



# Teigbeschaffenheit von Käse - instrumentell beurteilt

Werner LUGINBÜHL, Eidgenössische Forschungsanstalt für Milchwirtschaft (FAM), CH-3003 Bern-Liebefeld

**Instrumentelle Messungen der Teigbeschaffenheit von Käse (Käsetextur) erlauben eine Qualitätsbeurteilung, die empfindlicher und präziser ist als die sensorische Charakterisierung. Als einfache, rasche Methode hat sich die uniaxiale Kompression seit langem bewährt. Die weiterentwickelte Messtechnik und Kurvenauswertung erweitert die Aussagekraft und erleichtert es, Kompressionskurven zu interpretieren; etwa im Hinblick auf sortenspezifische Texturunterschiede, oder bei Untersuchungen zur Reifung von Käse.**

Der Genusswert eines Lebensmittels wird nicht nur durch den Geschmack und den Geruch bestimmt, sondern auch von der Textur. Eine allgemeine Definition des Begriffs Textur stammt von Rohm (1990): «Textureigenschaften eines Lebensmittels stellen eine Gruppe von physikalischen Merkmalen dar, die ihren Ursprung in strukturellen Elementen der Lebensmittel haben, durch den Tastsinn empfunden werden, in Zusammenhang mit Deformation, Zerstörung und Fliessen unter Kräfteinwirkung stehen und objektiv als Funktion von Masse, Weg oder Zeit gemessen werden können». In der Beurteilung eines Lebensmittels fällt die Textur umso stärker ins Gewicht, je fester dieses ist, je mehr also der Kauvorgang für die Zerkleinerung der Nahrung von Bedeutung ist (Bourne 1982). Dies trifft besonders auch für Hart- und Halbhartkäse zu, daher ist die Teigbeschaffenheit (Textur) neben dem Geschmack eines der wichtigsten Qualitätskriterien.

Die Käsetextur kann vom Konsumenten, vom Käser und auch in der Forschung sensorisch beurteilt werden. Weil die menschlichen Tastsinne kleine Texturunterschiede nur begrenzt wahrnehmen können, setzt man seit langem auch objektive instrumentelle Messmethoden ein (Eberhard 1985). Als einfache Methode hat sich vor allem die Kompressionsmessung bewährt. Zahlreiche Arbeiten im In- und Ausland haben die Eignung dieser Methode zur Charakterisierung der rheologisch-mechanischen\* Texturmerkmale bestä-

tigt (Eberhard 1985; FIL/IDF 1991; Luginbühl und Bühler-Moor 1994). Dieser Artikel soll zeigen, wie die Kompressionsmessung weiterentwickelt und verfeinert werden kann und wie deren Auswertung die Käsetextur besser charakterisiert. Dies ist in erster Linie für die Käseforschung in der Forschungsanstalt für Milchwirtschaft (FAM) von Bedeutung; indirekt aber auch für die Praxis von Interesse.

## Die uniaxiale Kompression

Das Prinzip der Methode ist in Abbildung 1 schematisch dargestellt. Eine kleine, zylinderförmige Käseprobe ( $d = 12 \text{ mm}$ ;  $h = 15 \text{ mm}$ ) wird bei  $15^\circ \text{C}$  mit einer konstanten Geschwindigkeit ( $50 \text{ mm/min}$ ) zwischen zwei parallelen Platten zusammengedrückt, bis sie bricht (Eberhard 1985). Physikalisch entspricht dieser Vorgang der Aufnahme einer Kraft-Weg-Kurve mit einer Materialprüfmaschine, wie dies allgemein bei mechanischen Festig-

keitsprüfungen üblich ist. Für Routine-messungen wird des Aufwandes wegen nicht die ganze Messkurve ausgewertet. Die Arbeiten von Eberhard (1985) haben gezeigt, dass die drei Merkmale Bruchkraft, Bruchdeformation und Kraft bei  $33,33\%$  Deformation bereits eine gute Charakterisierung der rheologisch-mechanischen Teigeigenschaften von Käse erlauben.

Die Weiterentwicklung der Methode wurde durch die computergestützte Messwerterfassung und Datenauswertung ermöglicht. Dabei werden die vollständigen Kraft-Weg-Kurven gespeichert und mit einem geeigneten Programm ausgewertet. Damit die Resultate bei unterschiedlicher Grösse der Messproben besser verglichen werden können, muss die Kraft auf Spannung (Symbol  $\sigma$ ;  $\sigma = \text{Kraft} / \text{Querschnittsfläche der Probe}$ ) umgerechnet werden (vgl. Abb. 2). Nebst dem Bruchpunkt (Bruchspannung  $\sigma_B$  und Bruchdeformation  $\epsilon_B$ ) und der Spannung bei  $33,33\%$  Deformation ( $\sigma_{33}$ ) wird der Deformationsmodul ( $M_B$ ; charakterisiert die Elastizität bei geringer Deformation) und die Deformationsarbeit bis zum Bruch ( $W_B$ ; die zur Zerstörung der Struktur benötigte Energie) aus den Messkurven berechnet. Feinere Details des Kurvenverlaufs, etwa Wendepunkte, sind zwar kaum als Texturmerkmale interpretierbar, können jedoch helfen, geringfügige Texturunterschiede nachzuweisen.

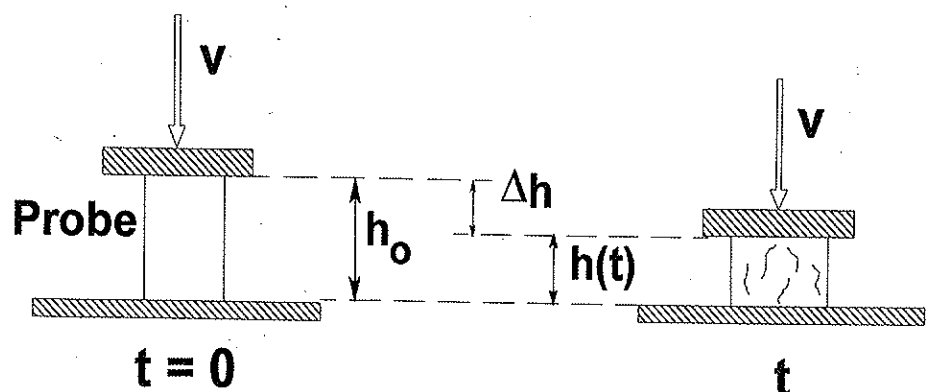


Abb. 1. Schematische Darstellung der Kompressionsmethode (uniaxiale Kompression);  $v$  = Geschwindigkeit der Druckplatte;  $h_0$  = Probenhöhe;  $h$  = Verformung;  $h(t)$  = Höhe zur Zeit  $t$ .

\*Rheologie: Teilgebiet der Physik, das sich mit dem Fliess- und Deformationsverhalten von Materie unter der Einwirkung von Druck-, Zug- und Scherspannungen befasst.

## Charakterisierung von Sorten

So wie sich jede Käsesorte durch einen spezifischen Geschmack auszeichnet, so lassen sich auch die Teigeigenschaften zur Charakterisierung der Sorten heranziehen. Die mit der uniaxialen Kompression erfassbaren Texturunterschiede sind am einfachsten direkt aus dem Spannungs-Deformations-Diagramm erkennbar. Für Einzelproben von Appenzeller, Greyerzer und Sbrinz sind diese in Abbildung 2 dargestellt; die daraus berechneten Texturparameter sind aus Tabelle 1 ersichtlich. Auffallend ist das Verhalten der Sbrinz-Probe. Der Bruch tritt schon bei etwa 36 % Deformation ein und die Bruchspannung ist sehr hoch. Der Teig ist also sehr kurz, aber fest. Die hohe Festigkeit zeigt sich einerseits in den grossen Werten des Deformationsmoduls: eine starke Steigung am Anfang der Kurve bedeutet, dass schon für eine geringe Verformung grosse Kräfte notwendig sind. Andererseits zeigt sich dies auch in der Bruchenergie: es braucht viel Energie, um die Struktur des Teigs zu zerstören. Der Teig der Appenzeller-Probe ist lang und relativ fest. Die Messprobe konnte um mehr als 60 % der ursprünglichen Höhe deformiert werden, bevor der Bruch eintrat. Der untersuchte Greyerzer war etwas kürzer und bei geringer Verformung auch fester als der Appenzeller. Die relativ kleinen Werte für die Bruchkraft und die Bruchenergie deuten aber insgesamt auf einen weichen Teig, die kohäsiven Kräfte sind nicht gross.

## Textur verändert sich während der Reifung

Während der Reifung verändert sich die Textur und damit die rheologisch-mechanischen Eigenschaften eines Käses je nach Sorte unterschiedlich stark. Eberhard (1985) hat die reifungsbedingten Veränderungen der Teigeigenschaften von Emmentaler, Greyerzer, Appenzeller und Tilsiter beschrieben. Neuere Untersuchungen an Appenzeller im Alter von 4,5, 5,5 und 6,5 Monaten (aus vier Käsezeiten) sind besonders bezüglich dem Deformationsmodul ( $M_D$ ) interessant, weil die Entwicklung der Elastizität am Ende der Reifung einen unerwarteten Verlauf aufweist (Abb. 3). Eine Interpretation ist schwierig. Denkbar ist jedoch, dass der Wasserverlust ab etwa 5,5 Monaten rascher zu einer Verfestigung des

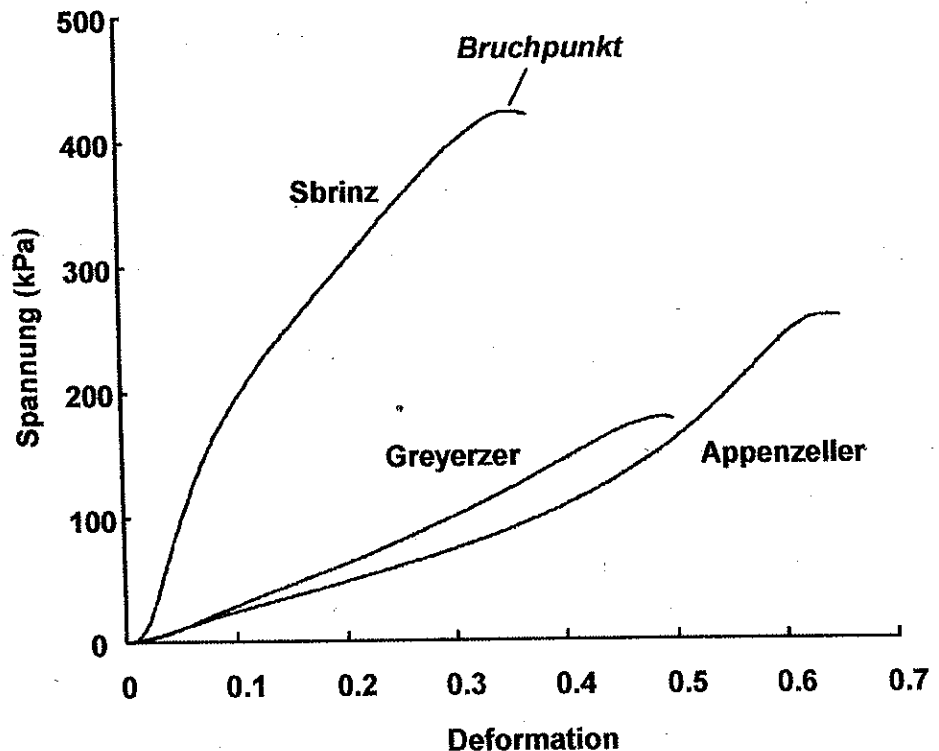


Abb. 2. Typische Spannungs-Deformations-Diagramme von Appenzeller, Greyerzer und Sbrinz (Einzelproben). Aufgenommen mit einer Universalprüfmaschine ZWICK 1435.

Tab. 1. Rheologisch-mechanische Texturmerkmale von Appenzeller, Greyerzer und Sbrinz (Einzelwerte aus den Kurven in Abb. 2)

Sorte	$\epsilon_b$	$\sigma_b$ [kPa]	$W_b$ [kJ/m <sup>3</sup> ]	$M_D$ [kPa]	$\sigma_{33}$ [kPa]
Appenzeller	0,639	259	63	296	84
Greyerzer	0,487	178	40	375	114
Sbrinz	0,357	423	92	2927	417

$\epsilon_b$ : Bruchdeformation;  $\sigma_b$ : Bruchspannung;  $W_b$ : Bruchenergie;  
 $M_D$ : Deformationsmodul;  $\sigma_{33}$ : Spannung bei 33,33 % Deformation

Teigs führt, als die Proteolyse das Proteingerüst abbaut. Bereits Eberhard (1985) hat nachgewiesen, dass der Wassergehalt beim Appenzeller und Tilsiter die Teigfestigkeit stärker beeinflusst als bei Hartkäse.

## Ausblick

Die Methode der uniaxialen Kompression wird wegen der hohen Aussagekraft und einfachen Durchführbarkeit auch in mehreren ausländischen Laboratorien eingesetzt, vor allen in der Forschung und Entwicklung. Weil aber praktisch jedes Labor eigene Messbedingungen und Auswertungen benutzt, sind die publizierten Ergebnisse nicht miteinander vergleichbar. Dieses Problem will eine Expertengruppe des Internationalen Milchwirtschaftsverbandes (IMV/IDF/FIL, Gruppe E 703) lösen, indem sie

versucht, alle wichtigen Schritte bei der Vorbereitung, Durchführung und Auswertung der Messungen zu standardisieren. Die FAM ist an dieser Arbeit wesentlich beteiligt, sowohl hinsichtlich der Messbedingungen als auch bei der Auswertung (Luginbühl 1995). Die Expertengruppe hofft, bis Ende 1996 einen vollständigen Entwurf einer IDF-Standardmethode zur uniaxialen Kompression vorlegen zu können.

## LITERATUR

- Bourne M. C., 1982. Food Texture and Viscosity. Academic Press, New York. 325 S.
- Eberhard P. P., 1985. Rheologische Eigenschaften ausgewählter Käsesorten. ETH-Dissertation Nr. 7836, Zürich.
- FIL/IDF, 1991. Rheological and Fracture Properties of Cheese, *Bulletin* 268.

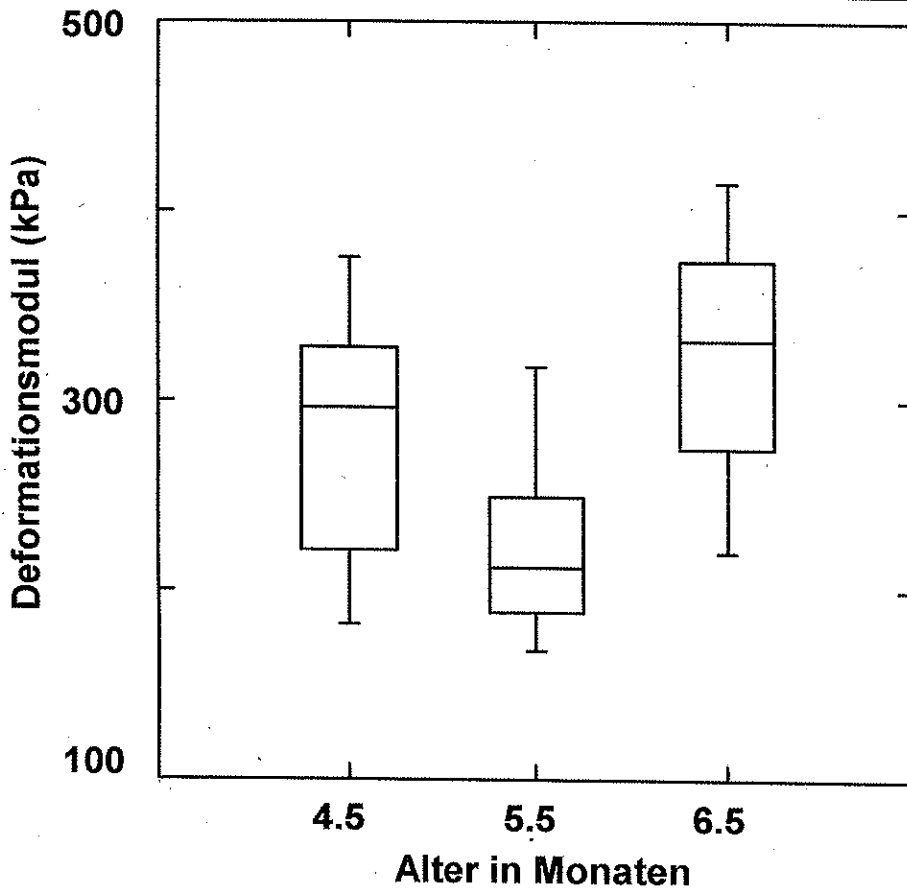


Abb. 3. Änderung des Deformationsmoduls ( $M_b$ , Mass der Elastizität bei geringer Deformation) bei der Langzeitreifung von Appenzeller. Box-Plot mit je 16 Messwerten pro Altersstufe.

Luginbühl W. und Bühler-Moor U., 1995. Zonale Unterschiede der Teigtextur bei Greyerzer. *Schweiz. Milchzeitung* 120 (44), 11.

Luginbühl W., 1995. The Effect of Stress Correction on Fracture Point Coordinates in Uniaxial Compression Tests of Cheese. Angenommen zur Veröffentlichung in *Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie*.

Rohm H., 1990. Textureigenschaften und Milchprodukte. Verlag Th. Mann, Gelsenkirchen-Buer, 239 S.

## RÉSUMÉ

### Appréciation instrumentale des propriétés fromagères

Grâce aux mesures instrumentales utilisées dans l'évaluation des caractéristiques de la pâte fromagère (texture du fromage), il est possible de procéder à une appréciation de la qualité à la fois plus sensible et plus précise que l'analyse sensorielle. Méthode simple et rapide, la compression uniaxiale a depuis longtemps fait la preuve de sa fiabilité. Le développement des techniques de mesures dans ce domaine et de l'évaluation des courbes élargit l'information et facilite l'interprétation des courbes de compression. Appliquées à la caractérisation des différences de texture spécifiques selon la sorte de fromage ou au contrôle de l'affinage, elles permettent une analyse plus fine. Une fois standardisée par la Fédération internationale de laiterie, l'importance de cette méthode pour la recherche fromagère (internationale) ne saurait que croître.

## SUMMARY

### Instrumental assessment of cheese texture

Quality assessment of cheese texture by instrumental measurements is more sensitive and precise than sensory tests. Uniaxial compression has been proven to be a simple and rapid method. Further development of the measuring technique and data evaluation procedures enhances the expressiveness of the compression curves and simplifies their interpretation with respect to between-variety differences or in studies on cheese ripening. The significance of this method for the (international) cheese research will further increase after standardization by the International Dairy Federation.

**Key words:** cheese texture, rheology, fracture properties, uniaxial compression



Abb. 4. Universal-Prüfmaschine für die uniaxiale Kompression. (Foto: J. Hättenschwiler, FAM)