

Technologische Einflussfaktoren auf die Buttersäuregärung

Hans-Peter BACHMANN, Eidgenössische Forschungsanstalt für Milchwirtschaft (FAM), Liebefeld, CH-3003 Bern
 Auskünfte: Hans-Peter Bachmann, e-mail: hanspeter.bachmann@fam.admin.ch, Fax +41 (0)31 323 82 27, Tel. +41 (0)31 323 84 91

Gemäss Modellversuchen können Brenntemperaturen von mehr als 58 °C das Auskeimen der Buttersäurebakterien-Sporen auslösen und somit den Käse blähen. In einem Versuch wurde untersucht, ob diese Resultate auf Gruyère-Käse übertragbar sind. Eine Brenntemperatur von 58 °C führte zu einem schnellen Auskeimen der Buttersäurebakterien-Sporen und in der Folge zu einer starken Blähung der Käse. Dieser Effekt wurde durch einen langsamen Säuerungsverlauf (0,8 ‰ Kulturenmenge) wesentlich verstärkt.

In den letzten Jahren mussten bei den Käsesorten Emmentaler und Gruyère im Vergleich zum langjährigen Durchschnitt vermehrt Fälle von Buttersäuregärung festgestellt werden. Ausgelöst wird die Buttersäuregärung durch Buttersäurebakterien (strikt anaerobe Sporenbildner der Spezies *Clostridium tyrobutyricum*, Abb. 1). Dabei wird Milchsäure zu n-Buttersäure, Essigsäure CO₂ und H₂ vergoren. Die starke Blähung (H₂) und das Fehl Aroma (n-Buttersäure) verderben den Käse.

Höhere Sporengelalte in der Milch?

Das natürliche Reservoir der Buttersäurebakterien-Sporen ist der Boden. Über verschmutztes Futter gelangen sie in die Kuh. Sie werden mit dem Kot ausgeschieden und gelangen über Kontaminationen während des Melkens in die Milch. Es gibt deshalb drei primäre Gefahrenbereiche:

- verschmutztes Futter;
- Vermehrung im Futter (Silage oder Silage-ähnliche Zustände);
- Kontaminationen beim Melken.

Als sekundärer Gefahrenbereich gilt die gesamte Umgebung, die mit Erde und Kot verschmutzt ist (Bachmann 1995). Die grosse Gefahr, die von der Silage ausgeht, hat in der Schweiz zur Errichtung einer Siloverbotszone geführt.

Für die Zunahme der Fälle von Buttersäuregärung gibt es prinzipiell zwei mögliche Ursachen: höherer Sporengelalt in der Milch oder bessere Bedingungen für Auskeimen und Wachstum im Käse. Eine generelle Zunahme des Sporengelaltes in der Milch konnte bis anhin nicht zweifelsfrei bewiesen werden. Erschwerend ist dabei, dass bereits 50 Sporen pro Liter

Milch genügen können, um einen Hartkäse zu blähen. Der quantitative Nachweis solch kleiner Keimzahlen ist mit

einer grossen Unsicherheit behaftet (MPN-Methoden). Da es schwierig ist, eine generelle Zunahme des Sporengelaltes nachzuweisen, wurden in der Folge gezielt neue Techniken bei der Milchproduktion auf eine mögliche Gefahrenzunahme hin bewertet. Diese scheinen aber bei der Zunahme der Fälle von Buttersäuregärung höchstens eine Nebenrolle zu spielen (Van der Maas 1995; Müller 1996; Frey 1997).

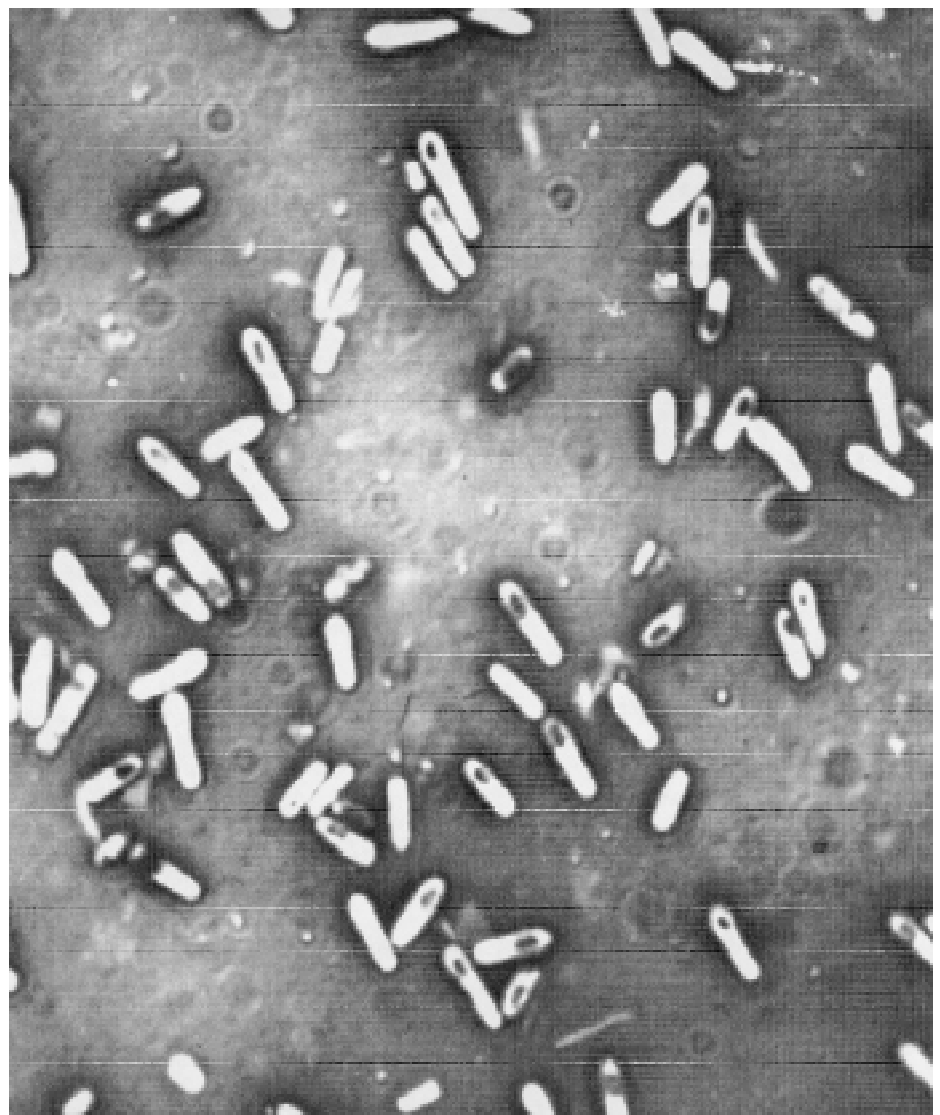


Abb. 1. Mikroskopisches Bild von Buttersäurebakterien (*Clostridium tyrobutyricum*): zum Teil besitzen sie Sporen (dunkle Einschlüsse am Ende der Bakterien); einzelne Sporen liegen aber auch frei vor.

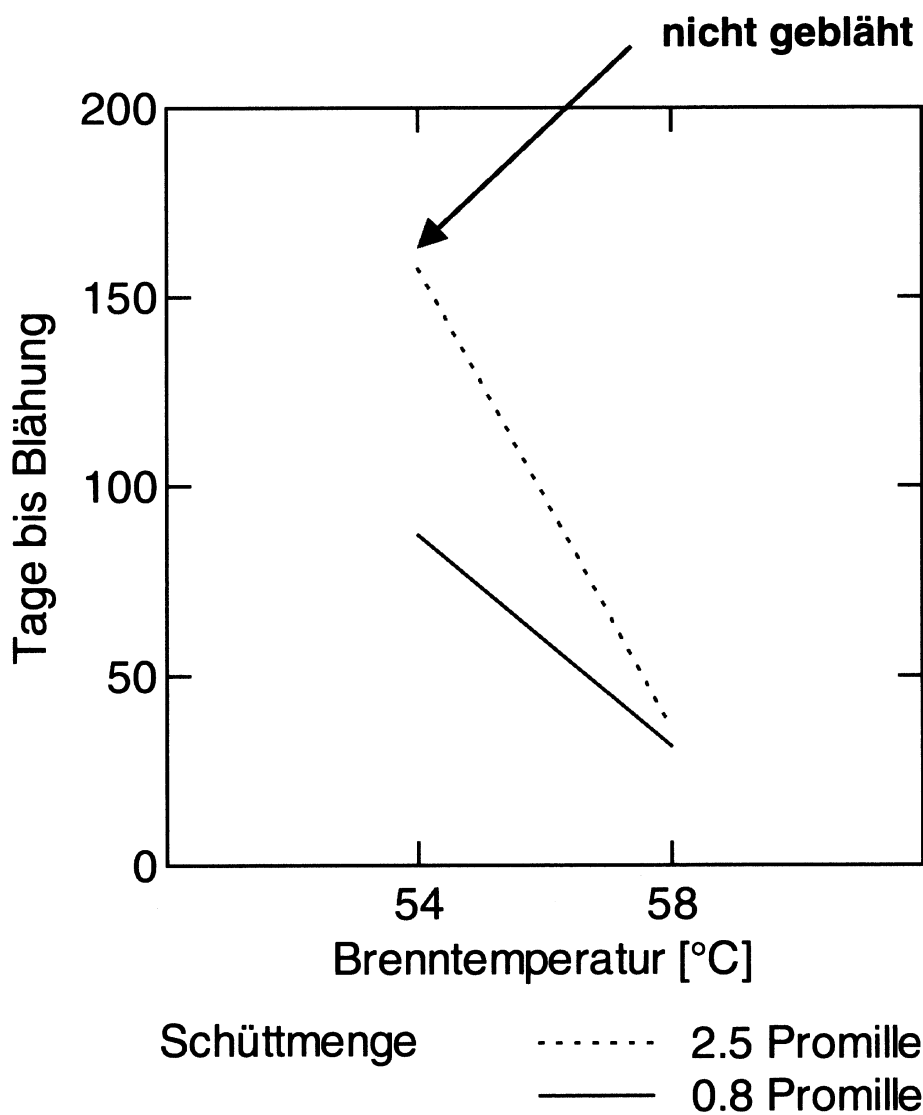


Abb. 2. Anzahl Tage bis zur visuell erkennbaren Blähung (Interaction-Plot Brenntemperatur-Kulturenmenge).

Verbesserte Bedingungen für das Auskeimen im Käse?

Der Einfluss der verschiedenen technologischen Faktoren auf das Auskeimen

der Buttersäurebakterien-Sporen im Käse wurde mit Modellversuchen gründlich studiert, wobei sich die Brenntemperatur eindeutig als Schlüsselfaktor herausstellte (Bachmann 1999). In der Literatur finden

Tab. 1. Gehalt an n-Buttersäure (Mittelwerte und Varianzanalyse)

Mittelwerte		N	n-Buttersäure mmol/g		
			Käse 20 Tage	Käse 90 Tage	Käse 180 Tage
Kulturenmenge	0,8 ‰	8	1,2	17,6	27,0
	2,5 ‰	8	0,9	7,5	10,2
Brenntemperatur	54 °C	8	0,3	2,1	3,6
	58 °C	8	1,8	23,0	33,6
Salzbaddauer	1 Tag	8	1,0	13,3	19,2
	2 Tage	8	1,0	11,9	18,0
Kontrollfabrikation		2	0,2	0,8	0,8
Varianzanalyse					
Kulturenmenge				***	***
Brenntemperatur			***	***	***
Salzbaddauer					
Kulturenmenge x Brenntemperatur				***	***
Kulturenmenge x Salzbaddauer					
Brenntemperatur x Salzbaddauer					

* = Irrtumswahrscheinlichkeit $p < 5\%$; ** = Irrtumswahrscheinlichkeit $p < 1\%$; *** = Irrtumswahrscheinlichkeit $p < 0,1\%$

sich keine Angaben über den Einfluss hoher Brenntemperaturen auf die Buttersäuregärung (Bachmann 1995).

Der vorliegende Artikel fasst einen Versuch zusammen, bei dem die Übertragbarkeit von den Ergebnissen aus den Modellversuchen auf Gruyère-Käse untersucht wurde. Das Ziel des Versuches war, den Einfluss der Kulturenmenge, der Brenntemperatur und der Salzbaddauer auf die Buttersäuregärung in Gruyère-Käse zu kennen. Dazu wurde pro 100 L Milch 1 mL Sporensuspension (wässrige Ausschüttelung von verdorbener Grassilage) zugegeben, was einem mittleren Gehalt von ca. 1'000 Sporen/L entsprach. Als Versuchsdesign wurde ein vollfaktorieller 2³-Versuch mit zwei Wiederholungen (= 16 Käse) ausgewählt. Die drei Faktoren waren dabei:

- Kulturenmenge: 0,8 / 2,5 ‰
- Brenntemperatur: 54 / 58 °C
(= Ausziehtemperatur)
- Salzbaddauer: 1 / 2 Tage

Grosse Unterschiede bei der Buttersäuregärung

Bereits die Aufzeichnung der Anzahl Tage bis zu einer visuell erkennbaren Blähung bestätigte die grosse Bedeutung der Brenntemperatur (Abb. 2). Die visuellen Beobachtungen konnten auch analytisch bestätigt werden (Tab. 1): Bereits nach 20 Tagen wiesen die Käse mit der Brenntemperatur von 58 °C hochsignifikant mehr n-Buttersäure auf. Dieser Unterschied vergrösserte sich mit zunehmender Reifungsdauer. Ab 90 Tagen konnte auch ein hochsignifikanter Effekt der Kulturenmenge ermittelt werden, wobei dieser Effekt von der Brenntemperatur abhängig war (Interaktionen Kulturenmenge-Brenntemperatur). Die grafische Darstellung (Abb. 3) verdeutlicht die Wechselwirkung zwischen der Kulturenmenge und der Brenntemperatur. Während bei einer Brenntemperatur von 54 °C die Gehalte an n-Buttersäure generell tief blieben, lagen sie bei 58 °C in einem Bereich, wie er für eine starke Buttersäuregärung bezeichnend ist. Eine kleinere Kulturenmenge verstärkte diesen Effekt zusätzlich. Es kann also festgehalten werden, dass ein langsamer Säuerungsverlauf zu einer zusätzlichen Verstärkung der Buttersäuregärung führen kann.

Die Gehalte an n-Buttersäure nach 20 Tagen erlaubten wiederum eine gute Prognose, ob im Verlaufe der Reifung mit einer Buttersäuregärung zu rechnen ist oder nicht (Abb. 4).

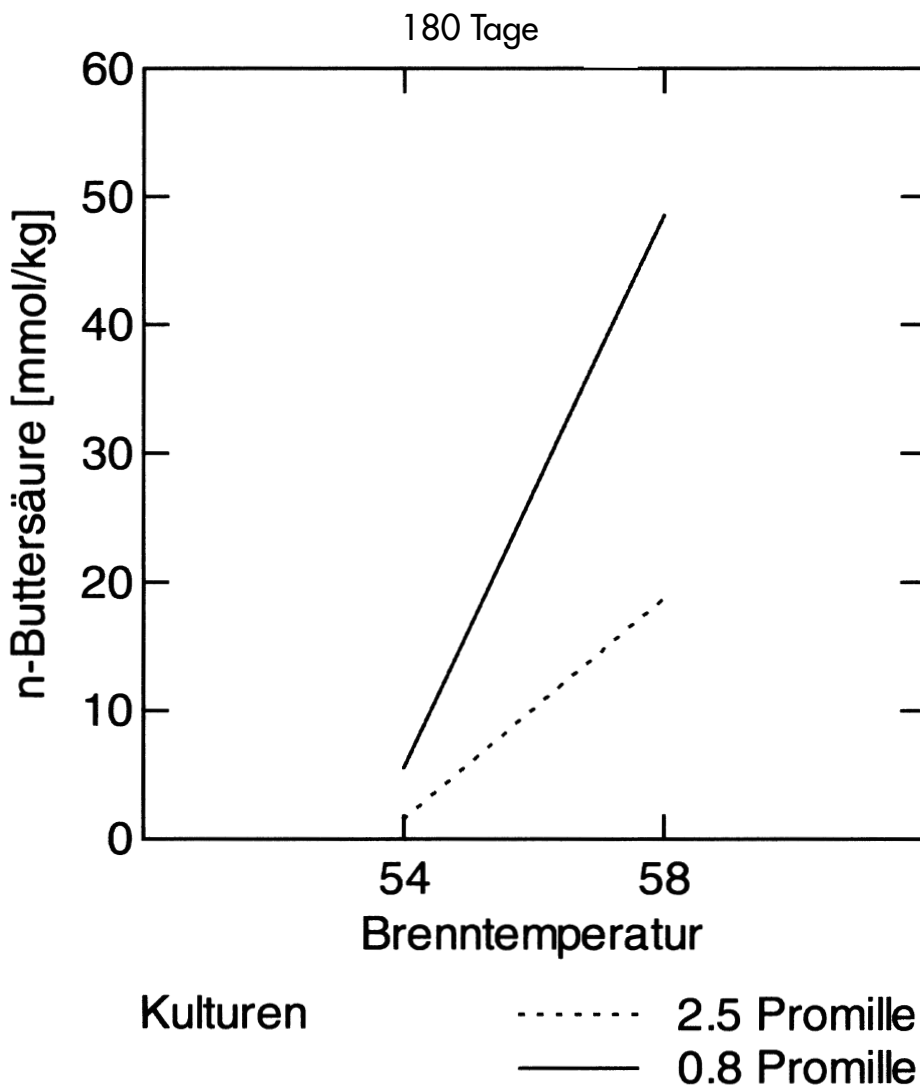


Abb. 3. Gehalt an n-Buttersäure nach 180 Tagen (Interaction-Plot Brenntemperatur-Kulturenmenge).

Verzögerte Milchsäuregärung

Die kleinere Kulturenmenge führte erwartungsgemäss zu einer Verzögerung der

Milchsäuregärung. Nach acht Stunden war der Unterschied jedoch nicht mehr signifikant (Tab. 2).

Anders verhielt es sich bei der Brenntemperatur. Nach zwei Stunden war der Un-

terschied noch klein. Dieser vergrösserte sich in der Folge sehr stark, was darauf hindeutet, dass die hohe Brenntemperatur vor allem die Laktobazillen zu schädigen vermochte. Die 24-stündigen Käse waren hinsichtlich pH-Wert, Wasser- und Milchsäuregehalt sehr homogen.

Keine Brenntemperaturen über 57 °C

Die Ergebnisse aus den Modellversuchen sind auf Gruyère-Käse übertragbar:

- Brenntemperaturen von ≥ 58 °C initiieren das Auskeimen der Buttersäurebakterien-Sporen;
 - Ein langsamer Säuerungsverlauf kann zu einer zusätzlichen Verstärkung der Buttersäuregärung führen;
 - Die geprüfte Salzbaddauer hat keinen Einfluss auf die Buttersäuregärung.
- Eine hohe Brenntemperatur kann bei der Herstellung von Gruyère das Auskeimen der Buttersäurebakterien-Sporen direkt initialisieren. Von Brenntemperaturen oberhalb von 57 °C ist deshalb abzusehen, wobei über begleitende Massnahmen sicherzustellen ist, dass keine unerwünschte Propionsäuregärung auftritt:
- gute Milchqualität: möglichst wenig Propionsäurebakterien;
 - verlängertes Ausrühren (nicht länger als 20 Minuten, da das Ausrühren das Auskeimen der Sporen tendenziell ebenfalls fördert);
 - Salzgehalt von mehr als 13 g/kg.

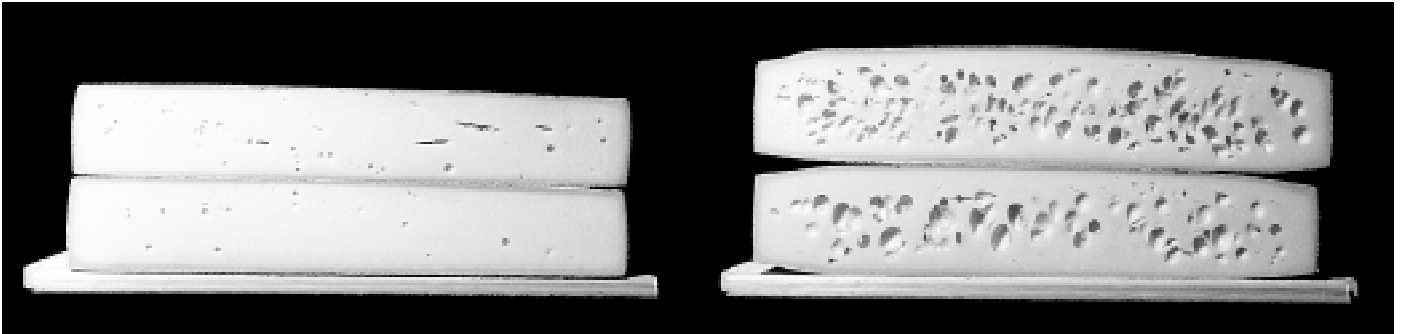
Auch ein tiefer pH-Wert, ein hoher Kupfergehalt, eine tiefere Reifungstemperatur und eine nicht zu starke Proteolyse in die Tiefe (Milchqualität, Kulturen) verringern das Risiko des Auftretens einer Propionsäuregärung.

Tab. 2. Säuerungsverlauf (Mittelwerte und Varianzanalyse)

Mittelwerte	N	pH-Wert-Verlauf				Käse, 1 Tag			
		2 Std.	4 Std.	8 Std.	24 Std.	Wasser g/kg	Gesamtmilchsäure mmol/g	L-Milchsäure % v. total	
Kulturenmenge	0,8 ‰	8	6,30	5,96	5,33	5,35	380	149	40
	2,5 ‰	8	6,23	5,78	5,27	5,34	385	155	41
Brenntemperatur	54 °C	8	6,25	5,60	5,19	5,34	383	151	40
	58 °C	8	6,29	6,13	5,41	5,35	382	153	40
Salzbaddauer	1 Tag	8	6,27	5,87	5,30	5,34	382	152	40
	2 Tage	8	6,27	5,87	5,30	5,34	382	152	40
Kontrollfabrikation		2	6,30	5,95	5,35	5,29	387	158	42

Varianzanalyse	
Kulturenmenge	**
Brenntemperatur	***
Salzbaddauer	
Kulturen x Brenntemperatur	
Kulturen x Salzbad	
Brenntemperatur x Salzbad	

* = Irrtumswahrscheinlichkeit $p < 5$ %; ** = Irrtumswahrscheinlichkeit $p < 1$ %; *** = Irrtumswahrscheinlichkeit $p < 0,1$ %



Schnittbilder von ausgewählten Versuchskäsen (180 Tage).

LITERATUR

■ Bachmann H.P., 1995. Buttersäuregärung im Käse - eine Literaturzusammenfassung. *Agrarforschung* 2 (11-12), 523-526.

■ Bachmann H.P., 1998. Des températures de chauffage élevées accélèrent la germination des spores butyriques dans les fromages Gruyère. *Le Laitier Romand*.

■ Bachmann H.P., 1999. Einflussfaktoren auf Auskeimen und Wachstum von *Clostridium tyrobutyricum* in Hartkäse aus silofreier Milch. *Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg.* 90.

■ Frey R., 1997. Einsatz von Ammoniumdipropionat zur Konservierung von feuchten Heurundballen. Diplomarbeit an der Schweizerischen Ingenieurschule für Landwirtschaft, Zollikofen.

■ Müller S., 1996. Anbindehaltung und Boxenlaufstall: Einfluss auf den Clostridiengehalt der Milch. Diplomarbeit an der Schweizerischen Ingenieurschule für Landwirtschaft, Zollikofen.

■ Van der Maas J., 1995. Einfluss von verschiedenen Laufhoftypen auf den Clostridiengehalt der Milch. Diplomarbeit an der Schweizerischen Ingenieurschule für Landwirtschaft, Zollikofen.

RESUMÉ

Influence des facteurs technologiques sur la fermentation butyrique dans les fromages à pâte dure

Au cours des dernières années, le nombre de fromages à pâte dure des types Emmental et Gruyère sujets à une fermentation butyrique a augmenté. Il y a à cela deux explications possibles: une teneur en spores de *Clostridium tyrobutyricum* plus élevée dans le lait ou de meilleures conditions pour leur germination et leur croissance dans le fromage. Au moyen d'un essai multifactoriel, il a été démontré qu'une température de chauffage élevée lors de la fabrication peut déclencher la germination des spores butyriques. Il est donc judicieux de ne pas appliquer des températures de chauffage supérieures à 57°C et de prendre des mesures pour éviter une fermentation propionique indésirable.

SUMMARY

Influence of manufacturing process on butyric acid fermentation in hard cheeses

In Switzerland the amount of hard cheeses spoiled by butyric acid fermentation increased in the last years distinctly. Two main reasons are discussed: higher counts of spores of *Clostridium tyrobutyricum* in milk or better conditions for germination and growth in cheese. Cheese-making trials allowed to show, that high cooking temperatures in the manufacturing process can release the germination of spores. It's advisable to avoid cooking temperatures above 57 °C, but additional measures have to be taken for evading problems with an undesired propionic acid fermentation.

KEY WORDS: cheese, Gruyère, spores, *Clostridium tyrobutyricum*, defects, late blowing, cooking temperature

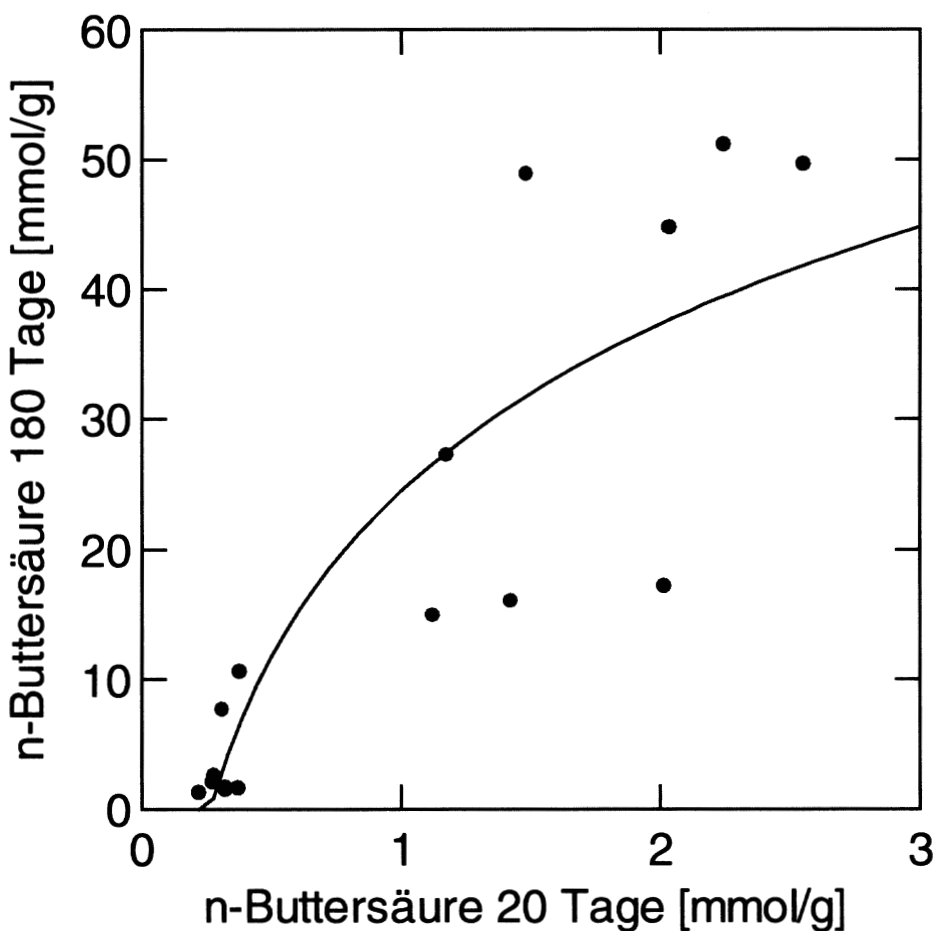


Abb. 4. Beziehung zwischen dem Gehalt an n-Buttersäure nach 20 und 180 Tagen.