 80 % von unsauberen Melkgeräten, Rohrleitungen und technischen Einrichtungen. Wenn auch hier die sachgerechte Reinigung und Desinfektion eine ausschlaggebende Rolle spielt, so bleibt doch die Hauptinfektionsquelle der Milch die technische Einrichtung. Dabei wird allgemein übersehen, daß neben der Zahl vor allem die Art der Keime für den Grad der Milchschädigung entscheidend ist. Untersuchungen an vielen Standorten belegen, daß durchschnittlich die Säurebildner mit 35 bis 40 %, Mikrokokken mit 30 bis 35 %, kälteliebende (psychrophile) Keime mit 15 bis 20 %, Fettspalter mit 4 bis 7 % und koliforme Keime mit 3 bis 6 % an der gesamten Flora beteiligt sind. Das z. T. sehr aktive Enzymbildungsvermögen der verschiedenen Keime liefert Stoffwechselprodukte höchster Wirksamkeit, die durch kein Behandlungsverfahren aus der Milch entfernt werden können. Sie leiten die Milchzuckerspaltung, die Eiweißzersetzung, die Fettspaltung ein und verursachen Geschmacksfehler hoher Intensität. Hier liegen die ersten Ursachen für den schnellen Verderb der Trinkmilch, für die ungenügende Lagerfähigkeit der Butter, für die Lagerfähigkeit in der Käserei u. a. m.

Ein weiterer nicht zu unterschätzender Faktor ist der Generationswechsel der Keime in der Milch. Die Keimzahl verdoppelt sich bei einer Milchttemperatur von 30 °C in 50 min, bei 20 °C in 90 min, bei 15 °C in 180 min, bei 10 °C in 360 min und ruht nahezu bei 5 °C und weniger (MÖLLER-MADSEN) [5] (Tafel 1).

Da eine Milch mit mehr als 1 Million Keimen/ml als verdorben gelten muß, ist selbst bei dieser relativ sauberen Milch eine Aufbewahrung (einschl. Transportzeit zur Molkerei) in ungekühltem Zustande nicht länger als max. 10 h möglich. Soll die hygienisch einwandfrei ermolkene Milch in unverdorbenem Zustand innerhalb von 24 h zur Molkerei kommen, so muß sie auf mindestens 15 °C abgekühlt werden. In der Praxis wird diese Kühlung aber nicht ausreichen, weil nur in seltenen Fällen eine so gute Ausgangsqualität erreicht wird. Die Kühlung der Milch unmittelbar nach dem Melken auf 8 °C ist erforderlich. Die technische Lösung hat sich darauf einzustellen.

2.3.2. Die Reinigung und Desinfektion (RD) und die Korrosionswirkung

Es soll hier nicht auf die bekannten Verfahren der RD milchwirtschaftlicher Anlagen und Geräte eingegangen werden¹, vielmehr wollen wir die vom Techniker zu beachtenden Gesichtspunkte erörtern. Neuzeitliche Verfahren der RD ermöglichen ein nahezu automatisiertes Arbeiten im Kreislauf. Hierbei wird nicht immer beachtet, daß in der Milchwirtschaft mit wäßrigen Lösungen von Salzen oder Säuren gearbeitet wird. Auf der Oberfläche der Metalle bilden sich in Gegenwart von Wasser galvanische Ströme (Lokalelemente), wenn die Kreisläufe aus verschiedenen Metallen bestehen. Das führt zur Korrosion der Metalloberfläche und zu Lochfraß. So ist z. B. das Quecksilber eines zerbrochenen Thermometers in kürzester Zeit in der Lage, einen Aluminiumtank

¹ s. S. 314 bis 317; TGL 14035. Bl. 1 bis 4. 13 und 14

Tafel 1. Keimzahlentwicklung je ml Milch bei verschiedenen Temperaturen und Zeiten [4]
Temperatur nach Stunden und

°C	0	2	4	6	8	10	24	48
5	43000	40000	39000	38000	39000	43000	39000	34000
10	43000	39000	41000	43000	46000	54000	92000	1850000
15	43000	43000	43000	45000	53000	63000	880000	29700000
20	43000	43000	48000	56000	70000	123000	11000000	—
25	43000	45000	55000	105000	197000	480000	132000000	—
30	43000	48000	101000	273000	940000	3300000	520000000	—

Tafel 2. Korrosionseigenschaften der wichtigsten Grundchemikalien

Name	Formel	pH einer etwa 0,1 N Lösung ¹	Verhalten gegen		
			Aluminium	Zinn	nicht-rostenden Stahl
1	2	3	4	5	6
Ätznatron	NaOH	13	Starke flächige Abtragung bei allen Temperaturen und Konzentrationen		
Soda	Na ₂ CO ₃	12	Flächige Abtragung, Lochfraß	Flächige Abtragung	Keine Korrosion
Trinatriumphosphat	Na ₃ PO ₄	12,5	Flächige Abtragung	Flächige Abtragung	
Natriumpyrophosphat	Na ₄ P ₂ O ₇	10,7	Geringe flächige Abtragung	Flächige Abtragung	
Natriummetasilikat und verwandte Substanzen, z. B. Wasserglas	Na ₂ SiO ₃ u. ähnlich	11,3	Keine Korrosion Ablagerungen	Keine Korrosion, Ablagerungen	Ablagerungen
Bleichlauge (Natriumhypochlorit)	NaOCl (+ NaCl)	12,2	Lochfraß	Lochfraß	Lochfraß

¹ die Lösungen wurden aus technischen Chemikalien mit Leitungswasser angesetzt

zu durchlöchern (Amalgambildung!). Für die hygienische Milchproduktion ist es gefährlich, durch falsche RD-Arbeiten, durch falsche Konzentrationen und falsche Temperaturbereiche die Oberfläche „aufzurauen“. Dadurch kann diese 10- bis 30fach vergrößert werden, die R und D wird zum unlösbaren Problem. Nach KONRAD [6] sind wesentliche Zusammenhänge bei den Korrosionseigenschaften der wichtigsten Grundchemikalien zu beachten (Tafel 2).

2.3.3. Weitere wichtige Faktoren

Fortschrittliche technische Lösungen werfen neue Probleme auf, wie die Verbesserung der Pulsfrequenz, das Messen der Milchmenge des einzelnen Gemelks, die im Durchfluß mögliche, exakte Volumenmessung der Milch, die aliquote Probenentnahme, die kontinuierliche Fettbestimmung, Trockenmassbestimmung und wenn möglich auch Eiweißbestimmung. Durch wissenschaftliche Forschungsarbeiten sind neue Formen des Milchtransports über große Entfernungen in Rohrleitungen möglich geworden. Die Butterkornbildung beim Tanktransport konnte durch sorgfältige Erforschung der Hüllmembran der Fettkügelchen weitgehend geklärt werden. Noch sind diese und viele andere Arbeiten im Fluß, aber es kann schon heute gesagt werden, daß der Konstrukteur milchwirtschaftlicher Geräte in enger Zusammenarbeit mit dem Milchwissenschaftler und den Vertretern anderer Disziplinen zu neuen und besseren Lösungen finden wird.

Literatur

- [1] TURNER, C. W.: The Mammary Gland. Nies Brothers Columbia 1952
- [2] KOLB, H.: Veterinärphysiologie. Fischer-Verlag 1961
- [3] ZIEGLER / MOSMANN: Anatomie und Physiologie der Rindermilchdrüse. Parey-Verlag Berlin-Hamburg 1960
- [4] KON, S. K. / A. T. COWIE: Milk. Akademie-Press New York / London 1961, 2 Bände
- [5] MÖLLER-MADSEN: Bulk Collection Fil 1965. Annual Bulletin 1965, S. 202 ff.
- [6] KONRAD, H.: Forschungsbericht. Institut für Milchforschung Oranienburg; S. 25