

# Pilotanlage zur Herstellung von Kondensmilch und anderen sterilen Milchkonzentraten nach einem modifizierten Verfahren

Von C. Kiesner, W. Hoffmann und W. Buchheim

Institut für Verfahrenstechnik der Bundesanstalt für Milchforschung, Kiel

## 1. Einleitung

Beim herkömmlichen Herstellungsverfahren von Kondensmilch werden die Milch-inhaltsstoffe mindestens zweimal einer jeweils intensiven Wärmebehandlung unterzogen. So wird die im Fett- und Trockenmassegehalt eingestellte Ausgangsmilch unmittelbar vor dem Eindampfen auf meist über 100°C erhitzt und mindestens 1 min heißgehalten, um einerseits mögliche mikrobiologisch und enzymatisch bedingte Veränderungen bis zur Sterilisierung zu unterbinden. Im besonderen dient diese erste Wärmebehandlung aber auch einer thermischen Eiweißstabilisierung, die wichtig für die Sterilisationsfähigkeit des späteren Konzentrates ist und gleichzeitig die Lagerstabilität der abgefüllten Kondensmilch beeinflusst. Eine zweite Wärmebehandlung erfolgt am oder gegen Ende des Herstellungsprozesses. Ziele sind dabei das Abtöten aller vermehrungsfähigen Keime und wiederum das Vorbereiten einer später ausreichenden chemisch/physikalischen Lagerstabilität der Kondensmilch (1).

Üblicherweise beginnt die Produktion von Kondensmilch immer mit dem Vorerhitzen und Konzentrieren der eingestellten Ausgangsmilch, während die Reihenfolge der anschließenden Schritte wechseln kann (s. Abb. 1). Zwischen den beiden Wärmebehandlungen kommt es stets zu einer Kühllagerung des Konzentrates, bei der die endgültige Einstellung von Fett und Trockenmasse und die Zugabe von Stabilisierungsalzen erfolgt.

Beim traditionellen Herstellen von Kondensmilch in Dosen („Dosenmilch“) erfolgt die Sterilisation nach Abfüllung und Verschließen der Behältnisse. Anstelle von Dosen werden heute zunehmend Verpackungen aus oder mit Kunststoff verwendet. Diese erfordern andere Verfahrensbedingungen, da die Kondensmilch hier im Durchfluß keimfrei gemacht und dann aseptisch abgefüllt werden muß. Zur vollständigen Abtötung der Mikroorganismen im kontinuierlichen Durchfluß des Produktes kann eine Ultrahocherhitzung ( $\geq 135^\circ\text{C}$ ) oder eine Erhitzung im Sub-UHT-Bereich ( $< 135^\circ\text{C}$ ) mit einer Heißhaltung im Minutenbereich vorgenommen werden. Diese zweite Variante, die stärker den traditionellen Sterilisierungsbedingungen angenähert ist, bietet für die spätere Stabilität der Kondensmilch einige Vorteile gegenüber einem ultrahocherhitzten Produkt. So sind vermutlich viele Hersteller zu diesen Sub-UHT-Temperaturen (besonders 125-130°C) übergegangen, die streng genommen eine Deklaration der Kondensmilch als „wärmebehandelt“ erfordern. Andererseits wäre nach den gesetzlichen Vorschriften die Verwendung von Tri- und Polyphosphaten nur zur Stabilisierung von „ultrahocherhitzter“ Kondensmilch zulässig.

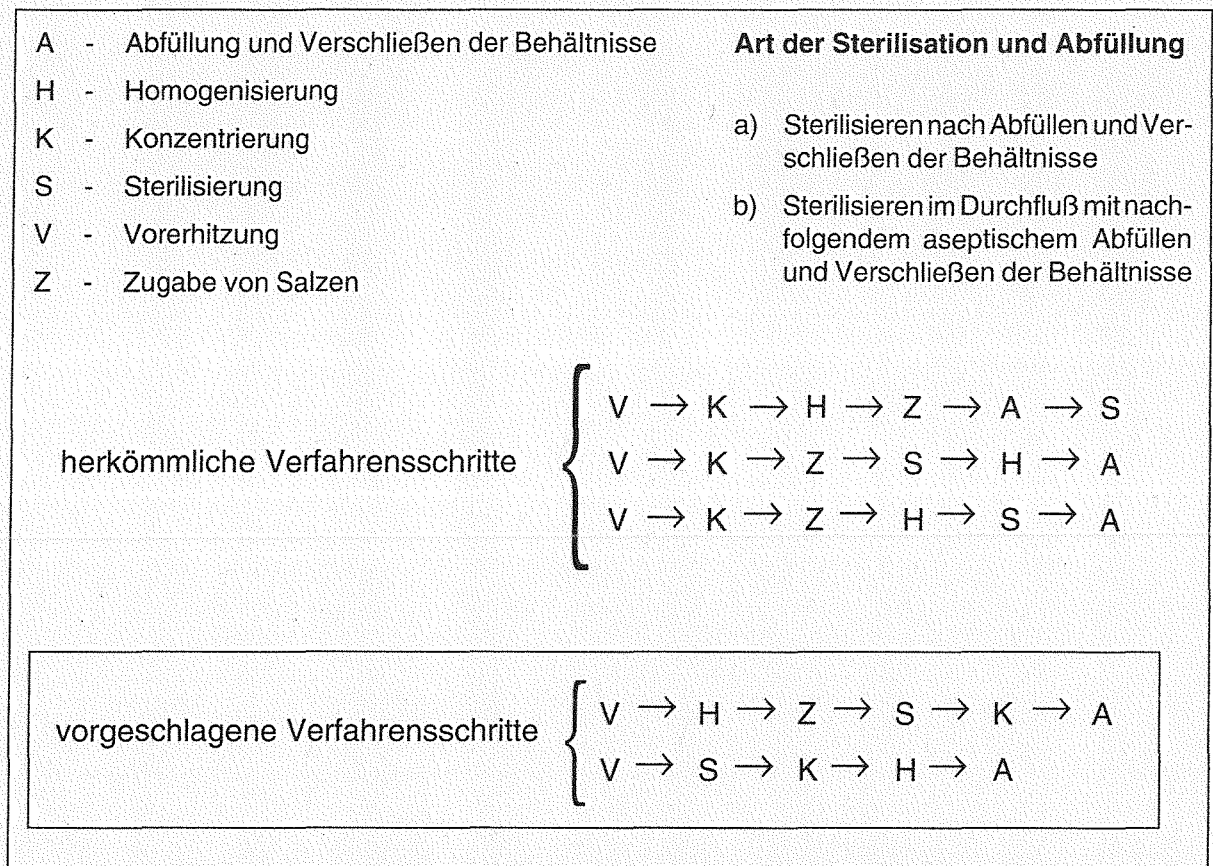


Abb. 1: Kombinationen der Verfahrensschritte bei der Herstellung von Kondensmilch und anderen Milchkonzentraten

Die in Dosen oder Kunststoff/Karton-Packungen abgefüllte Kondensmilch stellt ein Produkt dar, welches während der Herstellung starken thermischen Belastungen und daraus resultierenden hitzeinduzierten Veränderungen ausgesetzt ist, was für dieses Dauermilcherzeugnis charakteristisch ist. Um diese hitzeinduzierten Veränderungen zu erreichen, muß sehr viel Energie aufgewendet werden, was zu der Überlegung geführt hat, den Herstellungsprozeß energetisch deutlich günstiger zu konzipieren. Das modifizierte Verfahren geht nicht mehr von zwei Wärmebehandlungen mit dazwischenliegender Kühlagerung des Konzentrats aus, sondern vereinigt Sterilisation und Eindampfung in einer einzigen Wärmebehandlung. Hier erfolgt die Aufkonzentrierung der Ausgangsmilch mit Hilfe der Entspannungsverdampfung erst unmittelbar im Anschluß an die Aufheiz- und Heißhaltephase des Sterilisationsschrittes (s. Abb. 1 und (2)). Dabei wird mit der Konzentrierung gleichzeitig eine Abkühlung auf die gewünschte Abfülltemperatur des Produkts erreicht. Wird das Aufkonzentrieren durch mehrstufige Entspannungsverdampfung mit Nachwärmung unter Ausnutzung des im Prozeß gebildeten Brüdendampfes durchgeführt, so läßt sich eine erhebliche Energieeinsparung gegenüber dem konventionellen Verfahren erzielen (2). Der in der Zeitachse sehr enge Temperatur-Zeit-Verlauf hat bei diesem Verfahren, das dem UHT-Prozeß sehr ähnlich ist, zur Folge, daß die so hergestellte Kondensmilch wesentlich geringere hitzeinduzierte Veränderungen von Milchinhaltstoffen gegenüber dem herkömmlichen Verfahren aufweist. Beide Produkte sind daher sowohl in ihren chemisch/physikalischen als auch in ihren sensorischen Eigenschaften nicht miteinander vergleichbar. Die nach dem modifizierten Verfahren hergestellte Kondensmilch weist deutlich schwächere Abbau- bzw. Bildungsraten (Kochgeschmack, Lactosekaramelisierung, Maillardreaktion) auf, erreicht jedoch nach

den bisherigen Erfahrungen hinsichtlich der Lagerstabilität nicht die für ein Dauer-  
milcherzeugnis erwartende Haltbarkeit. Damit wurde die Vermutung erneut bestätigt, daß  
die traditionell intensive, mindestens zweimalige Wärmebehandlung tatsächlich für die  
gewünschten Eigenschaften bei diesem Produkt (sehr lange Lagerstabilität) notwendig  
sind. Kriterien wie die sensorische Qualität oder die Erhaltung der funktionellen Eigen-  
schaften der Proteine spielten bei diesen Konzentraten nur eine untergeordnete Rolle.  
Hier liegen eindeutig die Vorteile des modifizierten Verfahrens. Mit diesem System bietet  
sich die Möglichkeit, mit einem minimierten Energieverbrauch keimfreie, mehrwöchig  
lagerfähige Konzentrate von guter sensorischer Qualität und vergleichsweise wenig  
veränderten Milchinhaltstoffen maßgeschneidert herzustellen. Die Eigenschaften dieser  
Konzentrate bei unterschiedlichen Verfahrensbedingungen sollten an der im Institut für  
Verfahrenstechnik aufgebauten Pilotanlage genauer untersucht werden, ebenso die  
Möglichkeiten einer Umsetzung in den großtechnischen Maßstab.

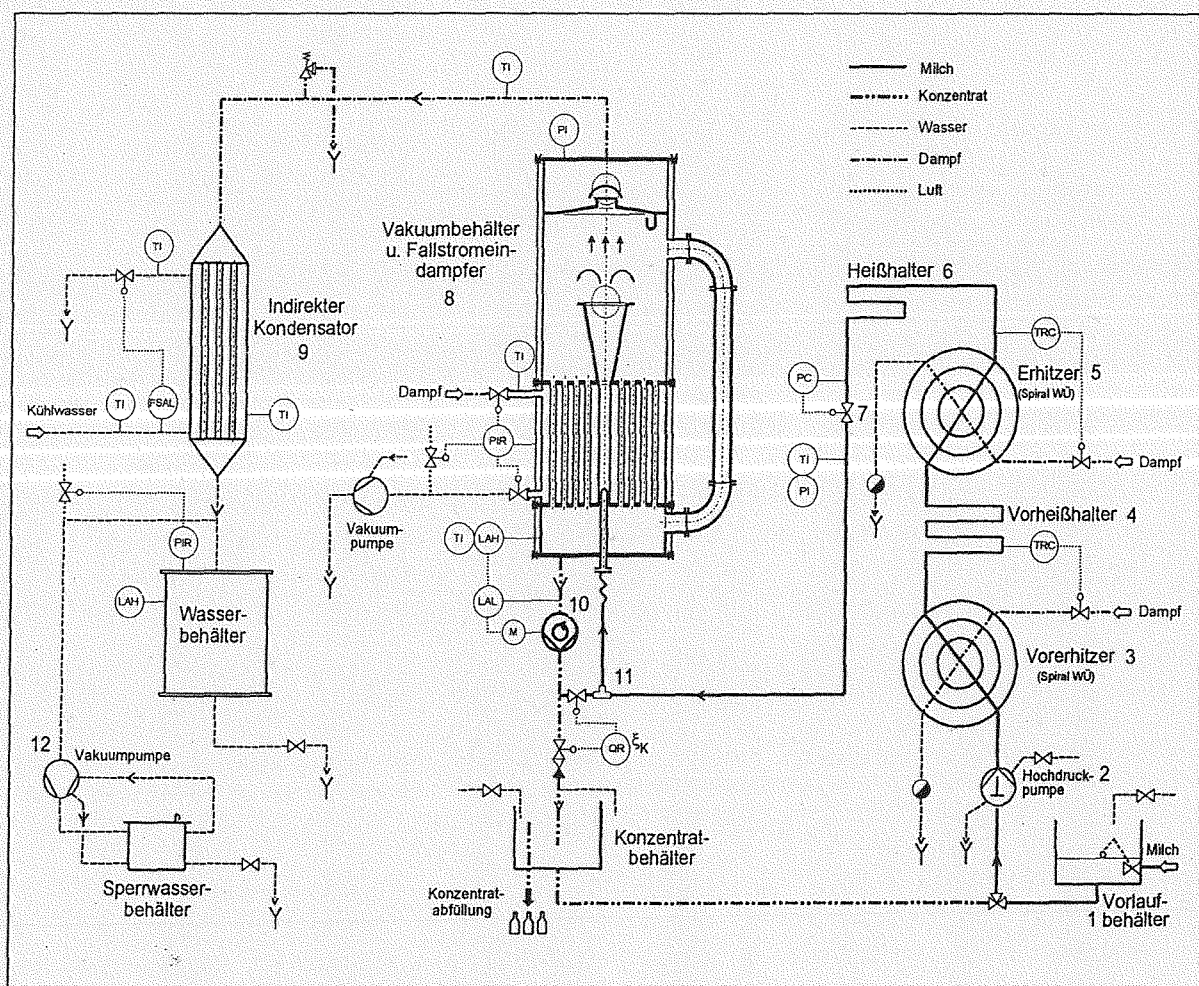


Abb. 2: Fließschema der Pilotanlage für die Herstellung von Milchkonzentraten nach dem modifizierten Verfahren

## 2. Beschreibung der Pilotanlage

Die Pilotanlage wurde in einstufiger Ausführung aufgebaut. Die Abb. 2 und Abb. 3 zeigen das Fließschema mit allen Regel- und Meßorganen und die Pilotanlage.

Sie setzt sich im wesentlichen aus drei Komponenten zusammen, die die Durchführung jeweils eines der erforderlichen Verfahrensschritte ermöglichen. Die im Fett und in der

Trockenmasse eingestellte Vorlaufmilch wird aus dem Vorlaufbehälter 1 mittels einer Hochdruckpumpe 2 durch die Erhitzeranlage 3, 4, 5 geleitet, wo sie auf die gewünschte Sterilisationstemperatur erhitzt wird.

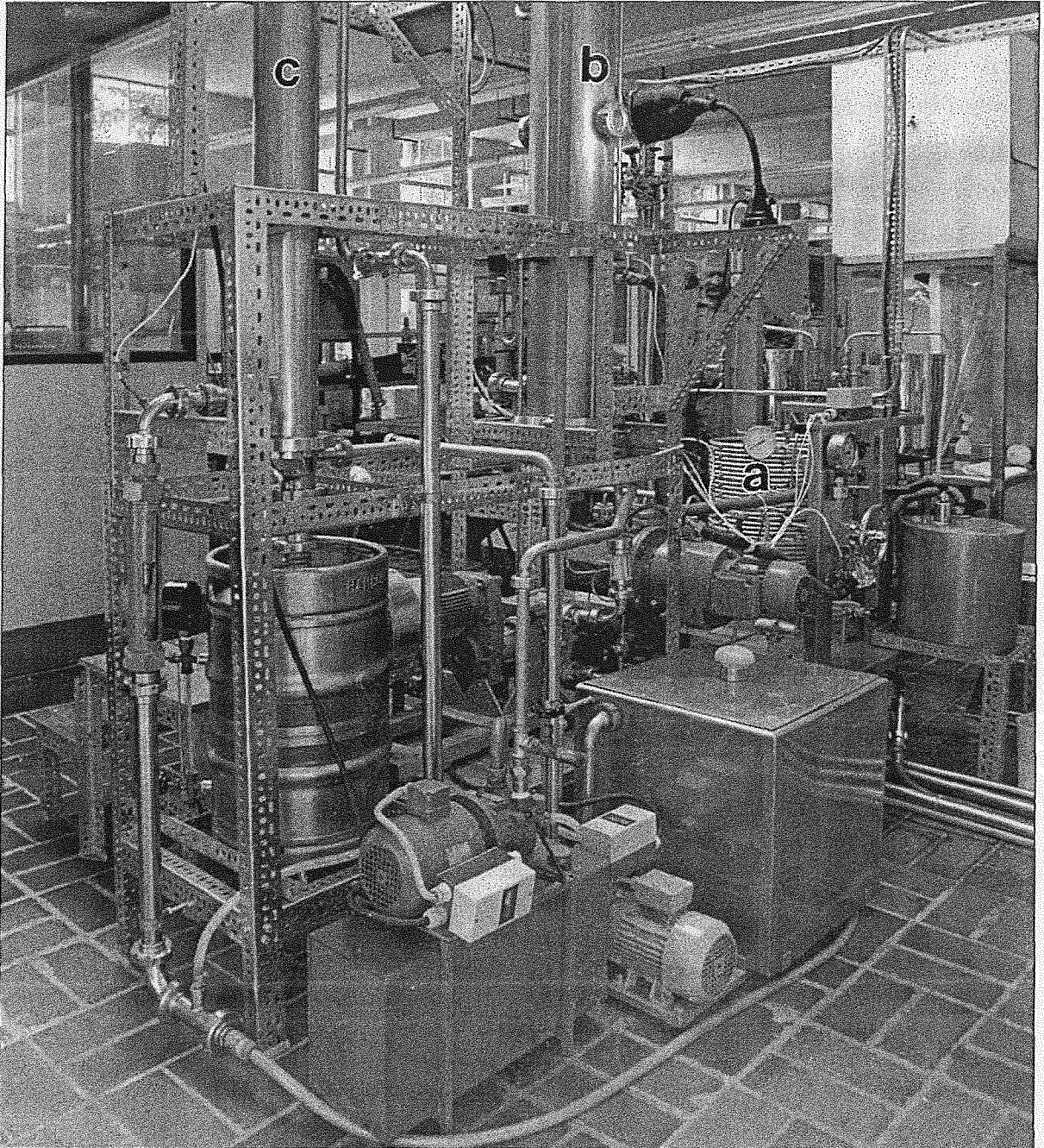


Abb. 3: Aufnahme der im Institut für Verfahrenstechnik gebauten Pilotanlage für die Herstellung von Milchkonzentraten nach dem modifizierten Verfahren; a: Erhitzeranlage; b: Entspannungsverdampfer mit integriertem Fallstromverdampfer; c: Brühdampfcondensator.

Die Erhitzeranlage ist aus Spiralwärmeübertragern aufgebaut und teilt sich in einen Vorerhitzer 3, einen Vorheißhalter 4 und die Erhitzungsabteilung 5 auf. Im Anschluß an die Erhitzungsabteilung ist ein Heißhalter 6 eingebaut. Heißhaltezeiten können sowohl beim Vorheißhalter als auch beim Heißhalter selbst verändert werden. Die Vorheißhaltetemperatur liegt im Bereich zwischen 90 bis 100°C, die Erhitzungstemperatur kann zwischen 135 und 150°C eingestellt werden (entspricht dem Temperaturbereich bei der H-Milchherstellung). Als Druckhalteventil 7 am Ende der Heißhaltestrecke wird ein

Homogenisierventil eingesetzt. Je nach dessen Einstellung können Anlagendrucke zwischen 10 bis 150 bar gefahren werden. Hinter dem Druckhalte- und Homogenisierventil gelangt die bereits sterile Milch (H-Milch) in ein kombiniertes Entspannungsgefäß, in dem ein Unterdruck bis zu 0,05 bar eingestellt werden kann. Das kombinierte Entspannungsgefäß 8 setzt sich aus einer diffusorförmigen Einrichtung zur Trennung der Dampf- und Flüssigphase, einem Tropfenabscheider im oberen Bereich und einem Fallstromverdampfer zusammen. Die Zweiphasenmischung (Milch und Wasserdampf), die unmittelbar hinter dem Druckhalteventil durch das Entspannen auf den im Entspannungsgefäß herrschenden Unterdruck entsteht, gelangt über ein Steigerrohr des Fallstromverdampfers in die Diffusortrennvorrichtung (3). Durch das höhere spezifische Volumen des Wasserdampfes gegenüber der flüssigen Phase (aufkonzentrierte Milch) wird letztere an die Randzonen des Diffusors gedrängt und in feine Tropfen zerteilt. Der auf diese Weise von der flüssigen Phase befreite Dampf (Brühdampf) entweicht in axialer Richtung in den oberen Teil des Entspannungsgefäßes, durchströmt einen dort eingebauten Tropfenabscheider und wird in einem nachgeschalteten Kondensator 9 kondensiert. Die flüssige Phase in Form von kleinen Milchkonzentrattropfen wird in ihrer ursprünglichen Flugbahn nach oben durch das Erdschwerefeld umgelenkt und fällt nach unten, wo sie durch Feinverteilung über die einzelnen Fallstromverdampferrohre in diesen als Fallfilm herunterfließt. In dem Fallstromverdampfer wird mittels Niederdruckdampf dem Milchkonzentrat Wärme zugeführt, wodurch eine weitere Ausdampfung des Milchwassers erfolgt. Damit kann gezielt eine Erhöhung der Endtrockenmasse erreicht werden. Die zusätzliche Ausdampfung des Milchwassers im Fallstromverdampfer erfolgt unter Vakuumbedingungen (0,05 bis 0,1 bar), also bei Temperaturen zwischen 35 bis 45°C, und bietet somit eine sehr schonende Nachbehandlung des Konzentrates. Den Verlauf des Prozesses im Temperatur-Entropie-Diagramm mit Erläuterungen der einzelnen Verfahrensschritte zeigt Abb. 4. Daraus ist erkennbar, daß sich im kontinuierlichen Verfahren allein durch die einstufige Entspannungsverdampfung (Pkt. 1 im Diagramm Abb. 4) nur ein Eindampfungsfaktor von ca. 1,15 erreichen läßt (2). Eine weitere Erhöhung der Trockenmasse ist nur durch Wärmezufuhr (Pkt. 2 in Abb. 4) möglich. Aufgrund des niedrigen Druckniveaus (Druck  $p_1$ , Pkt. 2) erfolgt die Wärmezufuhr bei entsprechend niedriger Temperatur  $\vartheta_v$  und trägt somit zu einer schonenden Nachbehandlung (Verdampfung) des Konzentrates bei.

Das fertige Konzentrat sammelt sich im unteren Teil des Entspannungsgefäßes, wird von dort mit Hilfe einer Schlauchpumpe 10 abgepumpt und der aseptischen Abfüllung zugeleitet. Zur Erhöhung des Endtrockenmassegehaltes über 30 % besteht eine weitere Möglichkeit, durch innere Rezirkulation des Konzentrates über die Mischstelle 11 einen Teilstrom dem Fallstromverdampfer erneut zuzuleiten. Der sich im Fallstromverdampfer gebildete Brühdampf wird im oberen Bereich direkt und aus dem unteren Bereich über eine Überströmleitung abgenommen.

Die Kondensation des Brühdampfes erfolgt im indirekt arbeitenden wassergekühlten Kondensator, an den die Vakuumerzeugung 12 für das Entspannungsgefäß angeschlossen ist. Der Sterilisations- und Aufkonzentrierungsprozeß verläuft kontinuierlich und kann unter aseptischen Bedingungen betrieben werden. Die Temperaturen werden an mehreren Stellen der Anlage gemessen und registriert, wodurch eine gute Kontrolle des Prozesses möglich ist. Aus der Temperaturdifferenz zwischen Kühlwasseraustritt und Kühlwassereintritt am Kondensator sowie dem Volumenstrom des Kühlwassers kann auf die Menge des bei der Ausdampfung gebildeten Brühdampfes geschlossen werden. Damit läßt sich mit ausreichender Genauigkeit die Endtrockenmasse des hergestellten Konzentrates regulieren. Weitere Möglichkeiten, die gebildete Brühdampfmenge zu regeln, bestehen durch das entsprechende Einstellen des Niederdruckdampfdurchsatzes am Fallstromverdampfer und der Teilmenge des rezirkulierten Teilkonzentrates.

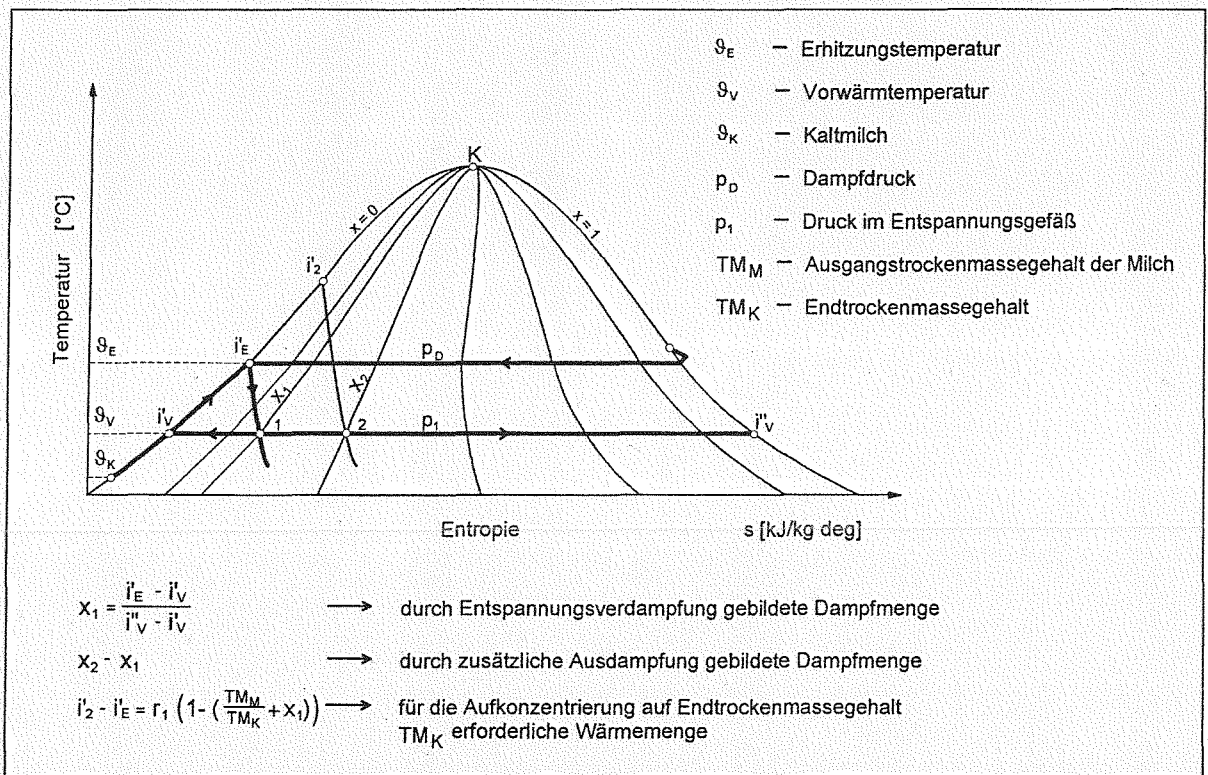


Abb. 4: Temperatur-Entropie-Diagramm für den Prozeß des Aufkonzentrierens durch Entspannungsverdampfung und nachgeschalteter Nachdampfung im Fallstromverdampfer

### 3. Technologische Aspekte

Das beschriebene Verfahren erlaubt vielfältige Temperatur-Zeit-Kombinationen zur Gewinnung steriler Milchkonzentrate mit entsprechend unterschiedlichen Eigenschaften. Abb. 5 zeigt beispielhaft einen Temperatur-Zeit-Verlauf des Prozesses mit vergleichsweise starker thermischer Belastung der Milch. Nach einer Vorerhitzung bei 96°C für 2,5 min erfolgt die Sterilisation mit 141°C und 20 sec. Der bei diesem Prozeß erreichte Sterilisationswert  $F_0$  beträgt ca. 35 min und liegt somit weit höher als bei der herkömmlichen sterilisierten Milch ( $F_0$  liegt bei der Sterilmilchherstellung im Bereich zwischen 3 bis 5 min). Die Denaturierung von  $\beta$ -Lactoglobulin liegt in diesem Fall bei 98 %, die rechnerisch ermittelte Lactulosekonzentration bei 370 mg/kg Milch. Bei Bedarf lassen sich die thermisch induzierten Veränderungen ( $\beta$ -Lactoglobulin-Denaturierung, Lactulosebildung) durch eine andere Wahl der Parameter deutlich verringern.

Zur Charakterisierung der Inaktivierung von Enzymen während der thermischen Behandlung von Milch dient der  $F_0$ -Wert, der aus den reaktionskinetischen Daten des Enzymabbaus berechnet wird. Enzyme werden ähnlich wie chemische Abbauvorgänge weniger durch hohe Temperatur und kurze Zeiten, sondern mehr durch Kombinationen niedrigerer Temperaturen mit längeren Zeiten inaktiviert. Daraus ergibt sich, daß der UHT-Prozeß nicht zur vollständigen Inaktivierung der Enzyme führen muß, insbesondere dann nicht, wenn ein hoher Enzymgehalt in der Ausgangsmilch vorliegt. Bei den Berechnungen des Enzymabbaus wird meist die Inaktivierung der Proteasen von Pseudomonas in Milch mit einem z-Wert von 32°C und einer Bezugstemperatur von 140°C zugrunde gelegt. Bereits für eine 90 %ige Enzymreduktion ist ein  $F_0$ -Wert von 60 s erforderlich. Bei der beispielhaft gewählten Temperatur/Zeit-Behandlung in der Pilotanlage (Abb. 5) ergibt sich ein  $F_0$ -Wert von 32 s, d.h. keine vollständige Enzyminaktivierung.

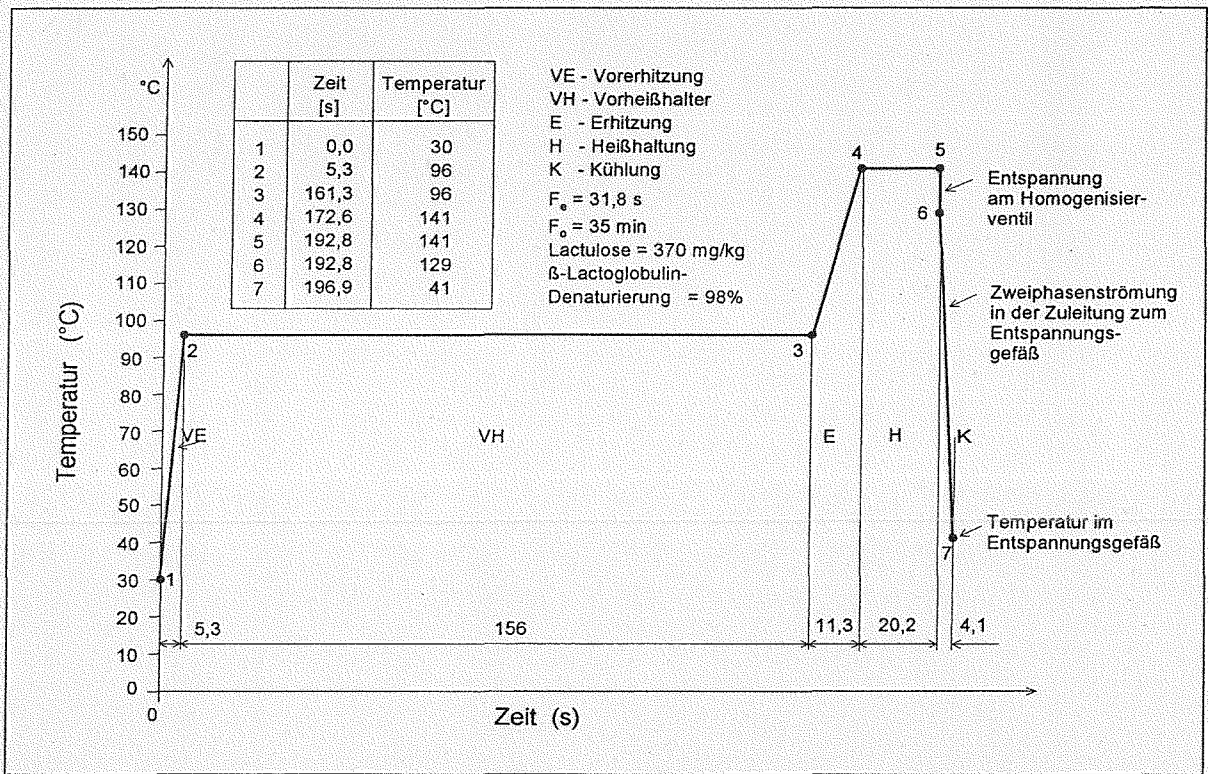


Abb. 5: Charakteristischer Temperatur-Zeit-Verlauf beim modifizierten Herstellungsverfahren

Ein wesentlicher Unterschied zum herkömmlichen Verfahren zur Herstellung steriler Milchkonzentrate besteht darin, daß ausschließlich die Milch einer hinreichend intensiven thermischen Behandlung unterzogen wird, während das durch Entspannungsverdampfung gewonnene sterile Konzentrat keine erneute Erhitzung erfährt. Damit stellen sich die seit Beginn der Kondensmilchherstellung bekannten Probleme mit der Hitzestabilität der Milchkonzentrate bei dem modifizierten Verfahren nicht (4-6). Andererseits nimmt die Wahrscheinlichkeit des Nachgelierens von Kondensmilch bei dem hier beschriebenen modifizierten Verfahren deutlich zu bzw. der Zeitpunkt wird vorverlegt, so daß eine vergleichbare Langzeitstabilität der Produkte offenbar nicht erreichbar ist. Die zur Gelierung von Sterilmilch und sterilen Konzentraten während der Lagerung beitragenden enzymatischen und/oder physikalisch/chemischen Prozesse sind im einzelnen noch nicht exakt bekannt (7). Generell läßt sich jedoch feststellen, daß eine starke Erhitzung sowohl der Ausgangsmilch als auch des Konzentrates (z.B. im Temperaturbereich von 120-130°C bei Heißhaltezeiten im Minutenbereich) die Lagerstabilität verbessert.

Bei der Betrachtung der Konsistenz fiel auf, daß die Viskosität der mit dem modifizierten Verfahren hergestellten Konzentrate deutlich geringer ausfällt als bei dem herkömmlichen Verfahren der Sterilisierung, und auch geringer ist als bei der zunehmend eingesetzten Ultraheißerhitzung der Konzentrate.

Diese auffallenden physikalischen Unterschiede hängen unmittelbar mit charakteristischen Unterschieden in der Mikrostruktur dieser Konzentrate zusammen. In herkömmlich sterilisierter Kondensmilch bilden sich als Folge der thermischen Behandlung und der Wirkung der Stabilisierungssalze charakteristische Fett/Eiweiß-Komplexe in unterschiedlichen Mengenverhältnissen (8). Weiterhin liegt ein erheblicher Anteil des Gesamteiweißes in weitgehend nicht aggregierter Form im Serum vor (Abb. 6 b). Bei den mit dem modifizierten Verfahren hergestellten Milchkonzentraten sind neben den mit einem dünnen Proteinfilm stabilisierten Fettkügelchen freie Proteinaggregate mit einer

den Caseinmicellen der Ausgangsmilch sehr ähnlichen Größenverteilung und Substruktur vorhanden (Abb. 6 a). Die Bildung von Protein/Fett-Komplexen sowie die Freisetzung von löslichem, also nicht aggregiertem Protein (= Casein + denaturiertes Molkenprotein) ist offensichtlich eine Folge der speziellen Hitzebehandlung bei der herkömmlichen Sterilisierung (120-125°C, 10-20 Minuten Heißhaltung) und wirkt sich positiv auf die Lagerstabilität aus. Der Übergang von der in Abb. 6 a dargestellten Fett/Eiweiß-Struktur zu der in Abb. 6 b gezeigten ist festzustellen, wenn ein mit dem modifizierten Verfahren hergestelltes steriles Konzentrat anschließend noch einer herkömmlichen Nachsterilisierung unterzogen wird. Die auffallenden Unterschiede in der Mikrostruktur der unterschiedlich erhitzten Milchkonzentrate verdeutlichen, daß sich mit den beschriebenen Verfahrensweisen Produkte mit unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften herstellen lassen, die dem jeweiligen Verwendungszweck optimal angepaßt sind.

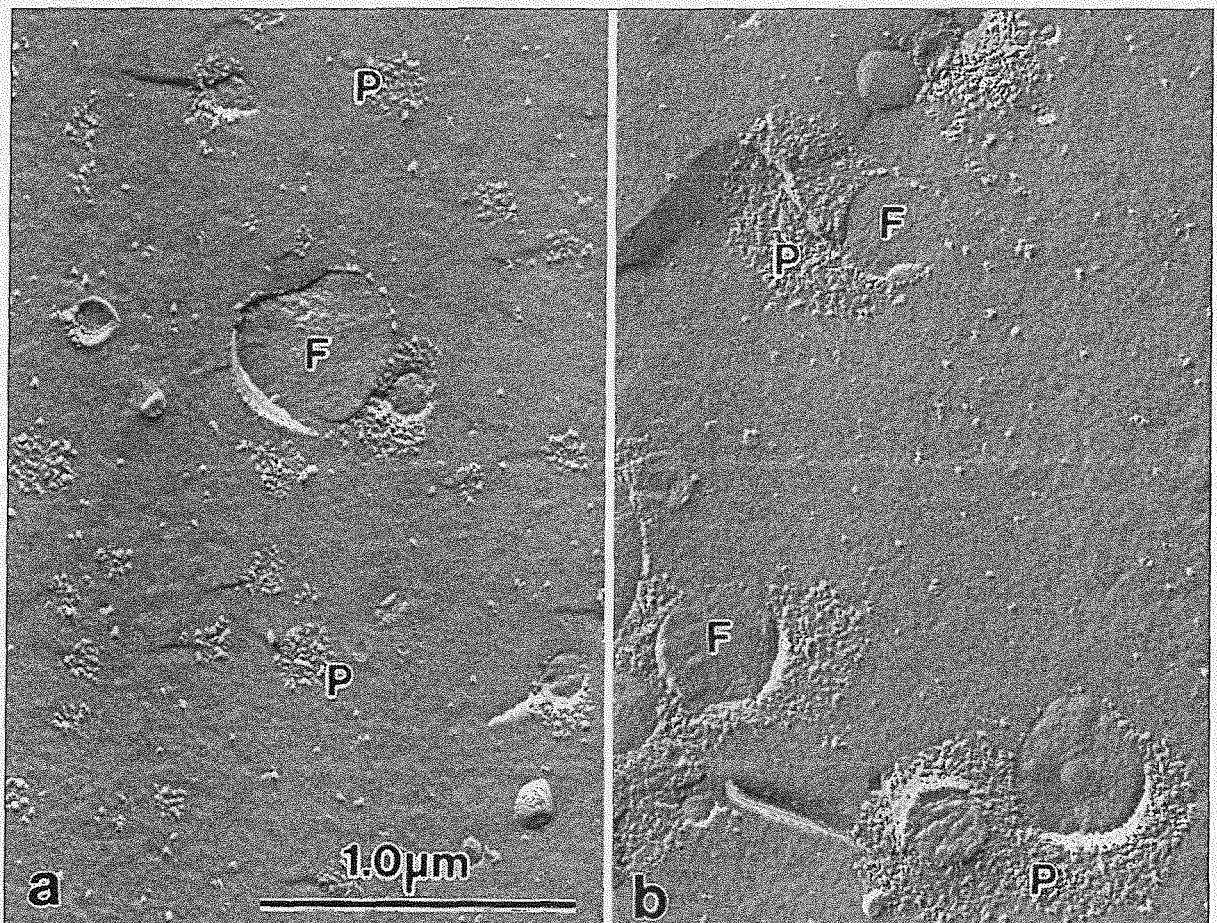


Abb. 6: Elektronenmikroskopische Aufnahmen von Kondensmilchen; a: Kondensmilch, hergestellt nach dem modifizierten Verfahren; b: Sterilisierte Kondensmilch (F: Fett; P: Protein)

Mit dem modifizierten Verfahren sind bei minimiertem Energieverbrauch sterile Konzentrate herstellbar, die je nach gewünschtem Verwendungszweck maßgeschneidert in Bezug auf Zusammensetzung und hitzeinduzierte Veränderungen werden können. So könnten für die Speiseeisindustrie beispielsweise besonders schonend behandelte Konzentrate hergestellt werden.

Die Autoren danken Herrn G. Schubert für den gewissenhaften handwerklichen Aufbau der Pilotanlage.



#### 4. Literatur

- (1) Hunziker, O. F.: Condensed milk and milk powder. O. F. Hunziker, La Grange, Illinois (1949)
- (2) Kiesner, Chr., Eggers, R.: Konzeption eines sterilen Aufkonzentrierens von Milch durch mehrstufige Entspannungsverdampfung. Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte **46** (2) 151-166 (1994)
- (3) Kiesner, Chr.: Verbesserung des Wärmerückgewinns beim direkten Ultraheißerhitzungsverfahren von Milch. Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte **42** (4) 607-610 (1990)
- (4) Nieuwenhuijse, J. A., Sjollema, A., van Boekel, M. A. J. S., van Vliet, T., Walstra, P.: The heat stability of concentrated milk. Netherlands Milk and Dairy Journal **45** 193-224 (1991)
- (5) Singh, H., Creamer, L. K.: Heat stability of milk. In: Advanced Dairy Chemistry. Vol. 1 - Proteins. (Fox P. F., editor) Elsevier Applied Science, London and New York, 621-656 (1992)
- (6) McCrae, C. A., Muir, D. D.: Effect of homogenization on heat stability and age-gelation in sterilized, concentrated milk; practical solutions - theoretical puzzles. In: Protein and Fat Globule Modifications by Heat-Treatment, Homogenization and other Technological Means. IDF Special Issue Nr. 9303 327-342 (1993)
- (7) Harwalkar, V. R., Age gelation of sterilized milks - In: Advanced Dairy Chemistry Vol. 1: Proteins (Fox, P. F., editor) Elsevier Applied Science, London and New York 691-734 (1992)
- (8) Schmidt, D. G., Buchheim, W., Koops, J.: An electron microscopical study of the fat/protein complexes in evaporated milk using the freeze etching technique. Netherlands Milk and Dairy Journal **25** 200-216 (1971)

#### 5. Zusammenfassung

Kiesner, C., Hoffmann, W. und Buchheim, W.: **Pilotanlage zur Herstellung von Kondensmilch und anderen sterilen Milchkonzentraten nach einem modifizierten Verfahren.** Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte **47** (1) 35-44 (1995)

#### 21 Verfahrenstechnik (Kondensmilch, Milchkonzentrate)

Beim herkömmlichen Herstellungsverfahren für Kondensmilch und andere sterile Milchkonzentrate werden die Milchinhaltsstoffe mindestens zweimal einer Wärmebehandlung mit dazwischenliegender Kühllagerung unterworfen. Das energetisch wesentlich günstigere modifizierte Verfahren vereinigt dagegen Sterilisation und Eindampfung in einer Wärmebehandlung. Hier erfolgt die Aufkonzentrierung erst unmittelbar im Anschluß an die Aufheiz- und Heißhaltephase des Sterilisationsschrittes. Mit der im Institut für Verfahrenstechnik gebauten Pilotanlage lassen sich vielfältige Temperatur/Zeit-Kombinationen zur Gewinnung steriler Milchkonzentrate mit entsprechend unterschiedlichen Eigenschaften wählen. Zwar ist das Verfahren für die Kondensmilchherstellung mit den für eine Langzeitstabilität notwendigen starken hitzeinduzierten Veränderungen weniger geeignet, erlaubt aber beispielsweise die Herstellung besonders schonend hergestellter, steriler Konzentrate. Elektronenmikroskopische Aufnahmen belegen eine gegenüber einem herkömmlich produzierten Konzentrat veränderte Struktur und Verteilung der Fett- und Proteinphase.

## Summary

Kiesner, C., Hoffmann, W. und Buchheim, W.: **Pilot plant for the production of evaporated milk and other sterile concentrates with a modified process.** Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte 47 (1) 35-44 (1995)

### 21 Process engineering (evaporated milk, milk concentrate)

During conventional production of evaporated milk and other sterile concentrates the milk ingredients are at least subjected to double heat treatment with intermediate cooling. The modified process which is energetically distinctly more favourable involves the sterilization and evaporation during one thermal step. The concentration step follows immediately the heating-up and holding phases of sterilization. The pilot plant built allows various temperature/time combinations to be chosen for the production of sterile milk concentrates having different properties. Although the modified process is less suitable for the production of usual evaporated milk, requiring severe heat-induced changes for long-term stability, it allows the production of special low-heat sterile concentrates. Electron microscopic studies revealed differences in the structure and distribution of the fat and protein phases.

## Résumé

Kiesner, C., Hoffmann, W., Buchheim, W.: **Installation pilote pour la fabrication du lait concentré et d'autres concentrés stérilisés en utilisant un procédé modifié.** Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte 47 (1)35-44 (1995)

### 21 Engineering (lait concentré , concentré du lait)

Pendant la fabrication traditionnelle du lait concentré et d'autres concentrés stériles les composants du lait sont au moins deux fois soumis à un traitement thermique avec un stockage intermédiaire à basse température. Dans le procédé modifié, qui est beaucoup plus avantageux du point de vue énergétique, la stérilisation et l'évaporation s'effectuent en un seul pas thermique. La concentration est fait immédiatement après les phases d'échauffement et de chambrage de la stérilisation. L'installation pilote construite permet de choisir un grand nombre de combinaisons temps-température pour fabriquer des concentrés du lait stériles avec des propriétés différentes. Quoique le procédé modifié soit moins approprié à être utilisé pour la fabrication du lait concentré normal, exigeant des changements prononcés induits par la chaleur qui sont nécessaires pour le stockage à long terme, il permet, par exemple, la fabrication de concentrés stériles "low heat" spéciaux. Des études effectuées à l'aide du microscope électronique ont révélé des différences par rapport à la structure et la distribution de la phase de la matière grasse et la phase protéique, comparé au concentré fabriqué traditionnellement.