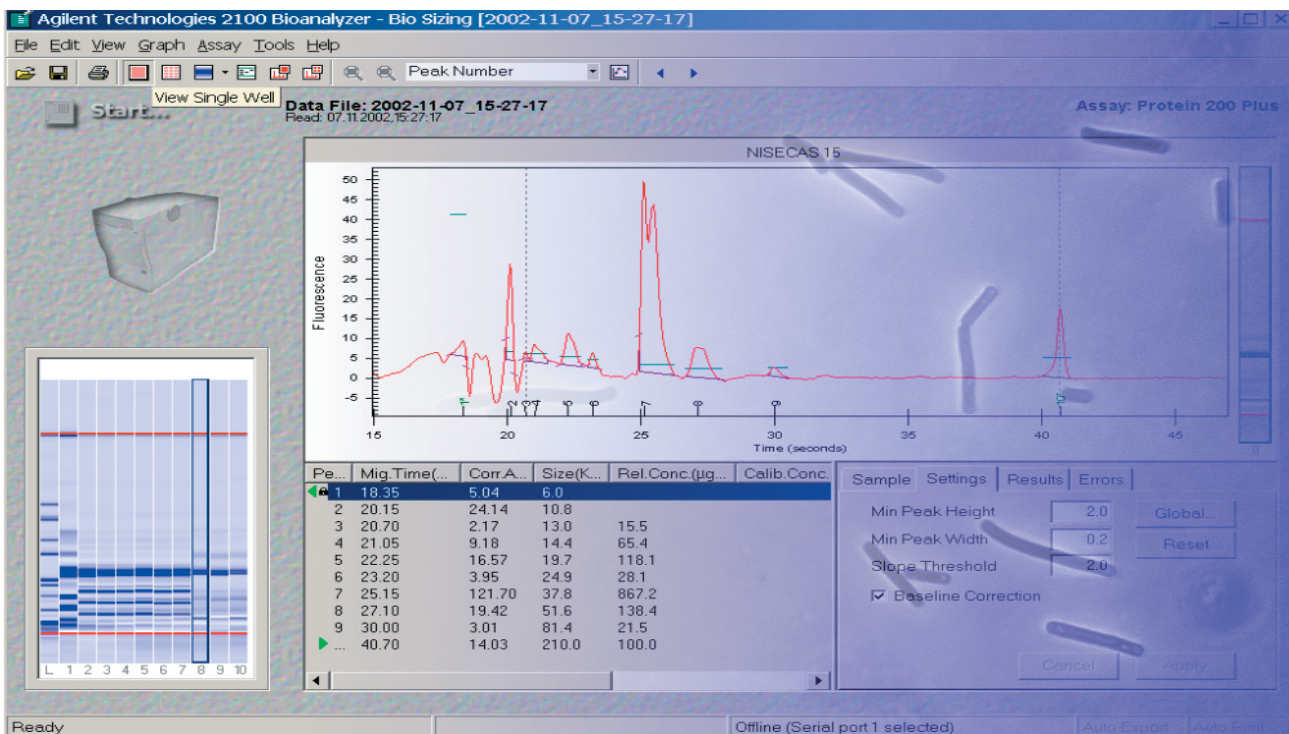


# FORTSCHRITTE IN DER MILCHWIRTSCHAFTLICHEN FORSCHUNG

Der Leistungsauftrag 2000 – 2003



## Inhalt

Entwicklungen und Trends im Leistungsauftrag 2000-2003	3
Fachthemen aus dem Leistungsauftrag 2000-2003	
1. Biotechnologie	4
– Kompetenzaufbau im Bereich Acidophilus- und Bifidobakterien	
2. Verfahren und Prozesse	6
– Membrantrenntechnik zur Gewinnung von Milchinhaltsstoffen und die wirtschaftliche Beurteilung von Verfahren	6
– Verlängerte Haltbarkeit der Milch (ESL-Milch)	9
3. Trinkmilchqualität	11
– Ausgezeichnete Trinkmilchqualität in der Schweiz	
4. Analytik	12
– Physikal. und chemische Charakterisierung der technologischen Eigenschaften von Milchproteinen	
5. Funktionelle Eigenschaften von Milchinhaltsstoffen	15
– Einsatz von Milchproteinen in Lebensmitteln	
6. Ernährung	16
– Beeinflussung der Milchfettzusammensetzung – eine Chance zur Differenzierung von Trinkmilch?	
7. Internationale Zusammenarbeit	23
– Partner in «Healthy milk for the Sahel» (Schweizer Nationalfondsprojekt)	
Rückblick und Neuausrichtung der milchwirtschaftlichen Forschung in Agroscope Liebefeld-Posieux (ALP)	25

### Bereichsleitung

Peter Gallmann

### Projektleitung im Leistungsauftrag 2000-2003

Ueli Zehntner:

Projekt 34.1.1 «Biotechnologie»,

Pius Eberhard:

Projekt 34.1.2 «Beurteilung von Verfahren und Prozessen»,

Brita Rehberger:

Projekt 34.2.1 «Technologisch funktionelle Milchinhaltsstoffe»,

Daniel Wechsler:

Projekt 34.2.2 «Physiologisch funktionelle Milchinhaltsstoffe».

**ALP science**  
(vormals FAM Info)

### Titelbild

Illustration zu Fortschritte  
in der milchwirtschaftlichen Forschung

### Erstveröffentlichung

### Autoren

P. Gallmann, U. Zehntner, P. Eberhard, B. Rehberger, D. Wechsler

### Herausgeber

Agroscope Liebefeld-Posieux  
Eidg. Forschungsanstalt  
für Nutztiere und Milchwirtschaft (ALP)  
Schwarzenburgstrasse 161  
CH-3003 Bern  
Telefon +41 (0)31 323 84 18  
Fax +41 (0)31 323 84 18  
http: [www.alp.admin.ch](http://www.alp.admin.ch)  
e-mail: [science@alp.admin.ch](mailto:science@alp.admin.ch)

### Kontakt Rückfragen (s.a. einzelne Beiträge)

Peter Gallmann  
e-mail [peter.gallmann@alp.admin.ch](mailto:peter.gallmann@alp.admin.ch)  
Telefon +41 (0)31 323 81 91  
Fax +41 (0)31 322 82 27

### Gestaltung

Helena Hemmi (Konzept/Layout)

### Erscheinung

Mehrmals jährlich in unregelmässiger Folge

ISBN 3-905667-13-4  
ISSN 1660-7856 (online)

## ENTWICKLUNGEN UND TRENDS IM LEISTUNGSaufTRAG 2000–2003

Unsere angewandte Forschung wird immer auch ein gutes Stück von Markttrends getrieben, zudem sind wir aktiv daran, Trends rechtzeitig zu erkennen und einzuschätzen, um unseren Kunden rechtzeitig Unterstützung in den richtigen Bereichen anbieten zu können.

Dominante Trends für unsere Forschung waren in der abgeschlossenen Leistungsperiode 2000–2003 Kostendruck, Natürlichkeit, Einzigartigkeit und Gesundheit.

### **Kostendruck**

Sinkende Milchpreise im europäischen Markt verstärkten den schon im internationalen Handel herrschenden Preisdruck. Die Optimierung der Verarbeitung und die Verbesserung der Wertschöpfung sind für die schweizerische Milchverarbeitung überlebenswichtig geworden.

### **Natürlichkeit**

Verunsicherte Konsumenten ziehen naturbelassene Produkte den Designerprodukten, die zum Teil auf intensiver Verarbeitung und komplexer Zusammensetzung beruhen, vor. Dieser anhaltende Trend wurde durch diverse Lebensmittel-skandale verstärkt, die gleichzeitig den Trend hin zu biologischen Produkten unterstützen. Die Milchwirtschaft hat im Hinblick auf «natürliche Produkte» einiges zu bieten: fast alle Milchprodukte lassen sich ohne milchfremde Zusätze herstellen. Dies setzt jedoch die Kenntnis der Nutzung der vielen und vielseitig funktionellen Komponenten der Milch voraus.

### **Einzigartigkeit**

Insbesondere auf ausländischen Märkten ist die Differenzierung von anderen, zum Teil günstigeren Produkten ein wichtiges Kriterium.

Schweizerische Milchprodukte haben gute Differenzierungschancen im Bereich «Natürlichkeit», «biologisch» und «Herkunft» (z.B. Bergregion). Ein wichtiges Element der Differenzierung könnten zukünftig die Milchsäurebakterien darstellen.

### **Gesundheit**

Gesundheitliche Bedenken sind laut Umfragen das Hauptmotiv zum Kauf von Bio-Produkten. Für uns gilt es, das Misstrauen des Konsumenten gegenüber der Lebensmittelherstellung und einzelnen Lebensmittelgruppen aus neutraler Warte und mit wissenschaftlicher Basis abzubauen.

Markt- und Trendbeobachtungen wurden laufend in Form praxisorientierter Vorträge und Publikationen an die Milchverarbeitung weitergegeben. Interessierte Kreise wurden in Form von Veranstaltungen oder Fachgesprächen informiert und unsere Kunden mit praxisbezogener Forschung unterstützt.

Der aktuelle Wissensstand wurde zudem in Form elektronischer Dokumente auf unserer Homepage <http://www.fam.admin.ch> und neu <http://www.alp.admin.ch> zugänglich gemacht. Der direkte Zugang zu unseren Kunden war und ist für uns von grosser Bedeutung.

Diese Übersicht zeigt unsere wichtigsten Aktivitäten und Erfolge in der Leistungsperiode 2000 bis 2003

## FACHTHEMEN AUS DEM LEISTUNGSaufTRAG 2000–2003

### 1. Biotechnologie – Kompetenzaufbau im Bereich Acidophilus– und Bifidobakterien

Bezüglich der Milchsäurebakterien hat sich die FAM in den achtziger und neunziger Jahren zum Teil aus Spargründen zunehmend auf den Käsesektor konzentriert und die Kulturen für Sauer Milchprodukte aus dem Sortiment gestrichen. Mit der Neuausrichtung ab 2000 wurde beschlossen, vor allem ernährungsphysiologisch wertvolle Stämme für den Sauer Milchbereich in ein Programm zur Kompetenzerweiterung aufzunehmen. Es gab jedoch weder Methoden noch Knowhow. Auch wenn man von Null auf beginnen musste, bestand doch die Möglichkeit, von den reichen Erfahrungen mit Versandkulturen im Käsebereich zu profitieren.

*Lactobacillus acidophilus* und seine verwandten Arten werden zu verschiedenen Zwecken in Milchprodukten eingesetzt. Einerseits sind sie Bestandteil von Starterkulturen von Sauer Milchprodukten. Ihre nachhaltige Beliebtheit rührt von der milden Säuerung im Produkt her, wodurch diese erfolgreich neben den vergleichsweise sauren Joghurts positioniert werden konnten. Andererseits werden Stämme der Acidophilus-Gruppe als Probiotika einer Reihe von Lebensmitteln zugesetzt und gehören zusammen mit *Lb. casei*-Stämmen zu den Laktobazillen, die in den letzten 15 Jahren am häufigsten in klinischen Studien untersucht wurden. Ernährungsphysiologisch positive Effekte werden auch den Bifidobakterien zugeschrieben, die sich in einer Reihe von kommerziellen Milchprodukten finden.

Sucht man nach neuen Stämmen bei Acidophilus- und Bifidobakterien, ist der milchwirtschaftlich traditionelle Weg der Probenahme über Rohmilch weniger geeignet. Der Zugang für FAM ungewohnte Nischen (Säuglingsdarm, Kuhdarm, Hautoberflächen) lieferte eine erste Basis von neu isolierten Stämmen. Für die selektive Isolierung aus einem Bakterien gemisch aus der menschlichen Darmflora wurde ein neues Medium speziell für die Acidophilus-Gruppe zusammengestellt und optimiert. Bei den Bifidobakterien gibt es weltweit kein anerkanntes Medium für die quantitative Bestimmung. Mehrere Medien wurden getestet, daraus wurde ein Medium ausschliesslich für Isolierungszwecke ausgewählt und angewandt. 2003 erschien international ein neuer Vorschlag, welcher auch bei uns für quantitative Zwecke getestet wurde und sich in der Folge für Untersuchungen von Marktprodukten geeignet hat. Es lohnt sich, vor einer aufwendigen Spezies-Bestimmung einfachere Primärtests (Morphologie, Enzymaktivität) durchzuführen, die Auskunft für Gattungs- und Gruppenzugehörigkeit geben. Solche Tests konnten etabliert werden.

Die Molekularbiologie der neunziger Jahre hat Bewegung in die Systematik und vergleichende Klassifizierung vieler Mikroorganismen gebracht. *Lb. acidophilus* im engeren Sinn wurde vorher der *Lb. delbrueckii*-Gruppe zugerechnet, einige nah verwandte Arten hingegen einem sogenannten *Lb. acidophilus*-Komplex. Molekularbiologische und biochemische Untersuchungen haben die komplexen Einteilungen etwas entwirrt. Daraus wurde eine Gruppe definiert, der folgende verwandten Arten angehören: *Lb. acidophilus*, *Lb. amylovorus*, *Lb. crispatus*, *Lb. gallinarum*, *Lb. gasseri*, *Lb. johnsonii*, *Lb. helveticus*. Unter diesem Eindruck wurde beschlossen, die Spezies-Identifikation auf neu zu entwickelnde genetische Methoden abzustützen. Zusätzlich sollte eine physikalische Messmethode (FTIR-Spektroskopie) die Zuverlässigkeit der molekularbiologischen Ergebnisse prüfen und abstützen. Beide Methoden wurden entwickelt. Der Erfolg der molekularbiologischen Analyse (Sequenzierung eines selektierten Gens) besteht nicht nur in ihrer Präzision, sondern auch in ihrer Geschwindigkeit: in einem einzigen Sequenzierungsdurchgang kann die Zugehörigkeit zu einer der sieben Acidophilus-Arten bestimmt werden. Bei den Bifidobakterien gestaltet sich die Lage komplizierter, handelt es sich doch um 30 Arten mit sehr unterschiedlichem Verhalten. Mit einer geschickten Wahl eines geeigneten Genabschnitts für die Sequenzierung konnte aber der Entwicklungserfolg aus der Acidophilus-Identifikation wiederholt werden. Die präzisen genetischen Daten wurden in internationalen Gen-Datenbanken hinterlegt und dienen in der Folge auch der graduellen Bestimmung von Verwandtschaften zwischen Arten und Gattungen (Abb. 1). Hier findet international eine rege Diskussion statt. Unsere Erkenntnisse wiesen auf klare Richtungen in dieser Kontroverse und stiessen dementsprechend in der Fachwelt auf grosse Beachtung. Ein Novum im Methodensortiment der FAM stellten Charakterisierungstests dar, welche die Stämme auf ihre Resistenz gegenüber Magensäure und Gallensalze untersuchten. Die entsprechende Methodik konnte erfolgreich etabliert werden.

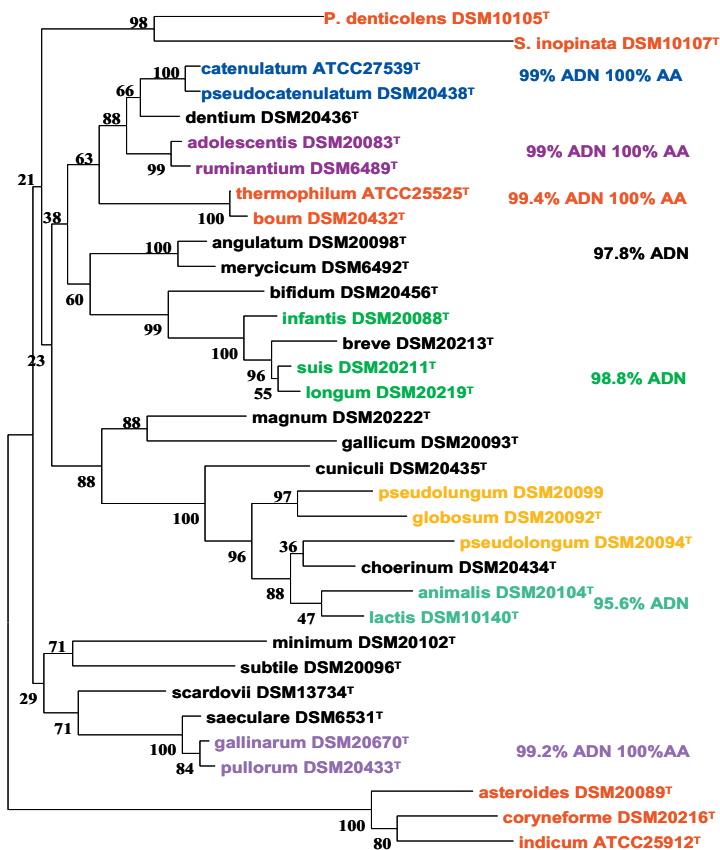


Abb. 1: Dendrogramm – Grad der genetischen Verwandtschaft zwischen Bifidobakterien-Arten, aufgeführt sind dabei die Type Strain Bezeichnungen sowie die prozentualen Angaben der Übereinstimmung der Aminosäuren (AA) und der Basenpaarsequenzen (ADN)

Milch ist für viele Acidophilus- und Bifidobakterien im Gegensatz zu Starterkulturen kein ideales Nährmedium. Verschiedene Zusätze zur Wachstumsoptimierung wurden geprüft und Verbesserungen eingeführt. Das Wachstum und die Säuerung wurden dadurch stark beschleunigt.

Das Fermentationsverhalten ausgewählter Acidophilus-Stämme wurde anhand einer C-Bilanz eingehender untersucht. Dabei konnte die Vermutung bestätigt werden, dass praktisch kein Kohlendioxid gebildet wird und nur wenige Prozente der Substrate (Laktose oder Glukose) für die Bildung von Zellmasse abgezweigt werden, zudem wird auch nur etwa die Hälfte des angebotenen Kohlenhydrats zu Milchsäure vergärt. Eine Überraschung stellte die relativ hohe Empfindlichkeit einiger Acidophilus-Stämme gegenüber einer reinen Stickstoff-Atmosphäre im Nährmedium dar.

Sollen sich die Stämme für Sauer Milchprodukte eignen, müssen sie auch sensorische Prüfungen bestehen. Erste Entwicklungen in Richtung konsumierbare Produkte und genormte Degustationen wurden mit einzelnen Stämmen durchgeführt.

Foto: Versuchsfermenter (ALP)



Der methodische Aufbau führte auch zu einer Vergrößerung der Stammsammlung. Neben der Beschaffung aller Type Strains verfügen wir nun zudem über 36 Eigenisolate der Bifidobakterien sowie 30 Eigenisolate der Acidophilus-Gruppe.

Gesamthaft gesehen haben wir in den vier Jahren den Anschluss an die internationale Fachwelt auf diesem Gebiet geschafft, wenn auch die grosse Erfahrung und die Breite der Stammverfügbarkeit noch ausbaubar ist. Methodisch gesehen verfügen wir über eine eigenständige Kompetenzschiene von der Erstisolation bis zur Prüfung der Praxiseignung neuer interessanter Stämme.

## 2. Verfahren und Prozesse

### Membrantrenntechnik zur Gewinnung von Milch Inhaltsstoffen und die wirtschaftliche Beurteilung von Verfahren

#### Nanofiltration – eine Schlüsseltechnologie?

In der kleinräumig organisierten Milchwirtschaft wie in der Schweiz sind für die wirtschaftlich und ökologisch sinnvolle Verwertung von Nebenprodukten wie Molke und Ultrafiltrations-Permeat (UF-Permeat) neue Lösungen gefragt. Eine mögliche Schlüsseltechnologie zur Verbesserung der aktuellen Situation stellt dabei die Nanofiltration (NF) dar. Die aus diesem Prozess entstehenden Produkte finden in der Lebensmittelbranche ein breites Anwendungsfeld, was für die Verwertung der Nebenprodukte neue Perspektiven eröffnet. Aktuell gelangen etwa 80–90% der schweizerischen Molkenmenge in flüssiger oder in konzentrierter Form in die Tierfütterung. Die restlichen 10–20% Molke werden industriell zu diversen Molken- oder Permeatpulvern aufbereitet (Abb. 2).

Bei der Herstellung von Permeatpulver und –konzentrat werden zunächst die wertvollen Molkenproteine mittels Ultrafiltration abgetrennt. Die Molkenproteine werden für unterschiedliche Anwendungen zu spezifischen Molkenproteinpulvern veredelt.

Aufgrund des hohen Mineralstoffgehaltes sind zudem Molke und Permeat sowie ihre Konzentrate in der Tierfütterung nur in beschränkten Mengen einsetzbar.

Die Nanofiltration ermöglicht nun eine selektive Auftrennung von Molke oder Permeat in ihre einzelnen Bestandteile bei einer gleichzeitigen teilweisen und gezielten Entmineralisierung des Konzentrates. Bei der Aufkonzentrierung von UF-Permeat könnte die Nanofiltration künftig eine interessante Möglichkeit darstellen, ein im Mineralstoffgehalt reduziertes Laktosekonzentrat zu erhalten. Mittels NF gewonnenes und teilsalztes Molkenkonzentrat beispielsweise eröffnet in der Tierfütterung aufgrund seiner Zusammensetzung neue Möglichkeiten. Durch den Wegfall von Wasser werden zudem die Transportkosten gesenkt. Das UF-Permeat ist ein geeignetes und günstiges Ausgangsprodukt zur Gewinnung des Rohstoffes Lactose. Aktuell erfolgt die Gewinnung von Lactose aus Molke bzw. UF-Permeat meist durch Verdampfung unter Vakuum ohne vorgeschaltener Entmineralisierung. Mit unseren Arbeiten im Bereich der Nanofiltration und Diafiltration in Verbindung mit einer Hitzefällung von Kalzium und Phosphat konnte die Ausbeute an Lactose durch Reinigung und Aufkonzentrierung des UF-Permeates erhöht werden.

Die Nanofiltration ist in der Milchindustrie ein noch eher unbekanntes und wenig genutztes Verfahren, das jedoch zunehmend an Bedeutung gewinnt. Es wurden bereits jetzt an der FAM wissenschaftliche Grundlagen zur Verwertung von Milchnebenprodukten mittels Nanofiltration geschaffen.

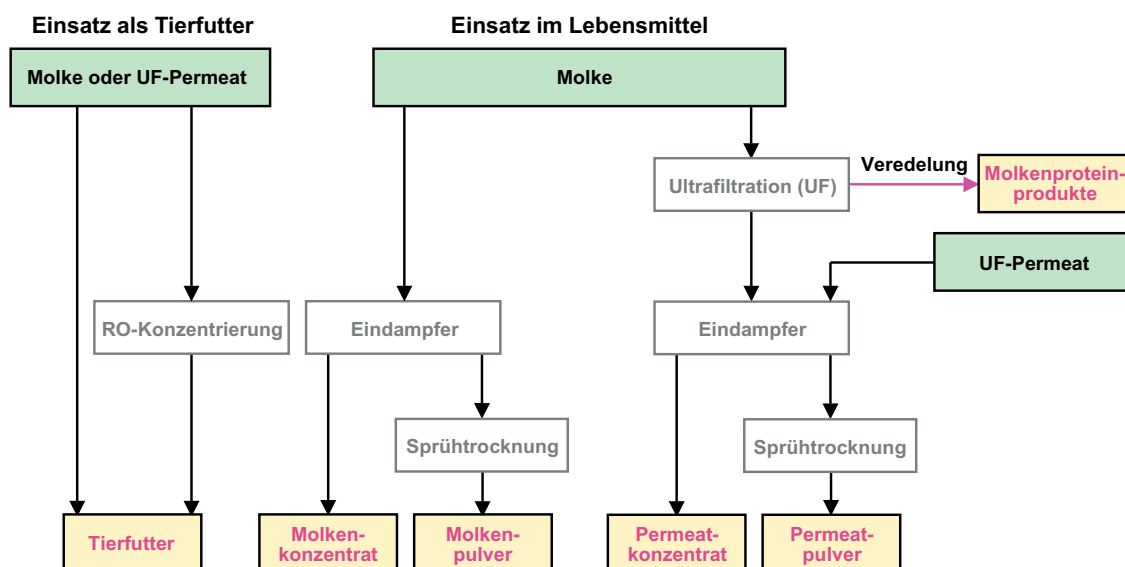


Abb. 2: Traditionelle Verfahren und Prozesse der Molken- und Permeatverwertung

## Wirtschaftliche Kennzahlen

Neue Verfahren und Technologien finden erst Akzeptanz und Anwendung, wenn der wirtschaftliche Nutzen in der Praxis bekannt und verifiziert ist. Unsere ermittelten wirtschaftlichen Kennziffern zeigen die Kosten und den Erlös bei der Konzentrierung von UF-Permeat mit Nanofiltration von einer Trockensubstanz (TS) von 5.5 auf 22% für industrielle und für gewerbliche Betriebe auf. Für industrielle Betriebe wurden des Weiteren die Rohstoff- und Betriebskosten der NF den Kosten der Vorkonzentrierung mittels Verdampfung gegenübergestellt (Abb. 3).

Für die Erfassung und Berechnung der wirtschaftlichen Faktoren und Kennziffern, die die Rentabilität von Filtrationsprozessen beeinflussen, sind im Wesentlichen die Rohstoffkosten, die Investitionskosten, die Betriebskosten und die daraus

resultierenden Kapitalkosten zu beachten. Den Kosten stehen die erzielten Erträge aus den fabrizierten Produkten gegenüber. Die Studie hat gezeigt, dass für Industriebetriebe die NF-Technologie eine äusserst interessante Ergänzung zur Eindampfanlage darstellt. Ein Industriebetrieb gewinnt durch die Anschaffung einer NF-Anlage an zusätzlicher Verdampferkapazität zur Konzentrierung anderer Produkte. Die Anschaffung einer NF-Anlage ist damit eine Alternative zu einer Neuinvestition in eine grössere Eindampfanlage.

Wirtschaftliche Kennziffern dienen der FAM zur Lenkung der Forschung und tragen durch den Praxisbezug dazu bei, das Vertrauen bei den Kunden zu erhöhen. Für die Studie waren Kontakte und die Zusammenarbeit mit Anlagenbauer und Membranherstellern bzw. -spezialisten von grosser Bedeutung, um realistische Daten zu erhalten.

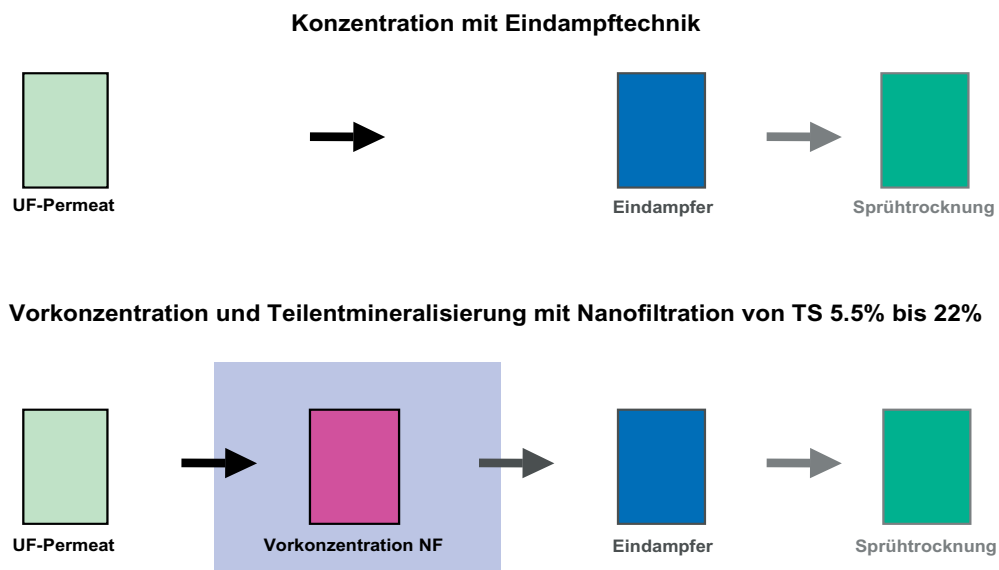


Abb. 3: Schematische Darstellung von Konzentration durch Eindampfen und Vorkonzentrieren und Teilentmineralisieren mittels NF

## Wachstumsfaktoren aus bovinem Kolostrum

An der FAM wurde ein Verfahren zur Gewinnung von Wachstumsfaktoren aus bovinem Kolostrum mittels Membranfiltrationstechniken entwickelt. Wachstumsfaktoren sind physiologisch aktive Peptide, die in der Tieraufzucht, Ernährung und Medizin von grossem Interesse sind. Sie koordinieren die Aktivität verschiedener Zelltypen untereinander und wirken auf Vorgänge wie die Wundheilung, den Zellzyklus, die Zelldifferenzierung oder das Zellwachstum. Beim Gewinnungsprozess gilt es einerseits die Wachstumsfaktoren aufzukonzentrieren und andererseits Kasein, Immunglobuline, Molkenproteine, Lactose und Mineralstoffe aus dem Kolostrum zu entfernen. Der Gehalt an Wachstumsfaktoren in Kolostralmilch ist im Vergleich zu Milch und Molke um ein Vielfaches höher. Kolostralmilch steht jedoch nicht beliebig zur Verfügung. Das Verfahren zur Gewinnung von Wachstumsfaktoren aus bovinem Kolostrum soll daher im Rahmen der Molkenverwertung auf Nebenprodukte wie Molke und Ultrafiltrationspermeat übertragbar sein. Daher werden weiterhin entsprechende Versuche mit dem Rohstoff Kolostralmilch durchgeführt, um neben der bereits erlangten hohen Reinheit der Wachstumsfaktoren auch deren Ausbeute durch

eine Optimierung der Prozessparameter zu erhöhen, mit dem Ziel, zu einem späteren Zeitpunkt als Ausgangsmaterial Molke einsetzen zu können. Mit dem Verfahren lassen sich IGF-1 und IGF-2 (Insulin-like Growth Factors) aus dem Erstgemelk möglichst rein und konzentriert isolieren.

Dieses IGF-Konzentrat ist biologisch aktiv. Erste Versuche zeigen, dass in der Aufzucht von Kälbern die Gesundheit, das Wachstum und die Gewichtszunahme von Jungtieren durch Zufütterung von Wachstumsfaktoren positiv beeinflusst werden kann. In Zusammenarbeit mit der Universität Bern wurde in Fütterungsversuchen die Erhöhung der Epithelzellenproliferation im Kälberdarm in Abhängigkeit der Verabreichung von IGF gezeigt. Damit wurde belegt, dass das so gewonnene IGF-Konzentrat biologisch aktiv ist. Die Untersuchung des so gewonnenen IGF-Konzentrates ergab eine hohe Reinheit der IGF, zeigte jedoch zudem, dass im Bereich der Ausbeute noch Potenzial besteht.

Unser Ziel besteht nun darin, in weiteren Versuchen die Ausbeute an IGF zu verbessern.



## Verlängerte Haltbarkeit der Milch (ESL-Milch)

Milch mit verlängerter Haltbarkeit, auch als ESL (Extended Shelf Life)–Milch bezeichnet, legt weltweit Marktanteile auf Kosten der «normalen» pasteurisierten Milch zu. Eine Haltbarkeit zwischen 20 und 40 Tagen wird bei Kühlung (5°C) angestrebt. Eine vorgeschaltete Baktofugation – ein Schritt wie heute oft angewendet – kann eine solche Haltbarkeitsdauer nicht gewährleisten. Hoherhitzung und Mikrofiltration sind vielversprechende Möglichkeiten zur Herstellung einer ESL-Milch. Die Mikrofiltration bedarf zur sicheren Abtötung aller pathogener Mikroorganismen einer zusätzlichen thermischen Nachbehandlung, sprich Pasteurisation (mindestens 71.7°C; 15s). Das Filtrationsretentat, das die Mikroorganismen enthält, wird einer UHT-Behandlung unterzogen und dem Prozess wieder zugegeben oder anderweitig verwertet. Der vorgängig abgetrennte Rahm wird ebenfalls einer UHT-Behandlung unterzogen.

Wie bereits von der Pasteurisation bekannt, ist bei der Anwendung von ESL-Techniken noch ausgeprägter die Rekontamination das grösste Haltbarkeitsrisiko. Das heisst, dass nicht auf aseptisches Abfüllen oder zumindest «Ultra Clean Filling» verzichtet werden kann.

### Baktofugation

Dieses Verfahren wird in der Schweiz breit eingesetzt und führt zu einer Reduktion von Sporen. Die Haltbarkeit der pasteurisierten Milch kann dadurch jedoch nur um 1–2 Tage verlängert werden. Die Anwendung des Verfahrens wird üblicherweise nicht deklariert und die hergestellte Milch lässt sich kaum mit Haltbarkeitsvorteilen im Vergleich zu anderen ESL-Techniken vermarkten.

### Hoherhitzung

Die Erhitzungstemperatur wird in der Regel auf ca. 125°C festgelegt. Um die chemischen Veränderungen gering zu halten, sind schonende direkte Erhitzungsverfahren (Injektion oder Infusion) mit sehr kurzer Haltezeit vorteilhaft. Die gewählten Temperatur-/Zeitkombinationen liegen unter der Hitzebelastung einer UHT-Behandlung. Die hitzeresistenten Sporen werden folglich nicht abgetötet, während jedoch hitzeempfindlichere Sporen, speziell *Bacillus cereus* Sporen inaktiviert werden.

Die Vitaminverluste in ESL-Milch sind, wie Untersuchungen zeigten, gering: Vollmilch wurde mittels zweier verschiedener Verfahren thermisch behandelt (direktes Erhitzungssystem bei 125°C und indirektes bei 115°C). Nach der Erhitzung sowie nach vier Wochen Lagerung bei 5°C wurden die Vitamine B<sub>1</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub> und Folsäure untersucht. Die Vitaminverluste betragen zwischen 0 und 15% (Tab.1).

ESL-Milch wird im Gegensatz zu UHT-Milch ohne Sauerstoffbarrieren verpackt. Aufgrund der verlängerten Haltbarkeit wurde bei der Verwendung der üblichen Pastmilch-Verpackungen ein Nährstoffverlust durch Oxidation befürchtet. Dies kann jedoch durch einen genügenden Licht- und Gasschutz durch die Verpackung sowie eine Kühlung vermieden werden.

Tab. 1: Vitaminverluste in direkt und indirekt hoherhitzter ESL-Milch nach 4 Wochen Lagerung bei 5°C

Vitamin	Gehalt frisch [µg/L]	Verlust direkt erhitzt (%)	Verlust indirekt erhitzt (%)
B <sub>1</sub>	182	15	5
B <sub>6</sub>	386	7	kein Verlust
B <sub>12</sub>	1.30	kein Verlust	kein Verlust
Folsäure	30	kein Verlust	kein Verlust

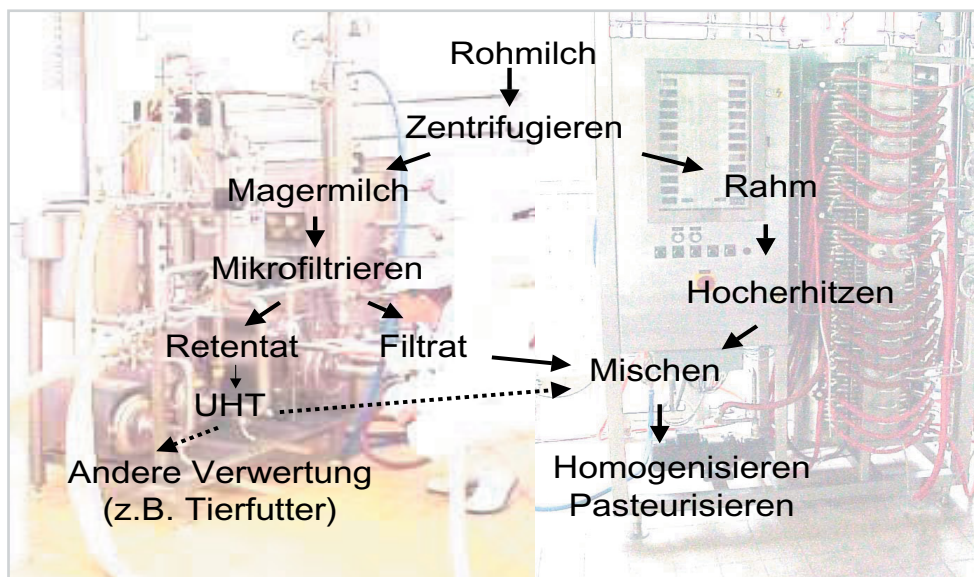
## Mikrofiltration

Die technischen Installationen dieses Verfahrens zur Trinkmilchherstellung sind aufwändig und komplex, da mehrere Teilströme verschiedene Prozesse durchlaufen (Abb. 4).

Die eingesetzten Filtrationsmembranen haben einen entscheidenden Einfluss auf die Rückhaltung bzw. Durchlässigkeit von Bakterien aber auch auf die Zusammensetzung der Proteine wie unsere Versuche zeigen. Üblicherweise fanden bisher Membranen mit einer Trenngrenze von  $1.4\mu\text{m}$  Anwendung. Nach 4 Wochen Lagerung bei unter  $5^\circ\text{C}$  war dabei die mikrobiologische Qualität immer noch einwandfrei. Mikrofiltrationsversuche mit einer Trenngrenze von  $0.5\mu\text{m}$  zeigten eine Veränderung der Proteinzusammensetzung, die Haltbarkeit konnte jedoch auf mehr als 40 Tage erhöht werden.

Bei der Herstellung von ESL-Milch müssen die Vorschriften der Lebensmittelverordnung eingehalten werden. Wird mit den angewendeten Verfahren die Zusammensetzung der Milch z.B. durch Verwerfen des proteinhaltigen Retentats verändert und entsteht somit ein neuartiges Lebensmittel, bedarf es einer Bewilligung durch das BAG.

Abb. 4: Schema der ESL-Milch Mikrofiltration



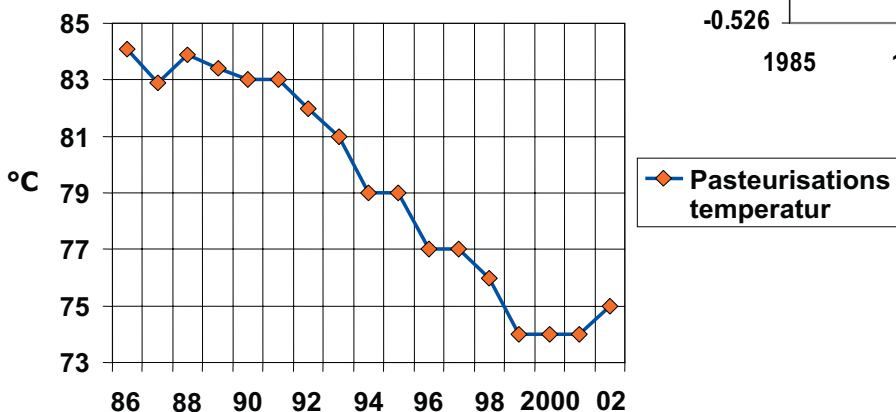
### 3. Trinkmilchqualität

#### Ausgezeichnete Trinkmilchqualität in der Schweiz

Seit 1985 führen die Schweizer Milchproduzenten (SMP) jährliche Kontrollen der Pastmilch- und UHT-Milchqualität aller Schweizer Grossmolkereien durch, die wir wissenschaftlich durch moderne Analytik, den Einsatz eines akkreditierten Sensorikpanels und durch fachliche Beratung unterstützen. Die Hersteller selbst sind an der jährlich stattfindenden Veranstaltung in die Beurteilung miteinbezogen und nutzen die Veranstaltung zum Informationsaustausch mit der Forschung.

Die Pastmilch wird heute wesentlich schonender behandelt als noch vor 10 Jahren (Abb. 5). Alle Betriebe fabrizieren nun Peroxidase-positive pasteurisierte Milch mit der Folge einer besseren sensorischen Qualität. In einer einmaligen Aktion der FAM konnten zusätzlich Klein- und Mittelbetriebe ihre pasteurisierte Milch auf die Peroxidaseaktivität untersuchen lassen. Bei den ersten Untersuchungen im Jahre 1998 war die Pastmilch aus 50% der Betriebe Peroxidase-negativ. Mit einer an der FAM erarbeiteten Arbeitsanweisung zur Pastmilchherstellung im Chargenpasteur wurde auch in diesem Bereich eine klare Verbesserung erzielt. Bei Nachkontrollen lieferten über 95% der Betriebe Peroxidase-positive Proben ein.

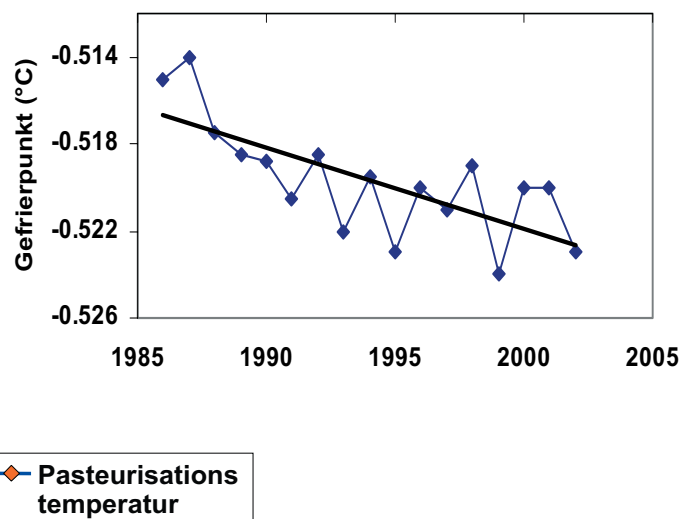
Abb. 5: Veränderung der mittleren Pasteurisationstemperaturen (15–30 Sekunden) in den Schweizer Grossmolkereien seit 1986



Auch die Qualität der UHT-Milch wurde deutlich verbessert. Die Anwendung einer guten Herstellungspraxis (GHP) und die technische Abnahme der Wärmebehandlungsanlagen führten zum Verschwinden der früher vermuteten sogenannten «technisch unvermeidbaren Verwässerung». Während zu Beginn der Kontrolluntersuchungen ein Gefrierpunkt (GP) von  $-0.515^{\circ}\text{C}$  noch akzeptiert wurde, wird heute der Richtwert von  $-0.520^{\circ}\text{C}$  erreicht (Abb. 6).

Die fachliche Unterstützung zur Erhaltung einer vorzüglichen Trinkmilchqualität wird von der Forschungsanstalt Liebefeld auch in Zukunft wahrgenommen.

Abb. 6: Änderung des Gefrierpunktes von UHT-Milch seit 1985



#### 4. Analytik

##### Physikalische und chemische Charakterisierung der technologischen Eigenschaften von Milchproteinen

Das Protein als einer der Hauptinhaltsstoffe in Milch und Milchprodukten wird aufgrund seiner ernährungsphysiologischen und technologischen Eigenschaften für die Lebensmittelindustrie zunehmend wichtiger. Die chemische und physikalische Proteinanalytik gewinnt damit für die Milchindustrie immer mehr an Aktualität und Bedeutung.

Die Struktur eines Lebensmittels ist nicht nur von wissenschaftlichem Interesse, sondern hat viel mehr mit der Verbraucherakzeptanz zu tun. Zwischen den physikalischen Eigenschaften eines Lebensmittels und den Qualitätsparametern des Endproduktes besteht ein direkter Zusammenhang. Unter Qualitätsparameter sind bei Lebensmitteln z.B. Entmischungsstabilität, Textur, Abfüll- und Dosierverhalten, optisches Erscheinungsbild und Verarbeitbarkeit zu verstehen. Bei kosmetischen oder pharmazeutischen Produkten stehen Auftrageverhalten, Wirkeffektivität, Entmischungsstabilität sowie Resorption im Vordergrund.

Die auf den Interaktionen von Milchproteinen mit Wasser basierenden Eigenschaften sind für Lebensmittel von grosser Bedeutung. Neben der Löslichkeit gehören dazu Benetzbarkeit, das Wasserbindevermögen, die Synärese, die Quellung, die Wasseraktivität und die Gelbildung. Das Auflöseverhalten eines Milchpulvers oder Milchproteinpulvers ist ein wichtiger Qualitätsparameter, da die technologischen Eigenschaften erst nach dem Auflösen entfaltet werden können. Der unlösliche Anteil des Pulvers ist für die Funktionalität verloren. Die Löslichkeit eines Milchtrockenproduktes ist vom Proteingehalt, der Art des Proteins und dessen Denaturierungsgrad sowie vom Gehalt an Lactose, Fett und Mineralstoffen abhängig, des Weiteren von den Milieubedingungen wie dem pH-Wert, der Ionenstärke und von der Temperatur. Das Wasserbindevermögen ist wichtig für die Ausbildung der produkttypischen sensorischen Eigenschaften von Brot, Backwaren, Teigwaren, Milchprodukten, Desserts, Fleischwaren, vegetarischen Produkten, fettarmen und energiereduzierten Produkten,

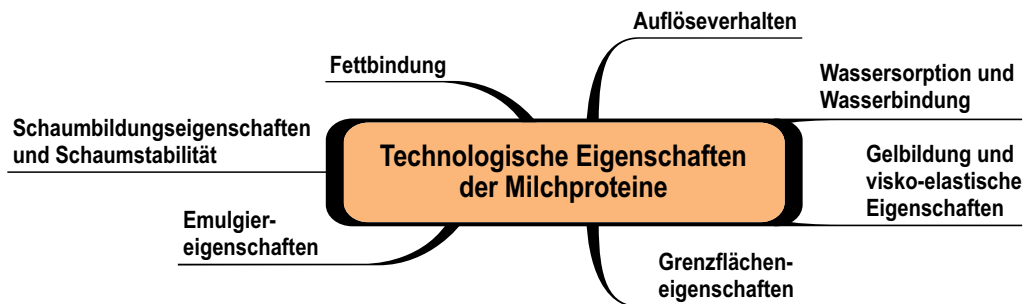


Abb. 7: Technologisch wichtige Eigenschaften der Milchproteine

Die technologischen Eigenschaften der Milchproteine sind für Anwendungen in der gesamten Lebensmittelindustrie von grossem Interesse. In der Produktentwicklung haben Milchproteine eine viel höhere Chance eingesetzt zu werden, wenn sie gut charakterisiert sind. Dies umfasst insbesondere die Charakterisierung der technologischen Eigenschaften (Abb. 7).

Dafür sind Methoden, die erlauben, die technologischen Eigenschaften objektiv und vergleichbar zu bestimmen und damit die wichtigen Einflussgrössen auf die technologischen Eigenschaften zu kennen, erforderlich.

aber auch, durch eine Reduktion des Rohstoffeinsatzes, für eine kostengünstigere Herstellung von Lebensmitteln. Einfluss auf das Wasserbindungsvermögen haben der pH-Wert, die Ionenstärke und die Temperatur.

Gele haben eine hohe Viskosität, sie sind plastisch und elastisch. Die Eigenschaft von Proteinen, Gele bilden zu können, eröffnet in der Produktentwicklung der Lebensmittelindustrie viele Möglichkeiten. Proteine sind grenzflächenaktiv und beeinflussen somit die wirkenden Kräfte an den Grenzflächen flüssig-flüssig und flüssig-gasförmig. Grenzflächenaktive Stoffe adsorbieren

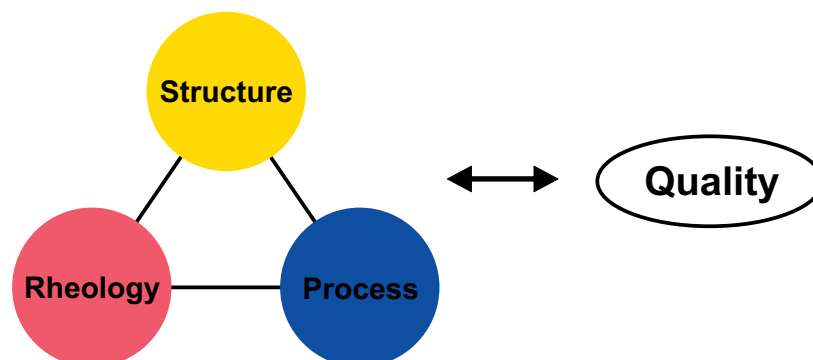
an der Grenzfläche und setzen die Grenzflächenspannung herab. Schäume sind disperse Systeme aus den nicht mischbaren Phasen Luft (Gas) und einer Flüssigkeit. Geschäumte Lebensmittel sind in Bezug auf die Herstellung und Lagerstabilität sehr anspruchsvolle Produkte. Es ist daher wichtig, die Schaumbildungs- und Stabilisierungseigenschaften der Milchproteine möglichst genau zu kennen und damit diese charakterisieren zu können. Die Fettbindungseigenschaften der Milchproteine sind v.a. in Fleischwaren wichtig, aber auch für die Produkteigenschaften in Milchprodukten von Bedeutung. Die Fettbindungseigenschaften der Proteine beeinflussen die Textur sowie die Vollmundigkeit und die Flavour-Freigabe beim Konsum eines Lebensmittels. Hydrophobe Kräfte, elektrostatische Bindungen und Wasserstoffbrückenbindungen sowie nicht kovalente Bindungen sind an der Fettbindung der Proteine beteiligt.

Die für die Charakterisierung von Milchproteinpulver relevanten physikalischen Methoden wurden an der FAM aufgebaut, um sie zukünftig für unsere Forschungszwecke wie auch als Dienstleistung für unsere Kunden zur Verfügung zu haben. Die technologischen Eigenschaften der Milchproteine sind zur Charakterisierung der Milchproteine und damit zur Bewertung der Einsatzmöglichkeiten für Lebensmittelprodukte wichtig.

Emulsionen sind disperse Systeme aus zwei oder mehreren nicht oder nur teilweise mischbaren Flüssigkeiten. In Lebensmitteln sind Emulsionen aus den nicht mischbaren Phasen Öl und Wasser weit verbreitet. Neben der natürlichen Emulsion Milch werden viele Emulsionen in der Lebensmittelproduktion gezielt hergestellt. Dabei werden oft Milchproteine als Emulgierhilfsstoffe eingesetzt. Daher ist es wichtig, die Emulgierereigenschaften der Milchproteine zu charakterisieren und damit unterschiedliche Milchproteine bezüglich ihrer Emulgatorenwirkung vergleichen zu können. Eine Standardmethode zur Charakterisierung der Emulgatoreigenschaften der Milchproteine ist daher für ein Betriebslabor in der Lebensmittelindustrie von grossem Interesse.

Dafür ist an der FAM die Herstellung einer Emulsion nach einem definierten Standardverfahren in Arbeit. Das Standardverfahren orientiert sich dabei an den Hauptanwendungen der Milchproteinprodukte. Die Rheologie charakterisiert das Fließverhalten des Produktes während der Verarbeitung, während die Struktur für viele Qualitätsmerkmale bei Lebensmitteln verantwortlich ist. Allgemein beeinflusst der Prozess, dem das Material unterworfen wird, zusammen mit der Rheologie des eingesetzten Materials, die Beanspruchbarkeit des erhaltenen Produktes. Die Beanspruchung wiederum beeinflusst die Mikrostruktur des Materials (Abb. 8).

Abb. 8: Rheologie, Struktur, Prozesse und Qualitätsmerkmale von Lebensmitteln stehen zueinander in einem wichtigen Zusammenhang



Die FAM verfügt über physikalische Analysenkompetenz mit modernster Ausstattung wie z.B. über das Rheometer Physica MCR 300, mit dem weiterführende Messungen zur Beurteilung der physikalischen Eigenschaften von Milchprodukten (Sauermilchprodukte, Käse, Streichfettprodukte, etc.) durchgeführt werden können.

Ein Einsatz physikalischer Verfahren und Messmethoden in der Produktentwicklung erhöht die Marktchancen für den Hersteller und die Kenntnis der Verfahren und Messmethoden steigert die Qualität der angewandten Forschung an der FAM.

Neben der physikalischen Analytik war die chemische Proteinanalytik ein zentrales Thema im Leistungsauftrag 2000–2003.

Die Erhitzung von Milch führt zu einer kovalenten Anbindung von denaturiertem  $\beta$ -Lactoglobulin an  $\kappa$ -Casein.  $\beta$ -Lactoglobulin enthält eine SH-Gruppe, die im nativen Protein in der Struktur begraben ist. Durch partielle Denaturierung wird die SH-Gruppe freigelegt. Dies kann zur Dimerisierung des Proteins über Disulfidbrücken führen oder zu Reaktionen mit anderen Milchproteinen, insbesondere mit  $\kappa$ -Casein und  $\alpha$ -Lactalbumin. Durch die scheinbare Abnahme des Gehaltes an Molkenproteinen zeigt sich analytisch mit der Kjeldahlmethode ein «erhöhter Caseingehalt». Der Molkenprotein- und Caseinanteil kann deshalb bei vorangegangener Hitzebehandlung aufgrund der Denaturierung und Aggregatbildung mit den klassischen Proteinbestimmungsmethoden (Kjeldahl) nicht korrekt erfasst werden. Für die Endproduktkontrolle ist es jedoch von grosser Bedeutung, die genaue chemische Zusammensetzung thermisch behandelter Produkte bestimmen zu können. An der FAM wurden daher die drei Methoden wie die Kapillarelektrophorese (CE), Agilent Labchip und die Gelelektrophorese (SDS-PAGE) zur Bestimmung des Proteinanteiles hitzebehandelter Produkte bewertet. Mit diesen

Methoden konnten erste quantitative Aussagen über die Hauptproteinfraktionen in Milch und Milchprodukten gemacht werden. Die Leistungsfähigkeit der einzelnen Methoden wurde dabei untereinander verglichen. Versuche zur Bestimmung des Molkenproteinanteils in unterschiedlichem Probenmaterial wie NIZO-Referenzmilchpulvern, definiert hitzebehandelten Milchproben, diversen Milchpulvern wie Milchproteinpulver, Molkenpulver und Spezialmilchpulver, Retentaten und Permeaten aus Mikrofiltration, Kaffeerahm, Rahm- und Butterproben, Joghurt, Käse und Ziegenmilch, standen dabei im Vordergrund. Die Resultate der Methoden CE, SDS-PAGE und Labchip zeigten eine gute Übereinstimmung. Innerhalb der jeweiligen Methoden wurden konstante Werte für die unterschiedlich erhitzten Proben erhalten.

Eine quantitative Bestimmung des relativen Molkenprotein- bzw. Caseinanteiles von Milchpulver oder Milchproteinkonzentraten, d.h. von rohen und hitzebehandelten Milchprodukten ist somit mit CE, SDS-PAGE und Labchip in den meisten Milchprodukten möglich. Des Weiteren kann der Denaturierungsgrad nun ebenfalls durch eine Differenzberechnung der ermittelten totalen Molkenproteine abzüglich der nativen Molkenproteine indirekt bestimmt werden. Die drei neuen Methoden erlauben zudem eine individuelle Bestimmung von  $\alpha$ -Lactalbumin und  $\beta$ -Lactoglobulin.

Im Bereich der drei Methoden CE, SDS-PAGE und Labchip wurde an der FAM viel Know-how aufgebaut, das den milchverarbeitenden Betrieben nun zur Verfügung steht.

Die physikalische und chemische Analytik bietet Charakterisierungsmöglichkeiten von Milchproteinprodukten und zeigt so die jeweiligen Anwendungsmöglichkeiten der Produkte auf.

Methodisches Know-how ist für unseren Kundenkreis, die Schweizer Milchbranche, von grosser Bedeutung.

## 5. Funktionelle Eigenschaften von Milchinhaltsstoffen

### Einsatz von Milchproteinen in Lebensmitteln

Der Einsatz von Milchderivaten zur Verbesserung der Eigenschaften verschiedener Produkte wird zunehmend wichtiger. Die Lebensmittelindustrie interessiert sich daher heute zunehmend für Milchproteine zum Einsatz in Lebensmitteln als Zutaten, die gute technologisch und physiologisch funktionelle Eigenschaften bieten. Lebensmittelrechtlich gelten Milchproteine als Zutaten und nicht als Zusatzstoffe. Dies ermöglicht eine konsumentenfreundliche Deklaration ohne E-Nummer. Das Bedürfnis, insbesondere der Lebensmittelindustrie, Milchproteine technologisch für Emulsionen, Schäume, Weisskraft, Mundgefühl «Body-Mouthfeel», etc. einzusetzen, ist dabei hoch. Weitere Einsatzmöglichkeiten existieren in Kosmetika, was eine hohe Wertschöpfung aufzeigt.

Neben Versuchen, in denen der Einsatz verschiedener Proteinkonzentrate bzgl. der Emulgator- und Stabilisatoreigenschaften geprüft wurde, wurde mit Beteiligung der Industrie, der Einsatz von Molkenprotein in Sorbet erarbeitet. Ein fettfreies Sorbet, das sich durch einen hohen Fruchtgehalt und ein cremiges Mundgefühl auszeichnet, wurde mit einem Stabilisatorensystem aus Molkenproteinen und Hydrokolloiden entwickelt.

Hierbei spielen die Molkenproteine eine wesentliche Rolle: sie sind für die gewünschte Struktur und für die Cremigkeit des Sorbets wesentlich (Abb. 9).

Zur Optimierung der Cremigkeit müssen neben Molkenproteinen im Stabilisatorensystem zudem Hydrokolloide zur Herstellung des cremigen Fruchtsorbets ohne Fett eingesetzt werden. Damit wurde eine Basis für ein innovatives Produkt mit interessanten Eigenschaften und hoher Wertschöpfung geschaffen.

- Kältewirkung**  
1 = schwach, 5 = stark
- Schmelzgeschwindigkeit**  
1 = langsam, 5 = schnell
- Cremigkeit**  
1 = wässrig, 5 = cremig
- Mikrostruktur**  
1 = grob, 5 = fein
- Süssigkeit**  
1 = schwach süß, 5 = stark süß
- Aromaintensität**  
1 = schwach, 5 = stark
- Persistenz**  
1 = kurz, 5 = lang

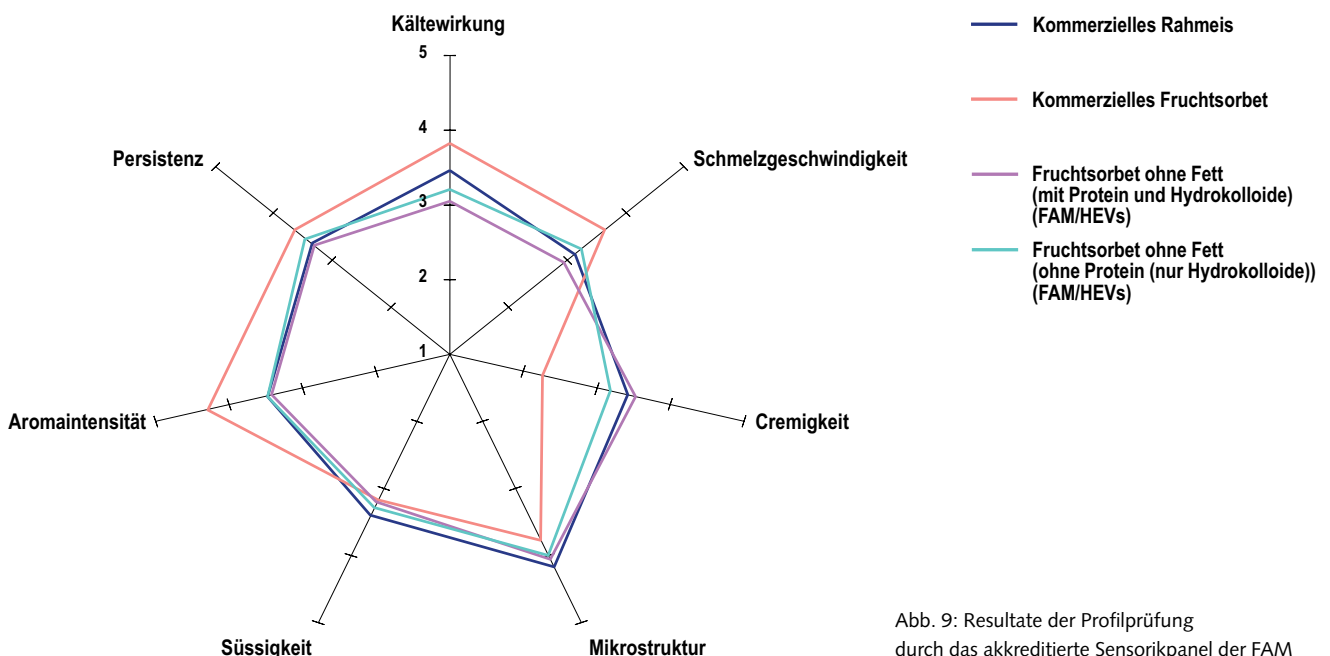


Abb. 9: Resultate der Profilprüfung durch das akkreditierte Sensorikpanel der FAM

## 6. Ernährung

### Beeinflussung der Milchfettzusammensetzung – eine Chance zur Differenzierung von Trinkmilch?

Trinkmilch, das Produkt mit der wohl längsten Tradition in den Kühlregalen, wird vielfach als Gattungsware eingestuft. Damit wird unterschwellig oft auch angedeutet, dass man sich mit solchen Produkten auf dem Markt kaum von Mitbewerbern abheben kann. «Milch ist Milch» – oder anders gesagt «ein Ei gleicht dem anderen!»

Die Vielfalt in den Regalen der schweizerischen Detailhändler sowie in umliegenden Ländern lehrt uns eines Besseren: ESL-Milch, Bio-Milch, Demeter-Milch, Alpenmilch, bactofugierte Milch, Trinkmilch aus silofreier Produktion, lactosereduzierte Milch, lactosefreie Milch, hochpasteurisierte Milch, mikrofiltrierte Milch, Sport-Milch, Calcium-Milch, Vitamin-Milch sind wichtige Neuerungen, die in den letzten Jahren zum Teil bedeutende Marktanteile dazugewonnen haben. Klassische Standardprodukte wie Vollmilch, Milch-Drink und Magermilch in Past- und UHT-Qualität werden wohl auch in Zukunft mengen- und umsatzmässig die wichtigsten Produkte darstellen. Die obigen Neuerungen zeigen aber, dass auch diese Standard-Produkte, ergänzt mit umweltbewussten Produktionsmethoden, neuen Verarbeitungstechnologien oder bedienungsfreundlichen Verpackungen, durchaus eine Innovation auf dem Milchmarkt darstellen, die für die Produktewahl des Kunden ausschlaggebend sein kann. Die obigen Neuerungen können praktisch ausnahmslos den drei Kategorien «Natürlichkeit», «Convenience» sowie «Ernährungsbewusst» zugeordnet werden.

Eine ähnliche Situation punkto Differenzierung und Markttrends findet sich auch bei Rahm und Butter, wobei bei diesen Produkten im Vergleich zur Trinkmilch die Produktvielfalt derzeit noch etwas geringer ist. Es fragt sich somit, wo das Innovationspotenzial für Gattungsware wie Trinkmilch, Rahm und Butter für die kommenden Jahre liegt. Revolutionäre neue Technologien für die Milchverarbeitung sind in den nächsten Jahren kaum zu erwarten. Das grösste Potenzial liegt wohl in der Anwendung von Membranverfahren zur Haltbarmachung von Trinkmilch, wobei hier insbesondere noch lebensmittelrechtliche Hürden sowie die hohen Verarbeitungskosten im Vergleich zu thermischen Verfahren einem Durchbruch dieser Technologie im Wege stehen. Es kann davon ausgegangen werden, dass der Aspekt „Natürlichkeit« auch weiterhin an Bedeutung gewinnen wird und hier eine Ausdehnung der Produktpalette der Labelprodukte (Bio, traditionelle Produkte mit AOC-Label, etc.) noch stattfinden wird. Die zukünftige Entwicklung im Bereich funktioneller Lebensmittel (Functional Foods) ist schwer abschätzbar. Der Trend hin zu natürlichen Produkten steht diametral zum Konzept vieler funktioneller Lebensmittel, bei denen häufig Grundnahrungsmittel mit produktfremden Wirkstoffen supplementiert werden. Die schwierige Kommunikation einerseits sowie die Wahrnehmung der «unnatürlichen» Kombinationen von Lebensmitteln und funktionellen Zutaten durch die meisten Konsumenten setzt den Wachstumschancen solcher Produkte enge Grenzen. Zweifellos hat

Natürlichkeit	Convenience	Ernährungsbewusst
Nachhaltige und umweltgerechte Produktion, tiergerechte Haltung, naturbelassene bzw. möglichst schonend behandelte Produkte, maximale Frische, ökologische Verpackung, lokale/regionale Herkunft, frei von Zusatzstoffen, Echtheit	Maximaler Kompromiss zwischen Natürlichkeit, Bekömmlichkeit, Haltbarkeit, sensorischen Eigenschaften und praktischer Verpackung. (leicht zu öffnen, wiederverschliessbar, leicht entsorgbar, ideale Packungsgrösse)	Bekömmlichkeit, Nährwert, Funktionalität, Wirkung, Nutzen für die Gesundheit, Unterstützung der Leistungsfähigkeit, bedürfnisangepasste Ernährung, diätätische Aspekte, Gesundheit, Körpergewicht, Körperfigur, Vermeiden von ernährungsbedingten Gesundheitsproblemen
Bio-Milch, Demeter-Milch, Alpenmilch, Trinkmilchprodukte lokaler/regionaler Anbieter	bactofugierte Milch, ESL-Milch (hochpasteurisierte Milch, mikrofiltrierte Milch)	lactosereduzierte Milch, lactosefreie Milch, Sport-Milch, Calcium-Milch, Vitamin-Milch



der Boom der funktionellen Lebensmittel dazu beigetragen, dass die Konsumenten für das Thema «gesunde Ernährung» sensibilisiert sind. Produkte, die natürlicherweise einen Vorteil gegenüber vergleichbaren herkömmlichen Produkten haben, finden bei den Konsumenten zunehmend Anklang. So werden Produkte aus biologischem Anbau häufig auch mit dem Aspekt «Gesundheit» in Verbindung gebracht. Während bei pflanzlichen Produkten noch eher Unterschiede zwischen herkömmlichen und biologischen Produkten analytisch belegt werden können, ist dies bei tierischen Produkten wie Milch kaum möglich, da die Zusammensetzung der Milch primär durch fütterungsbedingte Einflüsse (Grünfütterung, Heu, Silagen, Kraftfutter), geographische Einflüsse (Alp, Bergzone, Talzone) saisonale Effekte (Sommer, Winter), genetische Faktoren (Rasse) und den Zustand der Tiere (Laktation, Gesundheit) beeinflusst wird. Zwischen biologischer und konventioneller Milchproduktion bestehen in Bezug auf die Futterzusammensetzung kaum Unterschiede innerhalb einer gegebenen Region. Eine echte ernährungsphysiologische Differenzierung von Milch, die sich analytisch aufgrund signifikant unterschiedlicher Zusammensetzungsmerkmale belegen lässt, kann daher nur über eine gezielte Fütterung oder eine selektive geographische Auswahl von Milchproduktionsgebieten erreicht werden. Die Forschungsanstalten FAM und RAP haben gemeinsam in der Arbeitsperiode 2000–2003 verschiedene Möglichkeiten zur Beeinflussung der Milchfettzusammensetzung geprüft. Ziel der Forschungsarbeiten war, durch die Verwendung natürlicher Futtermittelquellen einerseits die Milchfettzusammensetzung in ernährungsphysiologischer Hinsicht zu optimieren (Reduktion C<sub>12:0</sub> bis C<sub>16:0</sub>, Erhöhung von MUFA und ω-3 PUFA) und andererseits auch den Gehalt natürlicherweise vorkommender Wirkstoffe wie z.B. konjugierte Linolsäuren (CLA) in Milch zu erhöhen.

## Geographische Einflüsse

Die geographische Lage eines Milchproduktionsbetriebes Alpzone, Bergzone, Talzone (Abb. 10) hat eine direkte Auswirkung auf die betriebseigene Futtermittelproduktion. In einer gemeinsamen Studie untersuchten die Forschungsanstalten RAP und FAM während der Grünfütterungsperiode den Zusammenhang zwischen Vegetation und Milchfettzusammensetzung.

Dazu wurden einerseits die botanische Zusammensetzung von Grünfutter in Alp-, Berg- und Talzonen analysiert und andererseits die Auswirkungen der drei Grünfütterungstypen auf die Milchfettzusammensetzung untersucht. Basierend auf 16 botanischen Aufnahmen im Talgebiet, 31 Aufnahmen in Berggebiet und 55 Aufnahmen in Alpzonen wurde eine durchschnittliche Zusammensetzung der Weiden in verschiedenen Höhenlagen ermittelt. Die Weiden in der Talzone (600–650m) enthielten nur Pflanzen der zwei Familien Poaceae (Süßgräser) und Fabaceae (Schmetterlingsblütler) wobei Mais, Weissklee, Bastard-Raigras, Englisches Raigras, Rotklee, Knautgras und Wiesenschwingel dominierten. Mit steigender Höhe erweiterte sich die Artenvielfalt in Bergweiden (900–1210m) und Alpweiden (1275–2120m) beträchtlich und es wurden zunehmend auch Pflanzen anderer Familien (*Asteraceae*, *Ranunculaceae*, *Rosaceae*, *Plantaginaceae*, *Cyperaceae*, *Apiacea* und *Laminaceae*) gefunden. Im Vergleich zu Talweiden sank auf Alpweiden der Anteil der Süßgräser von 64.7% auf 42.4% und jener der Schmetterlingsblütler von 35.3% auf 9.5%. Im Gegenzug stieg der Anteil anderer Familien von 0% auf 48.1%.

Parallel zu den Erhebungen in den drei Vegetationszonen wurde die Milchfettzusammensetzung vergleichbarer Tierbestände von je ca. 50–100 Kühen in der Periode Juni bis September anhand von je 12 Mischmilchproben ermittelt. In den nachfolgenden Graphiken sind die durchschnittlichen Gehalte wichtiger Fettsäuregruppen zusammengestellt. Aus den Graphiken (Abb. 11) wird ersichtlich, dass die unterschiedliche botanische Zusammensetzung des Grünfutters in den drei Vegetationszonen einen direkten Einfluss auf die Milchfettzusammensetzung hatte. Im Vergleich zur Talzone reduzierte sich bei der Fütterung in Alplagen die Summe der gesättigten Fettsäuren (C<sub>12</sub>, C<sub>14</sub>, C<sub>16</sub>) von 35.75 auf 30.88%. Der Gehalt von einfach ungesättigten Fettsäuren (MUFA) stieg von 23.84% auf 27.56%, jener der mehrfach ungesättigten Fettsäuren (PUFA) von 4.24% auf 6.86%. Der Gehalt an konjugierten Linolsäuren (CLA) stieg von 0.87% auf 2.36%. Die Anteile von ω-3 und ω-6 Fettsäuren waren in Alpbutter praktisch gleich gross.



Abb. 10: Alp-, Berg- und Talzonen

Die statistisch signifikanten Unterschiede lassen den Schluss zu, dass mit zunehmender Höhe der Weiden die ernährungsphysiologischen Eigenschaften des Milchfettes positiv verändert werden. Die neuen Erkenntnisse erlauben aus kommerzieller Sicht auch eine gezielte Auslobung von Milchprodukten aus Berg- und Alpmilch. Andererseits lässt sich beispielsweise die Echtheit von Alpbutter und Alpkäse anhand des Fettsäurespektums überprüfen. Die höhenabhängige Veränderung der Milchfettzusammensetzung ist ein zuverlässiger Indikator für die Herkunft der Milch.

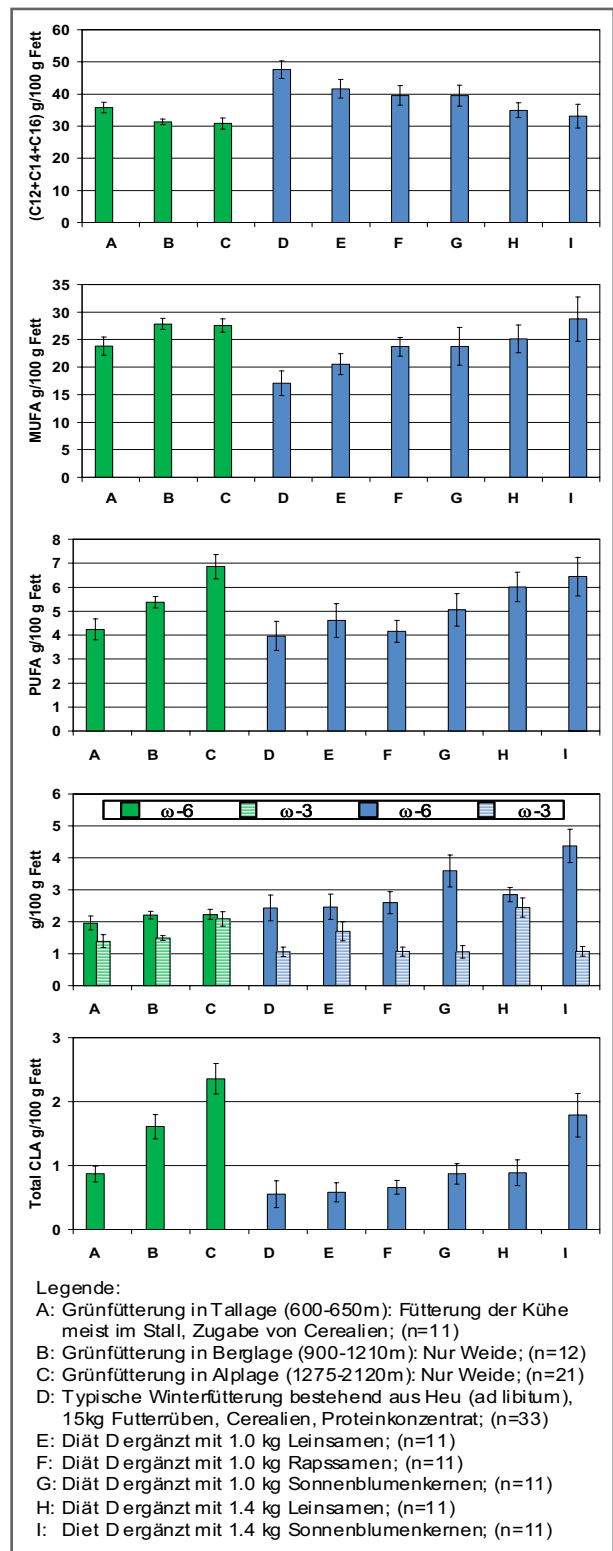


Abb. 11: Beeinflussung der Milchfettzusammensetzung durch die Grasfütterung in verschiedenen Höhenlagen und mittels Supplementierung des Futters mit Ölsaaten

## Einfluss von Ölsaaten in der Fütterung

Die Optimierung der Milchzusammensetzung ist auch heute noch Gegenstand vieler Forschungsarbeiten. Die beiden wertbestimmenden Merkmale Fett und Eiweiss stehen dabei im Vordergrund. Die Fütterung beeinflusst einerseits die Gehalte an Fett und Eiweiss und hat andererseits beim Milchfett auch einen wesentlichen Einfluss auf die Zusammensetzung. Im Gegensatz dazu kann die Zusammensetzung der Eiweissfraktion nur über das Erbgut der Tiere (Selektion, Kreuzungen, Gentechnologie) beeinflusst werden. Lactose und Mineralstoffe variieren nur innerhalb sehr enger Grenzen und sind kaum manipulierbar.



Abb. 12: Anbau von Lein



Abb. 13: Anbau von Raps



Abb. 14: Anbau von Sonnenblumen

Die saisonal bedingte Veränderung der Futtermittelzusammensetzung (Grünfutter, Heu, Silage) bewirkt auch saisonale Qualitätsunterschiede bei Produkten, die auf einer veränderten Milchfettzusammensetzung beruhen. Während der Winterzeit ist der Gehalt an gesättigten Fettsäuren als Folge der Verfütterung von Heu und Futterrüben im Allgemeinen recht hoch. Neben ernährungsphysiologischen Aspekten sprechen auch technologische Gründe für eine aktive Beeinflussung der Milchfettzusammensetzung. Durch eine gezielte Fütterung lässt sich z.B. die Streichbarkeit von Butter und die Beschaffenheit des Käseteigs verbessern.

In einer gemeinsamen Studie untersuchten die Forschungsanstalten RAP und FAM die Auswirkungen der Supplementierung eines typischen Winterfutters aus Heu und Rüben mit gemahlenden Ölsaaten auf die Milchfettzusammensetzung. Insgesamt 33 Kühe wurden mitten in der Laktation nach dem Zufallsprinzip in drei Gruppen aufgeteilt. In einer ersten Phase von 2 Wochen erhielten alle Kühe die gleiche Grundration, bestehend aus Heu *ad libitum* und 15kg Futterrüben. Im Anschluss daran wurde die Grundration je einer Gruppe während der Wochen 3–5 mit 1kg Rapssamen, 1kg Leinsamen bzw. 1kg Sonnenblumenkernen ergänzt (Abb. 12–14, 15-17/Seite 20+21).

Nachfolgend wurde in den Wochen 6 und 7 für die Gruppen mit Leinsamen und Sonnenblumenkernen die Zufütterung der Ölsaart auf 1.4kg erhöht. Zur bedarfsgerechten Fütterung erhielten die Kühe unabhängig vom Grundfutter und den Ölsaaten individuelle Mengen Getreide und Proteinkonzentrat, die auf der Basis von Körpergewicht, Milchleistung, Milchezusammensetzung und des Futterverzehr der Vorwoche ermittelt wurden. Während der gesamten Versuchszeit wurden wöchentlich die Milchleistung und die Milchezusammensetzung ermittelt. Die quantitative Bestimmung der Fettsäurezusammensetzung erfolgte mittels hochauflösender Gaschromatographie mit Flammenionisationsdetektor.

Die in Abb. 11/Seite 18 angegebenen Werte beziehen sich auf Woche 2 (Grundfutter), Woche 4 (1kg Ölsaaten) und Woche 7 (1.4kg Leinsamen bzw. 1.4kg Sonnenblumenkerne). Die dazwischenliegenden Versuchswochen gelten als Umstellzeit und wurden deshalb für die Auswertung nicht berücksichtigt.

Die mit der Fütterung von Heu und Futterrüben erzielte Milchfettzusammensetzung (D) ist typisch für Winterfett und zeichnet sich durch einen hohen Gehalt der gesättigten Fettsäuren C<sub>12:0</sub> bis C<sub>16:0</sub> (total 47.62%) und einen entsprechend tiefen Gehalt von einfach und mehrfach ungesättigten Fettsäuren aus (17.10% und 3.97%). Auch der Gehalt an  $\omega$ -3 Fettsäuren (1.06%) und CLA (0.55%) ist entsprechend tief.

Im Vergleich zu dieser typischen Winterfütterung bewirkt bereits eine Grünfütterung in Tallage (A) eine deutliche Verbesserung der Milchfettzusammensetzung. Die Supplementierung des Winterfutters mit Ölsaaten (E-I) wirkt sich ebenfalls sehr positiv auf die Milchfettzusammensetzung aus, wobei je nach Art und Menge der Ölsaat unterschiedliche Effekte erzielt werden. Dies steht in direktem Zusammenhang mit der Fettsäurezusammensetzung dieser Ölsaaten. Rapsöl enthält hohe Gehalte an Ölsäure (C<sub>18:1</sub>,  $\omega$ -3), Sonnenblumenöl ist besonders reich an Linolsäure (C<sub>18:2</sub>,  $\omega$ -6) und Leinöl zeichnet sich durch einen hohen Gehalt an Linolensäure (C<sub>18:3</sub>,  $\omega$ -3) aus. Eine Supplementierung mit 1kg Ölsaat führte im Durchschnitt bereits zu einer ca. 15%-igen Reduktion der gesättigten Fettsäuren C<sub>12:0</sub> bis C<sub>16:0</sub> auf ein mittleres Niveau von ca. 40.24g/100g Fett.

Durch die Erhöhung der Ölsaatenmenge auf 1.4 kg konnte mit Leinsamen und Sonnenblumenkernen der Anteil dieser drei ungesättigten Fettsäuren gar um 26.6% bzw. 30.5% reduziert werden. Ein Vergleich der Gehalte an  $\omega$ -3 Fettsäuren und  $\omega$ -6 Fettsäuren lässt beispielsweise den spezifischen Einfluss von Leinsamen (E, H) erkennen. Mit einer Zugabe von 1kg und 1.4kg wurde in beiden Fällen ein deutlicher Anstieg des Gehaltes von  $\omega$ -3 erreicht, was auf den hohen Gehalt an Linolensäure (C<sub>18:3</sub>,  $\omega$ -3) in Leinsamen zurückzuführen ist. Neben den ungesättigten Fettsäuren lassen sich auch die CLA-Gehalte im Milchfett durch Ölsaaten erhöhen.

Abb. 15: Leinsamen



Abb. 16: Varietäten von Rapssamen



Abb. 17: Sorten von Sonnenblumenkernen

Linolsäure ( $C_{18:2}$ ,  $\omega-6$ ) ist ein wichtiger Ausgangsstoff zur Bildung von CLA.

Spezifische Bakterien der Pansenflora sind in der Lage, ausgehend von Linolsäure entsprechende Stereo- und Positions-isomere zu bilden. Bei der Biohydrierung der Fettsäuren durch die Pansenflora wird in grösserem Ausmass auch Vaccensäure ( $C_{18:1}$   $\omega-7$ ) gebildet, die in der Milchdrüse ebenfalls wieder zu CLA umgewandelt werden kann. Die Biohydrierung setzt der Anreicherung des Milchlippes mit ungesättigten Fettsäuren aber auch enge natürliche Grenzen, da die mit dem Futter zugeführte Linol- und Linolensäure im Pansen grösstenteils zur Ölsäure und Stearinsäure hydriert wird. Eine Microenkapsulierung des Fettes im Futter bietet einen gewissen Schutz vor der Biohydrierung und ermöglicht eine effizientere Überführung von ungesättigten Fettsäuren ins Milchfett. Die Erhöhung der ungesättigten Fettsäuren im Milchfett ist aber nur bis zu einem gewissen Grad sinnvoll, da bei länger haltbaren Milchprodukten (Käse, Butter, eingesottene Butter) im Falle von erhöhten Gehalten an ungesättigten Fettsäuren ein beschleunigter oxidativer Verderb zu befürchten ist. Zudem sind der Variation der Futtermittelzusammensetzung enge ökologische und ökonomische Grenzen gesetzt. Hohe Fettanteile im Futter sind für Wiederkäuer nicht empfehlenswert, da dies einen negativen Effekt auf die Aktivität der Pansenflora hat und zu einem deutlichen Abfall der Milchleistung führt, wobei zusätzlich ein Abfall des Eiweiss- und Fettgehaltes hingenommen werden muss.

In Bezug auf die Milchfettzusammensetzung wurde durch die Supplementierung mit Ölsaaten grundsätzlich ähnlich positive Effekte erzielt wie durch eine Grünfütterung in Berg- und Alplagen. Die Kombination der sömmerlichen Grünfütterung in Berg- und Alplagen mit einer Supplementierung der Winterdiät mit Ölsaaten erlaubt es, die Milchfettzusammensetzung ganzjährig auf natürliche Weise positiv zu beeinflussen. Ein solches Futterkonzept könnte bei der Herstellung und Vermarktung einer speziellen Trinkmilch für ernährungsbewusste Konsumenten durchaus Anwendung finden und würde auch dem Aspekt einer naturnahen und nachhaltigen Bewirtschaftung von Alp- und Berggebieten entsprechen.

## 7. Internationale Zusammenarbeit

### Partner in «Healthy milk for the Sahel»

Das schweizerische Fachwissen in der Milchhygiene und Milchtechnologie soll im Rahmen eines Nationalfondsprojektes der Bevölkerung in der Sahelzone zugute kommen und deren unentbehrliches Nahrungsmittel Milch qualitativ verbessern und in grösseren Mengen zugänglich machen.

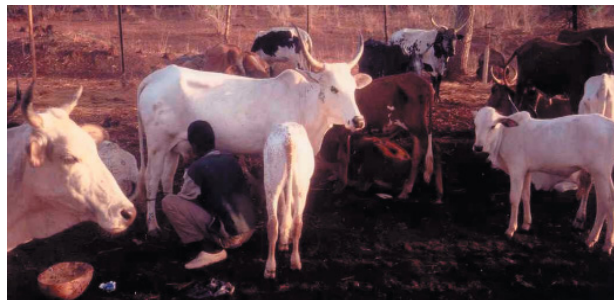
Das Schweizer Nationalfondsprojekt «Gesunde Milch für die Sahelzone» ist ein Gemeinschaftsprojekt des Laboratoire Central Vétérinaire (LCV) und des Institut du Sahel (INSAH) in Mali mit der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich und dem Schweizer Tropeninstitut in Basel.

Die Eidgenössische Forschungsanstalt für Milchwirtschaft in Liebefeld ist im Leistungsauftrag 2000–2003 in diesem Projekt im Bereich der chemischen Untersuchung von Rohmilchproben von Zebus aus Mali (Abb. 18), der Isolierung von Milchsäurebakterien aus fermentierten Produkten sowie im Rahmen der Ausbildung eines malischen Technikers in Liebefeld, ein anerkannter Partner.

Im Sahel wird die Rohmilch zur Herstellung von fermentierten Produkten einer spontanen Gärung durch die Rohmilchflora überlassen. Die so gewonnenen Produkte sind sehr heterogen und sind in mikrobiologischer Hinsicht problematisch. Durch eine vorgängige Hitzebehandlung der Rohmilch und anschliessendes Beimpfen mit Gärungsorganismen bekannter Herkunft kann eine Verbesserung der Hygiene und damit eine Minderung der Gesundheitsrisiken der Bevölkerung erreicht werden. Zudem ermöglicht die gezielte Säuerung mit definierten Kulturen die Herstellung von Produkten gleichbleibender Qualität. Die aus einheimischen malischen Sauermilchprodukten isolierten Gärungsorganismen könnten möglicherweise zukünftig als Starterkulturen dienen.

Um ein verbessertes Verständnis der Organisation, der Traditionen sowie der damit verbundenen Zwänge und Risiken für die menschliche Gesundheit zu erlangen, wurde zunächst der malische Markt analysiert. Es wurden bereits zahlreiche Untersuchungen in den Bereichen der Lebensmittelmikrobiologie, der medizinischen Bakteriologie und der Toxikologie durchgeführt sowie sozioökonomische Begleitstudien erarbeitet. Ein Grossteil der untersuchten Milchprodukte ist stark mit Enterobakterien und Staphylokokken belastet und bei 6% der untersuchten Rohmilchprodukte wurden Antibiotikarückstände nachgewiesen. Der Viehbestand Malis ist des Weiteren stark mit Tuberkuloseerregern infiziert, inwieweit dabei ein Risiko der Ansteckung für den Menschen besteht, wird noch untersucht.

Abb. 18: Zebuherde (Buckelrinder)



Bestehende Infrastrukturen, Klima und Produktionssysteme verhindern, dass Milch in genügender Menge und Qualität zur Verfügung steht. Diese Situation zwingt Mali, die lokale Produktion in den kleinen und mittleren Betrieben vor Ort zu fördern und damit lokale Erzeugnisse zu verstärken.

Die schlechte Qualität von Milch und Milchprodukten ist in erster Linie auf eine ungenügende Produktionsmenge und damit auf eine Verfälschung der Milch mit Wasser zurückzuführen. Ebenso führen hohe Umgebungstemperaturen sowie fehlende Energie zur ausreichenden Kühlung zu einer Vermehrung der Mikroorganismen. Die Qualität der Milch wird zudem durch den Einsatz von nicht geeigneten Gerätschaften und Materialien für Pasteurisation und Verpackung negativ beeinflusst (Abb. 19/Seite 23). Risikofaktoren bezüglich fehlender hygienischer Grundkenntnisse im Bereich der Werkzeuge und Methoden der Produktion wurden identifiziert und Möglichkeiten zur Qualitätsverbesserung erkannt.

Abb.19: Filtration der Rohmilch (links);  
Reinigen der Behälter (rechts)



Innovationen zur Verbesserung der Milchqualität wie «Waschen und Desinfizieren der Behälter», «Verwendung geeigneter Materialien», müssen für die Leistungserbringer (Tierzüchter, Milchsammelstelle, Milchverarbeitungszentrale, Händler) technisch umsetzbar, wirtschaftlich rentabel und gesellschaftlich akzeptabel sein.

Die Zebumilch steht in diesem SNF-Projekt als sicheres Lebensmittel und als Quelle des Einkommens und der Beschäftigung der Bevölkerung im Mittelpunkt. Die an der FAM durchgeführten Untersuchungen der Zebumilch zeigten eine starke Beeinträchtigung der Milchmenge durch subklinische Mastitis. Veränderungen in der chemischen Zusammensetzung der Milch konnten sowohl auf den Stoffwechsel der Kuh sowie deren Eutergesundheit zurückgeführt werden. Die Studie zeigte zudem eine Beeinflussung der Zusammensetzung der Milch durch Ergänzungsfutter. Gegenwärtig ist die Ernährung der Zebukühe nicht ausgewogen, daher wird das Körperfett

der Kühe zur Produktion von Milch mobilisiert. In den nächsten Jahren wird durch ein Ausdehnen der Mischrasen, durch verbesserte Gesundheitsdienste für den Viehbestand und durch Ergänzungsfutter eine Zunahme der Milchproduktion pro Kuh und Tag von 1–2 Liter auf 5–12 Liter erwartet.

Unter Einbezug aller Leistungserbringer werden mit diesen Ergebnissen lokale Standards für Milchprodukte definiert und Massnahmen für die Verbesserung der Hygiene getroffen. Die Qualitätsgarantie der Milchprodukte ist ein wichtiger Beitrag zur dortigen Volksgesundheit. Die gewonnenen Erfahrungen werden mit anderen Ländern aus der Sahelzone ausgetauscht.

## RÜCKBLICK UND NEUAUSRICHTUNG DER MILCHWIRTSCHAFTLICHEN FORSCHUNG IN AGROSCOPE LIEBEFELD–POSIEUX (ALP)

Die vor 4 Jahren gesetzten ambitionösen Ziele im Bereich Molkereiprodukte wurden in der abgelaufenen Leistungsperiode (Leistungsauftrag 2000–2003) weitgehend erreicht. Dazu wurden vier eigentliche Schwerpunkte als sogenannte Forschungsprojekte bearbeitet: Biotechnologie, Verfahrensbeurteilung, technologische Eigenschaften und physiologische Eigenschaften von Milch und Milchprodukten. In all diesen Schwerpunkten verfügen wir heute über Einrichtungen, Messmethoden und Fachwissen sowie relevante internationale Netzwerke, um der Milchwirtschaft alle benötigte Unterstützung zu geben, der Politik mögliche Folgen von Entscheidungen aufzuzeigen und gegenüber Beratung und Konsumenten die Vor- und Nachteile der Produkte neutral darzulegen.

In der Zwischenzeit hat sich die Milchwirtschaft reorganisiert. Die Anzahl unserer Kunden und Partner wurde reduziert und deren Heterogenität ist gestiegen. Vermehrt füllen neben den stark gewachsenen grossen Firmen auch wieder kleinere Unternehmen mit innovativen Produkten Nischen in regionalen Märkten. Damit wird unser Wissen in Zukunft sicher nicht weniger gefragt sein. Dieser Bericht «Leistungsauftrag 2000–2003» wirft ein Licht auf die zahlreichen und sehr vielseitigen wissenschaftlichen Arbeiten im Bereich der Molkereiprodukte.

Wir haben, wie bereits die abgeschlossene Leistungsperiode, auch die Neue wiederum mit den Forschungswünschen aus Praxis, Politik, Forschung und Konsumentenschaft gestartet. Die Fragestellungen sind zahlreich, interessant und fordernd.

Die eigene Reorganisation mit der Verschmelzung der FAM zusammen mit der RAP in die neue Forschungsanstalt für Nutztiere und Milchwirtschaft (ALP) wird nicht ganz ohne Folgen für unser angestammtes Kundensegment auf der Milchseite bleiben. Die 4 Schwerpunkte der letzten Periode konnten nicht aufrecht erhalten werden.

Wir haben im Bereich Molkerei neu noch ein rein milchwirtschaftliches Projekt: Milchverarbeitung. Wir werden darin die wichtigsten Anliegen der Milchwirtschaft abdecken. Daneben leistet aber auch unser Projekt «Mikroorganismen für Sauermilchprodukte und Fleisch» Beiträge zu vorwiegend Probiotika betreffenden Fragen, aber auch generell zu Milchsäurebakterienkulturen.

Die Eidgenössische Forschungsanstalt für Nutztiere und Milchwirtschaft (Agroscope Liebefeld–Posieux, ALP) wird auch zukünftig auf neutraler Basis und unabhängig von wirtschaftlichen Einzelinteressen dazu beitragen, Chancen und Risiken für die Milchwirtschaft bereits im Vorfeld zu erkennen. Dieser Bericht soll über unsere wissenschaftlichen Tätigkeiten in einer Form berichten, welche die Aufgaben und Ziele der öffentlichen Forschung und die dabei erhaltenen Ergebnisse verständlich macht. Dieser Anspruch ist heute aktueller denn je.

