

Juli 1976 / 41

Herausgegeben von der  
Eidgenössischen Forschungsanstalt für Milchwirtschaft  
CH-3097 Liebefeld  
Direktor: Prof. Dr. B. Blanc

## Praktische Ueberlegungen zu den Ursachen der Nachgärung und deren Bekämpfung im Emmentalerkäse

Chr. Steffen  
Eidg. Forschungsanstalt für Milchwirtschaft, Liebefeld-Bern

### 1. Einleitung

Die Nachgärung im Emmentalerkäse ist heute sicher der gefürchtetste Käsefehler für den Fabrikanten wie für den Handel.

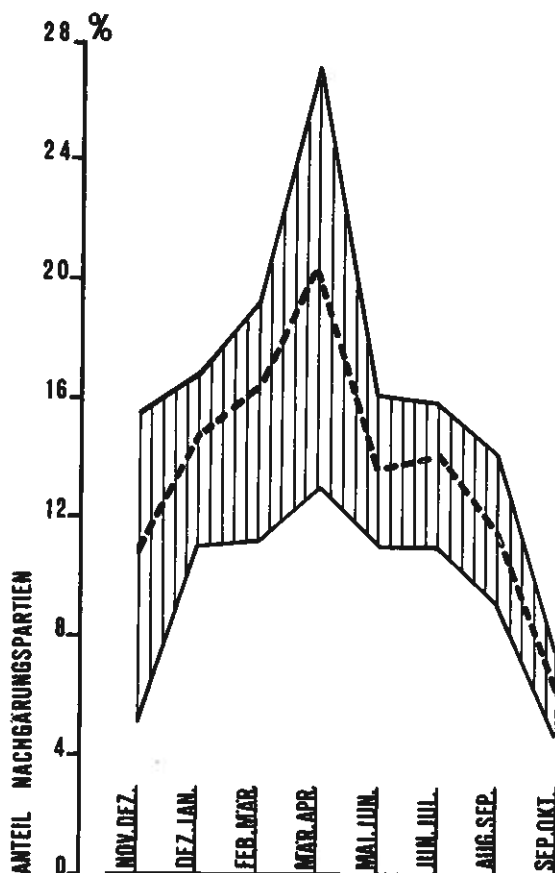


Abb. 1 Prozentualer Anteil der mit dem Fehler Nachgärung beanstandeten Partien im Zeitpunkt der Taxation. (Extrem- und Durchschnittswerte der einzelnen Annahmen von 1969 bis 1975.)

Gewisse Unterlagen über das Ausmass der Nachgärung können jeweils von der Schweiz. Käseunion im Zeitpunkt der Taxation ermittelt werden. In Abbildung 1 sind für die Taxationen von der 1. Winterannahme 1969/70 bis zur letzten Sommerannahme 1975 die höchsten wie die tiefsten prozentualen Anteile der Nachgärungspartien und der Mittelwert der letzten 6 Jahre dargestellt. Dieser Graphik ist zu entnehmen, dass der prozentuale Anteil von Nachgärungspartien in relativ weiten Grenzen von 4,7—27,5% variiert. Deutliche Unterschiede in den Extrem- sowie in den Durchschnittswerten sind bei den einzelnen Annahmen im Verlaufe des Jahres zu sehen. Der geringste Anteil an Nachgärungspartien ist allgemein in der letzten Sommerannahme mit durchschnittlich 6,7% ermittelt worden, während in der März/April-Produktion der Anteil Nachgärungspartien im Mittel 22% betrug. Es zeigt sich somit ein deutlicher, jahreszeitlicher Einfluss.

Die Zahlen in Abbildung 1 geben nur Auskunft für den Zeitpunkt der Taxation. Die Nachgärung gilt aber deshalb als der gefürchtetste Käsefehler, weil er sowohl Veränderungen der Käse unmittelbar vor der Käseannahme, als auch im Lager der Handelsfirma bewirken kann. Anhaltspunkte über die Qualitätseinbussen im Handelslager infolge Nachgärung sind einem Bericht der Schweiz. Käseunion über einen Grossversuch mit Trockenlagerung von Emmentalerkäsen in Handelslagern zu entnehmen [2]. Während der Lagerung in der Handelsfirma wiesen 47% der Käse aus verschiedenen Betrieben Nachgärung auf. Dies entspricht einem monatlichen Anteil von ca. 15%. Die Zahlen der Schweiz. Käseunion könnten nun den Eindruck erwecken, die Nachgärung sei vor allem ein Problem der letzten Jahre.

Dass dem nicht so ist, fand ich in einer Unterlage eines Vortrages von Oberkäser Arm aus dem Jahre 1932 [1]. Unter dem Kapitel Käsefehler führte er unter anderem an: «Ein unerwünschter Geselle ist der Nachgärungsgläsler. Er ist in der Beschaffenheit des Teiges dem übrigen Gläser etwas voraus und ist öfters sogar etwas süsslich. Die Käse werden meistens bei geringerer Temperatur offen. Sie sind sehr empfindlich auf nachherige höhere Temperatur und Luftfeuchtigkeit. Ein altes Käsesprichwort sagt dazu, dass die Gläser und Nachgärungsgläsler hauptsächlich in honigreichen Jahren zu befürchten seien. Zu geringe Haltbarkeit der Milch, überreifes Lab sind besondere Faktoren, die die Nachgärung begünstigen.»

In der Zwischenzeit wurden sicher bezüglich Haltbarkeit der Milch und Kellertemperaturen Fortschritte gemacht. Gute und schlechte Honigjahre gingen vorüber und trotzdem ist die Nachgärung ein schlimmer Käsefehler geblieben. Diese Tatsache mag mit dazu beigetragen haben, dass die Praxis die Nachgärungsforschung kritisiert und von ihr ein einfaches Rezept zur Bekämpfung der Nachgärung verlangt. Im folgenden soll daher versucht werden, den Weg der Arbeiten zur Erforschung der Nachgärung in den letzten

Jahren aufzuzeigen, den heutigen Stand der Forschung zu umreißen und die Bedeutung der Ergebnisse für die Praxis darzulegen.

## 2. Langjährige Theorie über die Ursache der Nachgärung

Die während vielen Jahren geläufige Erklärung der Nachgärung ist in Abbildung 2 schematisch dargestellt. Sie zeigt, dass nach dem Abschluss der Lochbildung im Gärkeller (nach ca. 60 Tagen) die Propionsäurebakterien kein Gas mehr produzieren. Hemmende Einflüsse gewisser Stoffwechselprodukte oder ein Absterben der Propionsäurebakterien galten als Ursache dafür. Ein Käse ohne Nachgärung (normaler Gärungsverlauf) verbleibt in diesem Zustand während der Lagerung in der Käseerei und in der Handelsfirma.

Im Falle einer Nachgärung wurde ein Höherwerden der Käse festgestellt und gefolgert, dass dies auf eine erneute Gasbildung der Propionsäurebakterien zurückzuführen ist. Als Ursache für den Wiederbeginn der Propionsäuregärung wurden wachstumsfördernde Faktoren für die Propionsäurebakterien angenommen. Die Forschungstätigkeit beruhte daher in der Erforschung nachgärungsfördernder Faktoren.

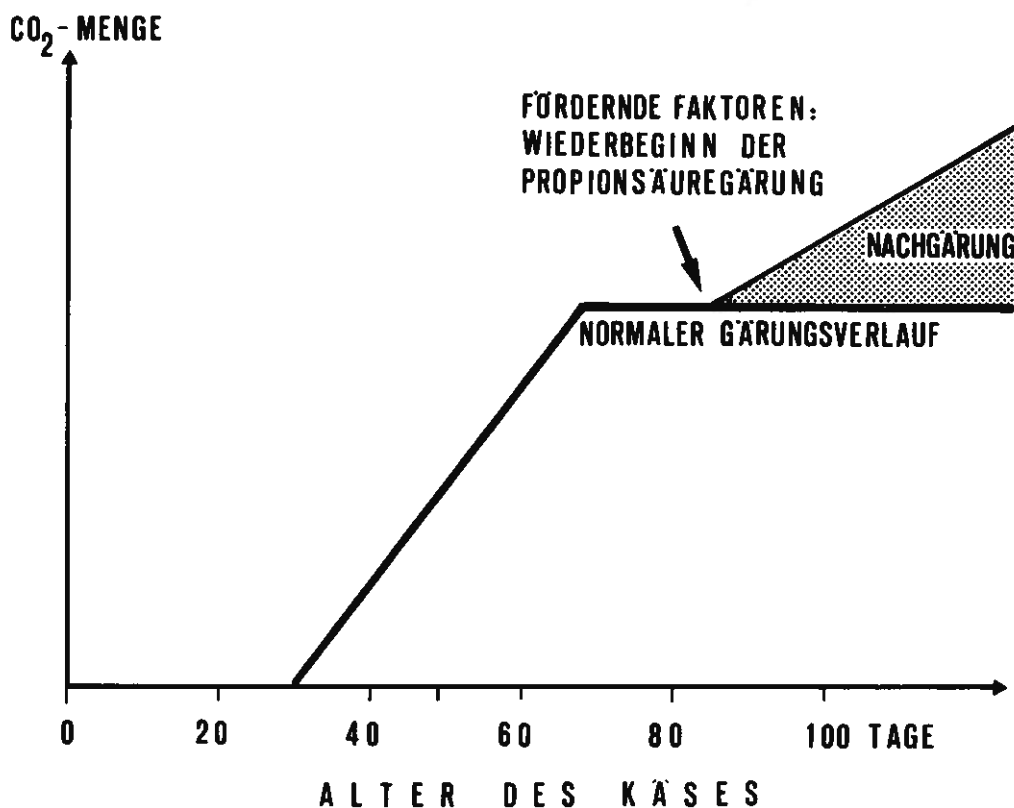


Abb. 2 Schematische Darstellung der traditionellen Auffassung über die Ursachen der Nachgärung.

Untersuchungen haben eindeutig gezeigt, dass die Nachgärung durch Kohlendioxydgas (CO<sub>2</sub>) hervorgerufen wird. **Die Nachgärung kann somit als die Veränderung des Käses in seiner Form während der Lagerung bei relativ tiefen Temperaturen bedingt durch CO<sub>2</sub> definiert werden.**

## 3. Neue Erkenntnisse der letzten Jahre

In den letzten Jahren wurden für die Käseuntersuchung neue Methoden eingeführt. Diese Untersuchungen an reifenden Käsen zeigten, dass die bisherige Interpretation der Nachgärung nicht bedingungslos aufrechterhalten werden konnte.

In zahlreichen Versuchen wurde der Milchsäureabbau durch die Propionsäurebakterien im Gär- und Lagerkeller verfolgt. Ueber-raschenderweise konnte am Ende der Heizperiode, nach ca. 60—70 Tagen, kein Stop des Milchsäureabbaus festgestellt werden. Dies lässt auf eine fortgesetzte Propionsäuregärung und somit CO<sub>2</sub>-Bildung im lagernden Käse schliessen [19, 22].

Die Intensität des Milchsäureabbaus während der Lagerung kann jedoch unterschiedlich sein (vgl. Tab. 1). Im Gärraum wurden während der Lochbildung durchschnittlich 0,73% Milchsäure vergoren. Beachtlich ist jedoch der Milchsäureabbau nach Abschluss der Lochbildung bis zum 150. Tag mit 0,34%.

**Tab. 1:** Milchsäureabbau und CO<sub>2</sub>-Bildung im Emmentalerkäse (Anzahl analysierte Käse: 90)

|                      | Vergorene Milchsäure % | CO <sub>2</sub> -Menge (errechnet) Liter/100 kg Käse |
|----------------------|------------------------|------------------------------------------------------|
| Gärraum              |                        |                                                      |
| Durchschnitt         | 0,73                   | 61                                                   |
| Lager (bis 150. Tag) |                        |                                                      |
| Durchschnitt         | 0,34                   | 28                                                   |
| Minimum              | 0,15                   | 13                                                   |
| Maximum              | 0,54                   | 45                                                   |

Aus dem CO<sub>2</sub>-Abbau lässt sich die CO<sub>2</sub>-Menge errechnen, die in einem 100 kg schweren Emmentalerkäse durch die Propionsäurebakterien produziert wird, unter der Annahme, dass aus drei Einheiten Milchsäure eine Einheit CO<sub>2</sub> gebildet wird. Aus dem Milchsäureabbau in Tabelle 1 lässt sich für den Käse im Gärraum eine durchschnittliche Kohlendioxidmenge von 61 Litern errechnen. Während der Lagerung bis zum 150. Tag ist mit einer durchschnittlichen Gasmenge von 28 Litern zu rechnen. Die Extremwerte betragen 13 bzw. 45 Liter.

Die CO<sub>2</sub>-Berechnungen könnten den Eindruck erwecken, dass im Lagerkeller alle Käse in Nachgärung übergehen müssen. Dies stimmt mit den Beobachtungen des Praktikers nicht überein, denn nach Abschluss der Lochbildung ist normalerweise ein «Abstehen der Käse» festzustellen. Somit drängt sich die Frage auf, was im Käse ohne Nachgärung mit dem im Lagerkeller anfallenden Gas geschieht.

Von zentraler Bedeutung für die anfallende CO<sub>2</sub>-Menge im Lagerkeller ist die Wasserlöslichkeit des Kohlendioxids. Aus Tabelle 2 geht hervor, dass die CO<sub>2</sub>-Löslichkeit temperaturabhängig ist.

**Tab.2:** CO<sub>2</sub>-Löslichkeit in Wasser

| Temperatur °C | Liter CO <sub>2</sub> in 1 Liter H <sub>2</sub> O | Liter CO <sub>2</sub> in 100 kg Käse (Wassergehalt: 35%) |
|---------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 25            | 0,759                                             | 26,6                                                     |
| 20            | 0,878                                             | 30,7                                                     |
| 15            | 1,019                                             | 35,7                                                     |
| 10            | 1,194                                             | 41,8                                                     |

Berechnet auf einen 100 kg schweren Emmentalerkäse mit einem Wassergehalt von 35% können bei 25° C ca. 26 Liter aufgenommen werden, während bei 10° C die Sättigungsgrenze auf 41,8 Liter erhöht wird.

Ausgehend von der aus dem Milchsäureabbau errechneten CO<sub>2</sub>-Menge und deren Wasserlöslichkeit in Abhängigkeit der Temperatur ergibt sich für den Käse die in Abbildung 3 dargestellte Modellvorstellung.

Aus Abbildung 3 geht hervor, dass zu Beginn der Propionsäuregärung das produzierte CO<sub>2</sub> vorerst im Wasser des Käses gelöst wird. Erst anschliessend entsteht im Käse ein Gasüberdruck und es kommt zur Lochbildung. Mit dem Verbringen des Käses in den Lagerkeller zu Temperaturen von 10—12° C kommt die Lochbildung weitgehend zum Abschluss. Durch die Temperaturabsenkung im Käse wird die Sättigungsgrenze für das CO<sub>2</sub> erhöht. (Je nach Temperaturdifferenz zwischen Gärraum und Lagerkeller können theoretisch zusätzlich ca. 10—18 Liter CO<sub>2</sub> pro Käse gebildet werden, ohne dass ein erneuter Gasüberdruck entsteht.) Die produzierte Gasmenge müsste somit in einem Käse ohne Nachgärung innerhalb des neuen, erhöhten Sättigungsbereiches liegen. Uebersteigt jedoch die Kohlendioxidproduktion die Sättigungsgrenze im Lagerkeller, entsteht ein erneuter Gasüberdruck und somit Nachgärung.

In den bisherigen Darstellungen des Modells wurden zusätzliche wichtige Kriterien in Zusammenhang mit der Nachgärung nicht mit-einbezogen.

#### 4. Forschungsarbeiten im Zusammenhang mit der Nachgärung

Durch die zusätzlichen Feststellungen wurden die Voraussetzungen für die Forschung auf dem Gebiete der Nachgärung für die Beratung und für die Praxis nicht einfacher. Neue wichtige Faktoren mussten in die Ueberlegungen und damit in die Forschung miteinbezogen werden. Wie Schema 1 zu entnehmen ist, sind einerseits mikrobiologische Kriterien bezüglich der CO<sub>2</sub>-Menge und andererseits physikalische Kriterien zu berücksichtigen.

##### Schema 1:

##### Wichtige Kriterien der Nachgärung

##### 1. Mikrobiologische Kriterien

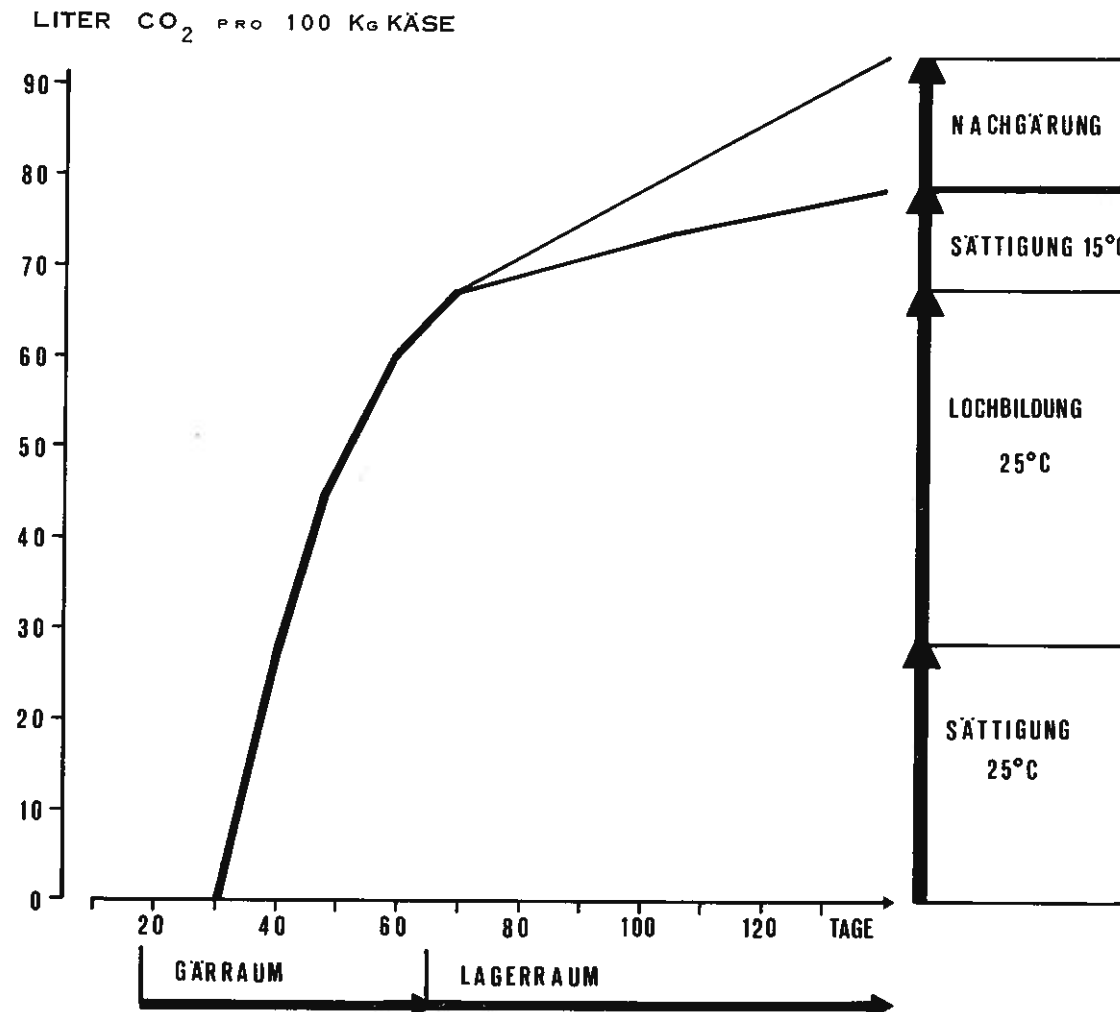
##### 1.1 CO<sub>2</sub> aus Milchsäureabbau der Propionsäurebakterien

- Beeinflussung der Propionsäurebakterienaktivität
  - Fremdbakterien-Stoffwechselprodukte
  - Eiweissabbau — pH
- Gärvermögen der Propionsäurebakterien bei tiefer Temperatur
- Produzierte CO<sub>2</sub>-Menge pro Einheit Milchsäure

##### 1.2 CO<sub>2</sub> aus andern Stoffwechselvorgängen

- Decarboxylierung von Eiweissabbauprodukten

**Abb. 3** Schematische Darstellung einer Interpretation der Entstehung von Nachgärung, unter Berücksichtigung der CO<sub>2</sub>-Bildung und der CO<sub>2</sub>-Löslichkeit im Käse.



— Vergärung von Aminosäuren durch Propionsäurebakterien

## 2. Physikalische Kriterien

### 2.1 CO<sub>2</sub>-Löslichkeit

— Temperatur

### 2.2 CO<sub>2</sub>-Diffusion

— Teigbeschaffenheit

— Gasdurchlässigkeit der Käserinde

Vorerst stellt sich die Frage nach der CO<sub>2</sub>-Produktion im Lagerkeller. Es wurde bereits festgehalten, dass der Milchsäureabbau durch die Propionsäurebakterien und damit die Gasproduktion im Lagerkeller verlangsamt aber stetig weiter geht. Die Untersuchungen zeigten aber relativ grosse Unterschiede im Milchsäureabbau bei den einzelnen Käsen (vgl. Tabelle 1).

Ein Problemkreis der bereits seit einigen Jahren bearbeitet wird, ist der direkte oder indirekte Einfluss von Fremdbakterien und deren Stoffwechselprodukte auf die Propionsäurebakterienaktivität. Beispielsweise wurde eine fördernde Wirkung der Mikrokokken/Staphylokokkengruppe [16, 17], eine Beeinflussung der Staphylokokken über deren Stoffwechselprodukte, Essigsäure und Isovaleriansäure [18] sowie von Enterokokken [9, 13] und Pseudo-

monaden [9] auf das Propionsäurebakterienwachstum gezeigt.

Das Wachstum der Propionsäurebakterien ist pH abhängig. Ein allzu tiefer pH-Wert verhindert eine normale Lochbildung wie dies am Extrembeispiel des sauren Gläslers deutlich demonstriert wird. Je höher der pH-Wert im Käse ansteigt, um so günstiger werden die Voraussetzungen für eine optimale Propionsäurebakterienaktivität. Der pH-Anstieg im reifenden Käse wird weitgehend durch den Eiweissabbau bestimmt. Die enzymatische Aufspaltung des Kaseins im Käse, kann einerseits durch eiweissabbauende Fremdbakterien und andererseits durch die Milchsäurebakterien, vor allem die Lactobacillen, in ihrem Ausmass bestimmt werden. Im Rahmen von Käseversuchen im Zusammenhang mit der Nachgärung haben die Käse ohne Nachgärung bis zum 40. Tag einen höheren pH-Wert aufgewiesen, während die Käse mit Nachgärung vom 50. Tag an bis zum 150. Tag die höheren Werte zeigten [7, 8].

Milchsäurebestimmungen am reifenden Käse haben gezeigt, dass im Keller als Folge der tieferen Temperatur, der Milchsäureabbau langsamer vor sich geht [19, 22]. Amerikanische Forscher haben aus Emmentalerkäse Propionsäurebakterien isoliert, die bei Temperaturen von 2,8—7° C noch ein genügendes

Wachstum für eine Propionsäuregärung aufwiesen [15]. Sie sahen daher eine enge Beziehung zwischen der Nachgärung und der Temperaturabhängigkeit der Propionsäurebakterienstämme. Aus diesem Grund wurden die Propionsäurebakterienstämme unserer Forschungsanstalt, die zur Herstellung der Propionsäurebakterienkultur für die Praxis verwendet werden, auf das Wachstumsvermögen bei verschiedenen Temperaturen geprüft. Die eingesetzten Stämme zeigen eine deutliche Abnahme der Stoffwechselaktivität mit sinkender Temperatur. Während die geprüften Propionsäurebakterien für die Erbringung einer bestimmten Gärleistung bei 25° C 6 Tage benötigen, beanspruchen sie bei 15° C durchschnittlich 22 Tage und bei 10° C 70 Tage. Bei 6° C war keine nennenswerte Stoffwechselaktivität mehr festzustellen [10].

Käsereiversuche in Uettiligen mit den einzelnen Stämmen der Propionsäurebakterienkultur ergaben ebenfalls keine eindeutigen Unterschiede in bezug auf die Nachgärung.

Im Zusammenhang mit der CO<sub>2</sub>-Bildung durch die Propionsäurebakterien trat die Frage auf, ob die üblicherweise eingesetzte Bilanz (aus 3 Einheiten Milchsäure entstehen 2 Einheiten Propionsäure, 1 Einheit Essigsäure und 1 Einheit CO<sub>2</sub>) für alle eingesetzten Propionsäurebakterienstämme gilt und ob der CO<sub>2</sub>-Anteil durch gewisse Faktoren beeinflusst werden kann. Entsprechende Versuche [3] ergaben keine eindeutigen Unterschiede zwischen den einzelnen Propionsäurebakterienstämmen der in der Praxis verwendeten Kultur. Weder die Zellkonzentration, die Milchsäurekonzentration, der pH-Wert noch der Stand des Gärungsverlaufes vermochten den Gasanteil in der Gärbilanz wesentlich zu beeinflussen.

Ausser der Gasbildung durch Propionsäurebakterien aus Milchsäure können weitere gleichzeitig stattfindende Stoffwechselvorgänge Kohlendioxyd produzieren. Verschiedene Untersuchungen des Eiweissabbaus, insbesondere der Aminosäuren, lassen auf eine Decarboxylierung schliessen [8, 13]. Laboruntersuchungen zeigten, dass die Propionsäurebakterien in der Lage sind, nebst der Milchsäure verschiedene Aminosäuren zu vergären [3].

Mit dem freigesetzten CO<sub>2</sub> im Lagerkeller werden physikalische Faktoren, wie Wasserlöslichkeit und Diffusion des CO<sub>2</sub> massgebend. Es wurde bereits gezeigt, dass die Kohlendioxydlöslichkeit in Wasser temperaturabhängig ist. Diese Tatsache ist für die Lagerung der Käse, sei es in der Käserei oder im Handelslager, Rechnung zu tragen, indem grössere Temperaturschwankungen vermieden werden.

Eine wichtige Rolle kommt der Gasdiffusion zu. Für die Beweglichkeit des Gases innerhalb der Käsemasse sowie für den Gasaustritt aus dem Käse sind die Teigbeschaffenheit und die Gasdurchlässigkeit der Käserinde von Bedeutung.

Die verschiedenen teigbeeinflussenden Faktoren wurden früher bereits eingehend besprochen [20]. Aus diesem Grunde soll die Teig-

beschaffenheit einzig in Zusammenhang mit Versuchen über die Einflüsse von Fütterung, Massnahmen in der Fabrikation, Kulturen, Zentrifugation und Temperatur besprochen werden.

Die grossen jahreszeitlichen Schwankungen im prozentualen Anteil von Nachgärungspartien lassen einen Einfluss der Fütterung vermuten. Deshalb wurden aus einem Versuch in Uettiligen, mit Dürrfütterung im Sommer, zusätzliche Hinweise erhofft. Die Grobauswertung dieser Versuche zeigte, dass die Separierung der Milch einer bestimmten Lieferantengruppe grössere Auswirkungen in der Käsequalität zeigte, als die Art der Fütterung [11]. In dieser Richtung werden in nächster Zeit vermehrt Versuche notwendig sein zur besseren Abklärung der jahreszeitlich- und wohl fütterungsbedingten Einflüsse.

Die praktischen Erfahrungen lehren uns immer wieder, dass verschiedene Massnahmen im Fabrikationsprozess die Teigeigenschaften beeinflussen können. Extreme Versuche mit einzelnen Fabrikationsschritten in der Versuchskäserei, zeigten bei extremen Kulturen- und Schüttmengen, unterschiedlichem Ausdickungsgrad und stark unterschiedlicher Vorreifung auch abweichende Teigeigenschaften [11].

Ein wichtiges Kriterium für die Teigbeschaffenheit ist der Eiweissabbau im Käse. Praxisversuche im Winter 1974/75 haben deutlich gemacht, dass unter der Voraussetzung einer guten Milchqualität, normaler Fabrikationsdaten und guter Kellerverhältnisse die zugesetzten Milchsäurebakterienkulturen, insbesondere die Lactobacillen, massgeblich die Teigeigenschaften bestimmen [23]. Diese Versuche zeigten auch eine deutliche Abhängigkeit der Nachgärung von der Teigbeschaffenheit. Je nach den Eigenschaften der zugesetzten Lactobacillen war der Eiweissabbau unterschiedlich. Käse mit guten Teigeigenschaften und somit guter Lagerfähigkeit wiesen einen intensiven Eiweissabbau in die «Breite» jedoch einen schwachen Abbau in die «Tiefe» auf.

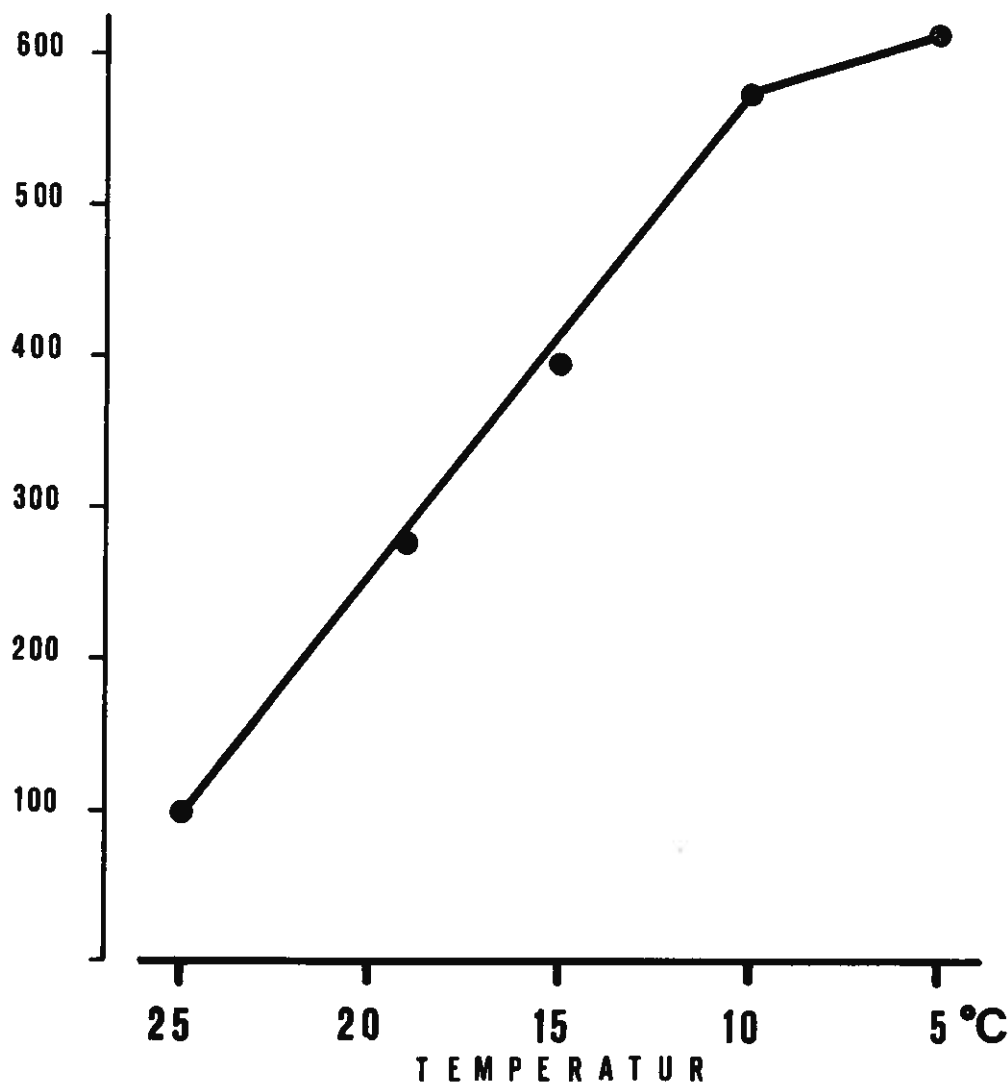
Aus mehreren Versuchen ist der Einfluss der Zentrifugation auf die Käsequalität bereits seit längerer Zeit bekannt [6, 12]. Die Zentrifugation sämtlicher verarbeiteter Milch kann einen kurzen, festen Teig zur Folge haben.

Während durch die Abkühlung der Käsemasse beim Verbringen in den Lagerkeller das Wachstum der Propionsäurebakterien stark reduziert wird, hat die Temperatursenkung aber andererseits Einfluss auf die Teigkonsistenz (Abbildung 4). Mit abnehmender Temperatur nimmt die relative Teighärte deutlich zu.

Die Gasdiffusion durch die Käserinde wird durch verschiedene Faktoren mitbestimmt. Abbildung 5 zeigt deutliche zonale Unterschiede bezüglich Wassergehalt und Penetrationswerten (Mass für die Teigfestigkeit). Die Randzonen weisen tiefere Wassergehalte und grössere Teighärte auf. Dies mag mit einer Erklärung sein, dass die Gläsbildung in Käse häufig nur in bestimmten Zonen auftritt. Die Gasdurch-

**Abb. 4** Zunahme der Teighärte mit Abnahme der Temperatur [4] (Teighärte bei 25 °C = 100; Nadelbelastung: 64,5 g)

#### REL. TEIGHÄRTE



lässigkeit nimmt ab, je zäher und homogener die Käsemasse ist. Somit stellt die Käserinde das Haupthindernis für einen Gasaustritt nach aussen dar.

Untersuchungen ergaben für Emmentalerkäse bei höherer relativer Luftfeuchtigkeit einen weichen Teig und eine höhere Durchlässigkeit der Käserinde [24]. Sobald sich aber bei relativ hoher Feuchtigkeit eine zweite Rinde bilden kann, wird die Gasdurchlässigkeit deutlich kleiner. Wahrscheinlich ist dabei die Behandlung der Käseoberfläche von grosser Bedeutung. Ähnliche Anhaltspunkte resultierten aus einem Praxisversuch. Käse derselben Fertigercharge, die bei unterschiedlicher Feuchtigkeit gereift wurden, zeigten bei Trockenlagerung (60 bis 70 Prozent relative Luftfeuchtigkeit) im Vergleich zu den feucht gelagerten Käsen (über 90 Prozent relative Luftfeuchtigkeit) vermehrte Gläsbildung, eine höhere Postur und einen höheren Gasdruck bei gleicher Intensität der Propionsäuregärung [21].

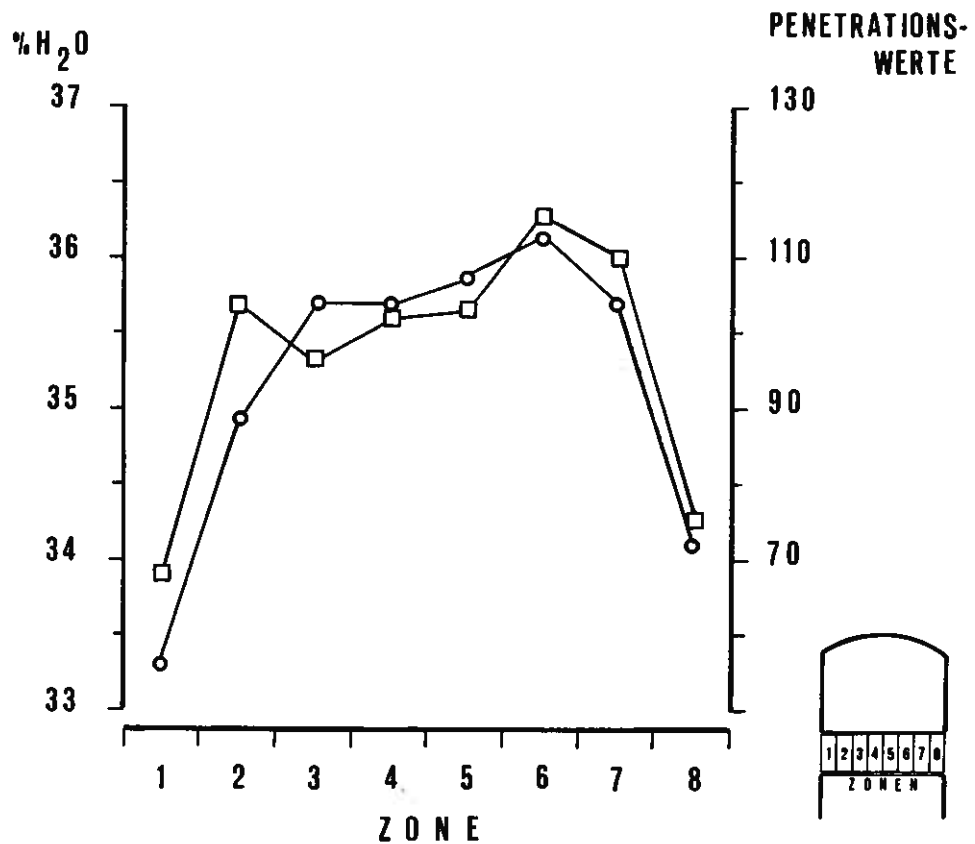
Seit kurzer Zeit erfolgen Versuche zur Ermittlung der Gasdiffusion aus dem Emmentalerkäse. Die ersten Untersuchungen zeigen hier erstaunliche Resultate (Abbildung 6). Bereits im

zwei Wochen alten Käse wurde eine CO<sub>2</sub>-Diffusion festgestellt. Im Verlaufe der Propionsäuregärung bei 24 °C stieg die aus dem Käse auftretende Gasmenge rasch an und erreichte nach 6 bis 8 Wochen mit 9 Litern CO<sub>2</sub> pro Käse und Woche ein Maximum. Mit der Temperaturabsenkung konnte auch hier ein massiver Rückgang der Gasdiffusion nachgewiesen werden. Immerhin ist festzuhalten, dass bei der Lagerung des rindenlosen Emmentalerkäses bei 12 °C wöchentlich eine Gasdiffusionsmenge von 3 bis 4 Litern ermittelt wurde. Während der 18wöchigen Versuchszeit wurden total 74 bis 83 Liter diffundiertes Gas nachgewiesen. Dies lässt vermuten, dass im Emmentalerkäse mehr CO<sub>2</sub> gebildet wird, als bisher anhand verschiedener Untersuchungen und Berechnungen angenommen wurde.

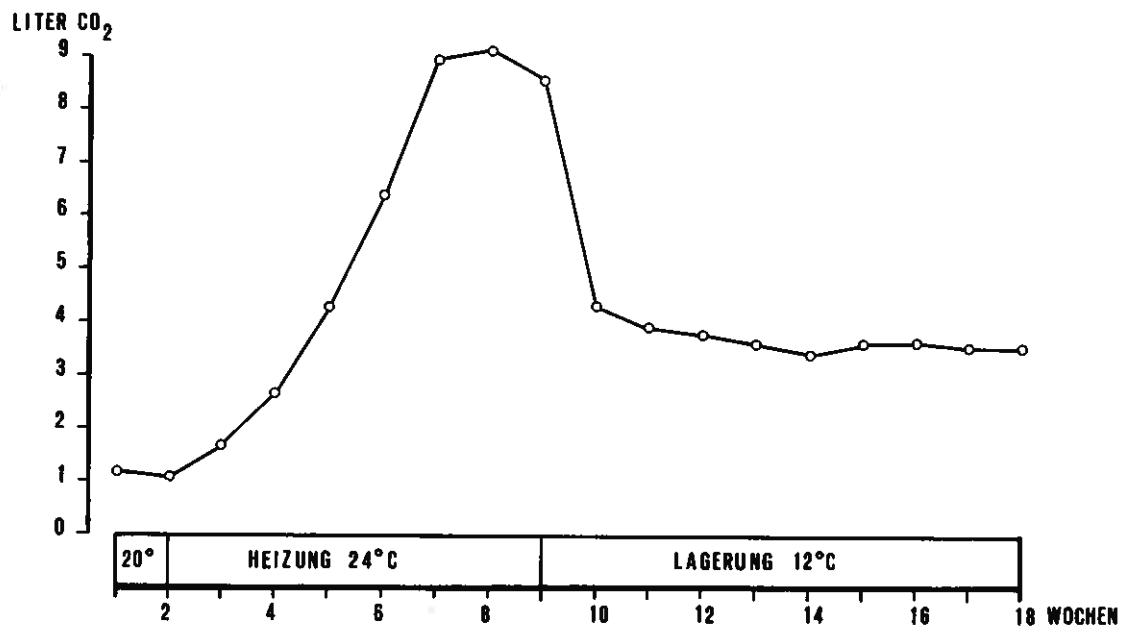
#### 5. Heutiger Stand der Erkenntnisse bezüglich Nachgärung

Unter Berücksichtigung der oben aufgeführten Kriterien wurde eine Standortbestimmung für die Praxis vorgenommen, denn nicht alle Kriterien dürfen für die Arbeit in der Käserei gleich gewichtet werden (vgl. Schema 2).

**Abb. 5** Wassergehalt und Penetrationswerte in verschiedenen Zonen des Emmentalerkäses [25]



**Abb. 6** CO<sub>2</sub>-Diffusion beim Emmentalerkäse [5]



**Schema 2: Heutiger Stand der Kenntnisse über die Nachgärung**

- Nachgärung ist ein komplexes, mehrschichtiges Problem.
- Alle bis heute bekannten nachgärungsbewirkenden Faktoren sind zu beachten → Empfehlungen an die Praxis.
- In vielen Fällen steht Nachgärung im Zusammenhang mit der Teigbeschaffenheit.
- Der Verlauf des Eiweissabbaus beeinflusst die Teigbeschaffenheit.
- Der Eiweissabbau wird bestimmt durch
  - Milchsäurebakterien (Lactobacillen)
  - eiweissabbauende Fremdbakterien.
- Einsatz von Kulturen mit bekannten Eigenschaften bezüglich Eiweissabbau
- Kontrolle der Kulturenwirkung im Käse durch biochemische Untersuchungsmethoden
  - D(—)- und L(+)-Milchsäure
  - Aminopeptidase-Aktivität

Vorerst müssen wir festhalten, dass die Nachgärung ein komplexes, mehrschichtiges Problem darstellt. Aus diesem Grund steht auch heute noch kein einfaches Rezept für die Nachgärungsbekämpfung zur Verfügung.

Alle bis heute bekannten nachgärungsbewirkenden Faktoren sind in der Praxis zu beachten und richtig zu interpretieren. Deshalb muss im Falle einer Störung jeder einzelne Betrieb individuell beraten werden.

Praxisversuche und die Erfahrungen aus der Käseerberatung bestätigen einen engen Zusammenhang zwischen Nachgärung und Teigbeschaffenheit.

Der Eiweissabbau wird vor allem durch die Milchsäurebakterien, insbesondere die proteolytischen Eigenschaften der Lactobacillen und zum Teil durch eiweissabbauende Fremdbakterien bestimmt. Unter normalen Voraussetzungen kann der gewünschte Verlauf des Eiweissabbaus mit ausgewählten Kulturen erreicht werden. Biochemische Untersuchungsmethoden ermöglichen eine Kontrolle der Stoffwechselaktivität der eingesetzten Kulturen im 24stündigen Käse. Zur Verbesserung der Beratung und Ueberwachung des einzelnen Betriebes ergab sich für unsere Forschungsanstalt eine Ausweitung der Untersuchungstätigkeit mit biochemischen, bakteriologischen und chemischen Analysen an Milch, Kulturen und Käseproben aus der Praxis.

## 6. Praktische Massnahmen gegen die Nachgärung

Unter Berücksichtigung der bisher dargelegten Feststellungen und Erfahrungen aus der Forschung und der Praxis, wurden die Massnahmen für die Winterfabrikation 1975/76 abgeleitet. Sie sind in Schema 3 dargestellt. Die in gemeinsamer Diskussion mit den Käseereiinspektoren ausgearbeiteten, einzelnen Massnahmen lassen sich mit den dargelegten Nachgärungskriterien begründen.

### Schema 3: Massnahmen zur Behebung der Nachgärung im Winter 1975/76

#### — Begründung

1. Regelmässige Kontrolle Lieferantenmilch (vorgereifte Reduktase)
2. Sauberkeit im Käseereibetrieb
  - Fremdbakterien → Propionsäuregärung, Eiweissabbau
  - Milchsäurebakterien → Eiweissabbau
3. Einsatz von Kulturen mit bekannten Eigenschaften
  - Milchsäurebakterien → Eiweissabbau
4. Gute Ueberwachung der Fabrikation (Kessmilch, Reifegrad, Fettgehalt, Wasser-

zusatz; Ausdickungsgrad, Griffbildung, Brenn- und Ausziehtemperaturen)

- Milchsäuregärung → Propionsäuregärung  
→ Eiweissabbau
- Teigbeschaffenheit → CO<sub>2</sub>-Diffusion

5. Kellerklima (relative Luftfeuchtigkeit mind. 72 Prozent, konstante Temperatur)
  - Käserinde → CO<sub>2</sub>-Diffusion
  - CO<sub>2</sub>-Löslichkeit

Die Darlegungen zeigen, dass wir noch nicht am Ende des langen Weges zur Bekämpfung der Nachgärung stehen. Trotzdem hoffen wir, dass es gelingen wird, mit grossem Einsatz, durch gezielte Forschung, gute Beratung und eine gute Zusammenarbeit mit der Praxis weitere Fortschritte zu erzielen.

## 7. Literatur

- [1] Arm H., Vortrag Mittelländ. Käserverein, (1932)
- [2] Burkhalter G. und Kaufmann E., Versuchsbericht Schweiz. Käseunion, (1975)
- [3] Dalla Torre M. und Glättli H., Publikation in Vorbereitung
- [4] Flückiger E., Publikation in Vorbereitung
- [5] Flückiger E. und Walser F., Publikation in Vorbereitung
- [6] Gehrig G., Kurmann J. L. und Kaufmann H., Schweiz. Milchztg. **100**, 573 (1974)
- [7] Gehrig G., Kurmann J. L. und Kaufmann H., Schweiz. Milchztg. **100**, 581 (1974)
- [8] Hänni H., Schweiz. Milchztg., **93**, 442 (1967)
- [9] Kielwein G., Deutsche Molkereiztg., **46**, 1514 1975
- [10] Kocher A., persönliche Mitteilung
- [11] Kurmann J. L., Publikation in Vorbereitung
- [12] Kurmann J. L. und Ritter P., Schweiz. Milchztg., **96**, 540 (1970)
- [13] Kurmann J. L. und Schilt P., Schweiz. Milchztg., **99**, 57 (1973)
- [14] Kurmann J. L. und Wüthrich A., Schweiz. Milchztg., **101**, 1 (1974)
- [15] Park H. S., Reinbold G. W., Hammond E. G. und Clark W. S., J. Dairy Sci., **50**, 589 (1967)
- [16] Ritter P., Kieler Milchwirt. Forschungsberichte **16/17**, 439 (1964/65)
- [17] Ritter P. und Schwab H., Schweiz. Milchztg., **94**, WB Nr. 117, 977 (1968)
- [18] Schwab H., Diss. Nr. 4813 Eidg. Technische Hochschule, 1972
- [19] Steffen C., Diss. Nr. 4630 Eidg. Technische Hochschule, 1971
- [20] Steffen C., Schweiz. Milchztg., **101**, 569 (1975)
- [21] Steffen C. und Meier P., Schweiz. Milchztg., **102**, 245 (1976)
- [22] Steffen C., Nick B. und Blanc B. H., Schweiz. Milchw. Forsch., **4**, 16 (1975)
- [23] Steffen C., Rentsch F. und Meier P., Schweiz. Milchztg., **101**, 606 (1975)
- [24] Wahli C. und Emch F., Schweiz. Milchztg., **97**, WB Nr. 127, 1085 (1971)
- [25] Kurmann J. L., Gehrig G., Flückiger E., Steffen C. und Kaufmann H., Schweiz. Milchztg., **102**, 57 (1976)