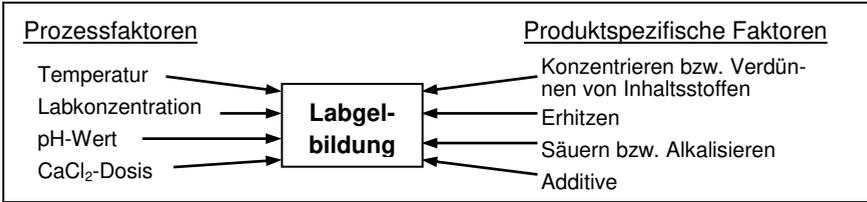


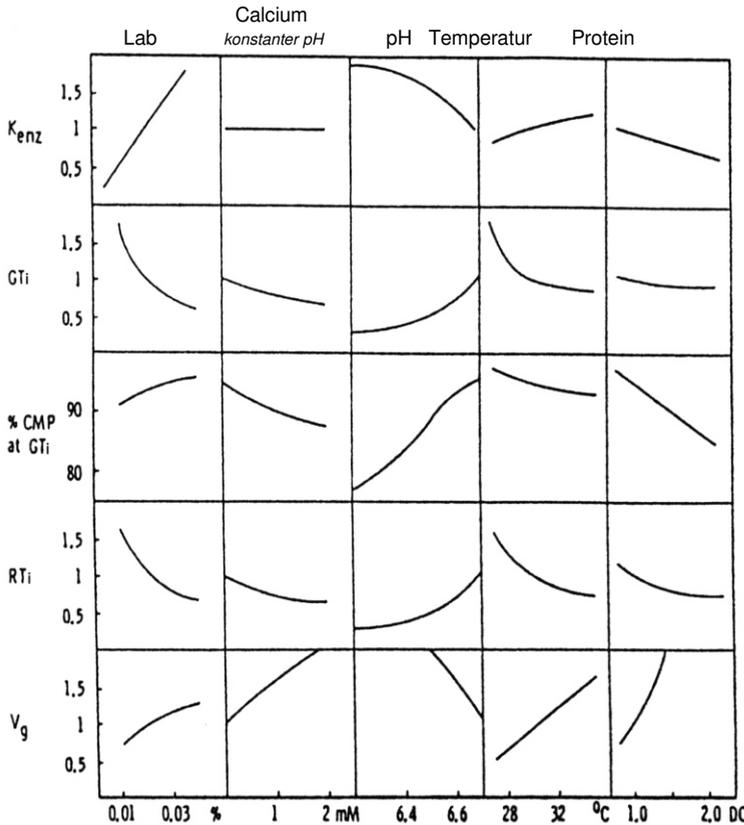
### 2.4.4.2 Einflüsse auf die Gallertbildung und -struktur

Die Labgelbildung wird von Prozess- und von produktspezifischen Faktoren beeinflusst (SCHREIBER).



**Abb. 2.63**  
Einflüsse auf die Labgelbildung (SCHREIBER)

Die Einflüsse der Produktparameter, zudosierte Enzymmenge [Lab] (0,01 → 0,03 %), das beigegebene Calcium (1 → 2 mM), der pH-Wert 6,4 → 6,6 und die Temperatur der Käseemilch (28...32 °C) sowie die Caseinkonzentration (1 → 2 DC) zeigt Abb. 2.6.4.



Standardbedingungen (= 1):  
30,5 °C, 0,02 % Lab (10 800 SU),  
konstanter pH-Wert der Milch,  
keine Calciumzugabe \*)

Abkürzungen:  
**K<sub>enz</sub>** = Geschwindigkeitskonstante  
der enzymatischen  
Reaktion 1. Ordnung,  
**GT<sub>i</sub>** = Gelierzeit (T<sub>i</sub>=time)

% **CMP/GT<sub>i</sub>** = Prozentsatz der  
freigesetzten Casein-  
makropeptide zur Gelierzeit

**RT<sub>i</sub>** = Ende der Dickungszeit

**V<sub>g</sub>** = Verfestigungsrate der  
Gallerte

**DC** = Konzentrationsgrad

**Abb. 2.64**  
Einfluss wichtiger Faktoren  
auf die Dicklegungseigen-  
schaften der Milch  
(VAN DEN BERG)

Die Tendenzen der Dicklegungseigenschaften sind in Tab. 2.72 zusammengefasst, und zwar:

- die Geschwindigkeit der enzymatischen Reaktion (**K<sub>enz</sub>**)
  - das Ende der Verfestigungszeit (**RT**)
  - die Verfestigungsrate (**V<sub>g</sub>**)
- |     |           |    |             |     |                       |
|-----|-----------|----|-------------|-----|-----------------------|
| • + | = leichte | ++ | = deutliche | +++ | = sehr starke Zunahme |
| • - | = leichte | -- | = deutliche | --- | = sehr starke Abnahme |

**Tab. 2.72** Abhängigkeit wichtiger Dicklegungseigenschaften der Milch von Produktionsparametern – Tendenzen

Einflussfaktoren Produktionsparameter	Dicklegungseigenschaften				
	Geschwindigkeit der enzymatischen Reaktion Kenz	Gelie- zeit GT	% Caseinmakro- peptide zur Gelierzeit % CM / GT	Ende der Dickungszeit RT	Verfesti- gungsrate V <sub>g</sub>
Labmenge 0,01→0,03 %	+++	---	+	--	++
Calciummenge 1→2 mM	0	-	-	-	++
pH-Wert 6,6→6,4	++	--	---	--	++
Temperatur 28→32 °C	+	--	-	--	++
Protein 1→2 DC	-	-	--	-	+++

Die verschiedenen Gerinnungsenzyme (Chymosin-, Pepsinarten und andere 2.3.1.1 Tab. 2.45 Seite 170) reagieren zwar unterschiedlich auf die jeweiligen Produktionsparameter, die Tendenzen weisen jedoch keine Abweichungen auf. VAN HOOYDONK u. VAN DEN BERG bekräftigen, dass die Ausbildung einer genügend festen Milchgallerte (2.4.5.2) in einem vorgegebenen Zeitraum von entscheidender Bedeutung ist, damit das Schneiden der Gallerte zu einem optimalen Zeitpunkt erfolgen kann. Die Ausbildung der Gallerte und die bestmögliche Zeit bis zum Schneiden (2.4.5.3) lassen sich vor allem durch die Art und Menge der zugesetzten Koagulationsenzyme, die Zugabe von Calciumchlorid, den pH-Wert der Milch, die Temperatur und den Caseingehalt der Milch beeinflussen und steuern. Zur Standardisierung der Gerinnungseigenschaften müssen auch die Wärme- und Kältebehandlungen der Milch beachtet werden. LÓPEZ et al. ermittelten die Einflüsse des pH-Wertes und der Enzymkonzentration auf die rheologischen Eigenschaften und die Schneidezeiten von Labgels. Mit fallendem pH-Wert vermindert sich die Festigkeit. Die Struktur der Labgels wird mit zunehmender Zeit inhomogener. Die Steigerung der Inhomogenität ist bei höheren Temperaturen und niedrigeren pH-Werten ausgeprägter. Im Netzwerk werden anfangs nur etwa 2...4 Bindungen zwischen den Caseinmicellen geknüpft. Vermehrt entstehen weitere Bindungen, da an der Oberfläche der Caseinmicellen reaktive Stellen vorhanden sind. Mit zunehmender Vernetzung entstehen Spannungen im Caseingel, wodurch bereits bestehende Bindungen wieder zerstört werden können (VAN VLIET u. WALSTRA). Wenn auf eine gerade eben labausgefällte Milch eine weitere eingelabte Milch gegossen wird, so wächst die neu gebildete Gallerte nicht mehr mit der vorhandenen Gallerte zusammen. Selbst bei der Verwendung der gleichen Milch und einer Labausfällung unter kongruenten Bedingungen (Temperatur, pH-Wert, Labdosis) kommt es zu keiner stabilen Verbindung.

#### 2.4.4.2.1 Milchzusammensetzung - Korrekturen

Die Zusammensetzung der Milch, besonders der Calcium-, Eiweiß-, Citrat- und Fettgehalt sowie ihre Behandlung (erhitzt, konzentriert, angesäuert, also pH-Wert) beeinflusst den biochemischen Prozess der Labgerinnung signifikant. Die Fütterung der Kühe, ihr Laktationsstadium, der Gehalt an Zellen, und coliformen Keimen auch die Gesamtkeimzahl, ferner zusätzliche Behandlungen der Milch wie Homogenisieren, Baktofugieren, PK-Verfahren sowie Lactosehydrolyse wirken weitaus geringer auf die Geschwindigkeit der Labgerinnung.

##### a) Calciumgehalt, CaCl<sub>2</sub>-Zugabe und pH-Wert

Das Calcium (2.3.5.3.1) ist bei der Labgerinnung an der Vernetzung der Caseinmicellen beteiligt und somit zur Gallertbildung unerlässlich. Die Geschwindigkeit der Labgerinnung ist deshalb vom Gehalt an löslichem Calcium stark abhängig. Bei der Aggregation kommt es angeblich zu Ionenbindungen zwischen Calcium bzw. Calciumphosphat und Aminosäuren der Caseinmicellen und somit zur Aneinanderlagerung von Micellen zu Ketten. Ein minimaler Gehalt an Calcium ist deshalb erforderlich, um die Aggregation von Caseinmicellen zu induzieren. Micelläres Calciumphosphat (MCP) ist ebenfalls zur Labgerinnung unentbehrlich. Calciumchloridzugabe (CaCl<sub>2</sub>), vor allem zur erhitzten Käseimilch, fördert die Labgerinnung. Die Calciumionen-Aktivität und auch die Konzentration an MCP nehmen nämlich dadurch zu. Der pH-Wert sinkt infolge der Freisetzung von H<sup>+</sup>-Ionen aus den Micellen, da sich angeblich zusätzliche Komplexe zwischen Calcium und Phosphat bilden. Auf diese Weise werden die Wechselwirkungen zwischen der positiven Ladung der Calciumphosphat-Komplexe und der