

April 1978/69

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

Rheologische Untersuchungen von Käse, insbesondere Emmentaler

P. Eberhard und E. Flückiger
Eidg. Forschungsanstalt für Milchwirtschaft, Liebefeld-Bern

III. Teil: Zonale Teigunterschiede bei Emmentalerkäse

1. Einleitung

Nach früheren Untersuchungen von KOESTLER [1], sowie von FLUECKIGER und SIEGENTHALER [2] sind innerhalb eines Käselaibes beträchtliche Teigunterschiede vorhanden. Allgemein lässt sich z. B. sagen, dass die Teigfestigkeit von der Rinde gegen das Zentrum hin abnimmt. Das Ziel des vorliegenden III. Teiles der Arbeit bestand darin, mit den im II. Teil beschriebenen, neueren Methoden [3] zu prüfen, wie gross die zonalen Teigunterschiede innerhalb einzelner Emmentalerlaibe sind. Die Kenntnis der Unterschiede ist wichtig, wenn es darum geht, Proben zu

erheben, die für den ganzen Laib repräsentativ sind. Nur solche Proben lassen einen Vergleich zwischen Laiben und die Beurteilung des Einflusses bestimmter Massnahmen zur Verbesserung der Teigeigenschaften zu.

Gleichzeitig sollten Vergleiche zwischen den im II. Teil [3] beschriebenen Messmethoden und anderen Methoden zur objektiven wie subjektiven Teigbeurteilung angestellt werden.

2. Material und Methoden

Zur Untersuchung gelangten 5 mit verschiedenen Rohmischkulturen hergestellte Emmentalerkäse:

Laib Nr.	Kultur	Wasser %	Unterteilung Variante
1023	MK 101	34,8	I
1024	MK 119	34,4	I
1025	MK 128	34,8	I
1266	MK 164	34,6	II
1268	MK 171	34,7	II

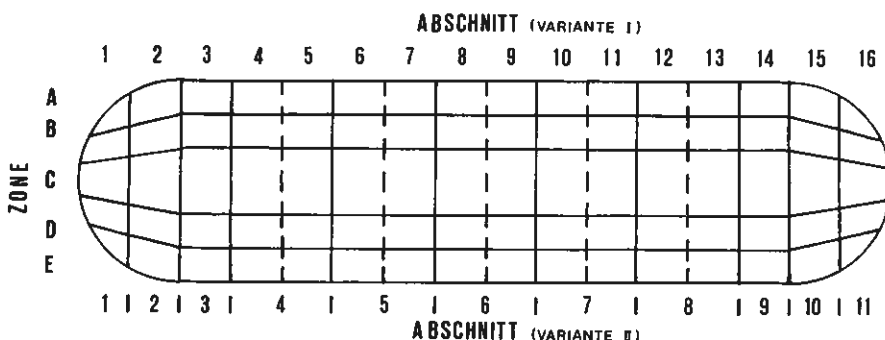


Abb. 1: Schematische Unterteilung der Käsescheiben

Von jedem der 5 Käse wurde im Alter von etwa 150 Tagen nach Halbierung der Laibe eine ca. 6 cm dicke Scheibe abgeschnitten. Die Scheiben wurden wasserdampfdicht

verpackt und bei der Messtemperatur (15 °C) vorgelagert. Für die Messungen wurden sie in 5 horizontale Zonen (A bis E) und 16 vertikale Abschnitte (1—16), total also in 80

Stücke zerschnitten (siehe Abb. 1; Variante I). Bei den später untersuchten Käsen Nr. 1266 und Nr. 1268 kam ein einfacheres Teilungsschema zur Anwendung (Variante II). Die Abschnitte 4 bis 8 wiesen gegenüber der Variante I die doppelte Breite auf.

Die weitere Unterteilung erfolgte in Anlehnung an das Vorgehen von STEFFEN et al. [4]. Die beiden Randzonen wurden feiner unterteilt als das Zentrum, da hier die grösseren Teigunterschiede zu erwarten sind als in der Kernzone [2].

Aus jedem der je 80 bzw. 55 (Nr. 1266 und 1268) Käsestücke wurden je 6 Proben herausgeschnitten und mit dem Instron-Universalgerät je drei Bestimmungen der Kraft und der Deformation beim Stauchbruch einerseits, sowie der Druckspannung und der Rückverformungskraft andererseits, durchgeführt. Die Messmethoden sind im einzelnen im vorangegangenen II. Teil [3] beschrieben worden.

Alle Proben wurden mit dem Bohrer von der Strebel- zur Kessiseite hin entnommen. Aus der Mitte der Böhrlinge wurden dann die eigentlichen Messproben (15 mm hoch) herausgeschnitten und in der Achse Strebelseite/Kessiseite belastet. Bei einzelnen Käsestücken mit vielen Löchern konnten nur fünf bzw. vier Proben entnommen werden. Wegen Gläsbildung war eine Probenahme bei drei Stücken von Käse Nr. 1268 unmöglich.

In der Mitte jedes Stückes der Käse Nr. 1023, 1024 und 1025 wurden zusätzlich je drei Messungen mit dem an anderer Stelle beschriebenen Penetrometer [5] durchgeführt, um den Eindringwiderstand mit der Druckspannung vergleichen zu können.

Da die Teigbeschaffenheit der untersuchten Käse vorgängig von 6 bzw.

7 Experten subjektiv beurteilt worden war, ergab sich die Möglichkeit, die Ergebnisse der Taxatoren mit den objektiven Messresultaten zu vergleichen.

3. Ergebnisse

In Abbildung 2 sind die Messwerte der Deformation beim Stauchbruch und in Abbildung 3 diejenigen der Druckspannung graphisch dargestellt. Es handelt sich um die Durchschnittswerte aus drei resp. zwei Messungen. Bei den Käsen Nr. 1266 und 1268 wurden von Abschnitt 4 bis 13 für je zwei Abschnitte die gleichen Werte eingesetzt.

In Abbildung 4 sind die Durchschnittswerte der Käseabschnitte dargestellt. Tabelle 1 erlaubt einen Vergleich der Gesamtmittelwerte und Standardabweichungen der fünf Käse.

4. Diskussion

Beurteilung der Messresultate

Die Tatsache, dass innerhalb eines Emmentalerkäselaibes Struktur- und Konsistenzunterschiede vorhanden sind, wird durch die Ergebnisse in den Abbildungen 2 bis 4 und durch Tabelle 2 quantifiziert.

Die Deformation beim Stauchbruch, die Druckspannung, die Eindringtiefe der Penetrometernadel und in geringerem Ausmass auch die Rückverformungskraft verändern sich in ähnlicher Weise, sowohl von den beiden Flachseiten her als auch von den Järbseiten gegen das Zentrum hin. Die grössten Unterschiede wurden in den drei Abschnitten 1 bis 3 und 14 bis 16, sowie zwischen den Zonen A bis B auf der Strebel- und D bis E auf der Kessseite festgestellt (siehe Abb. 2 und 3). Die Teigunterschiede waren nicht bei allen Käsen gleich gross. Zusätzliche Informationen in dieser Hinsicht liefern die Standardabweichungen (Tabelle 1).

Zusammenfassend können folgende Schlüsse gezogen werden:

- Die Deformation beim Stauchbruch nimmt gegen das Zentrum der Käselaibe hin zu. Die rindennahen Stücke weisen eine kürzere Konsistenz auf als die Kernzone (siehe Abb. 2).
- Die Druckspannung ist im Zentrum kleiner als in Rindennähe (siehe Abb. 3). Die Struktur wird von der Rinde gegen das Zentrum hin feiner (weicher). Die gleiche Beurteilung ergibt die Messung mit dem Penetrometer. Die Nadel

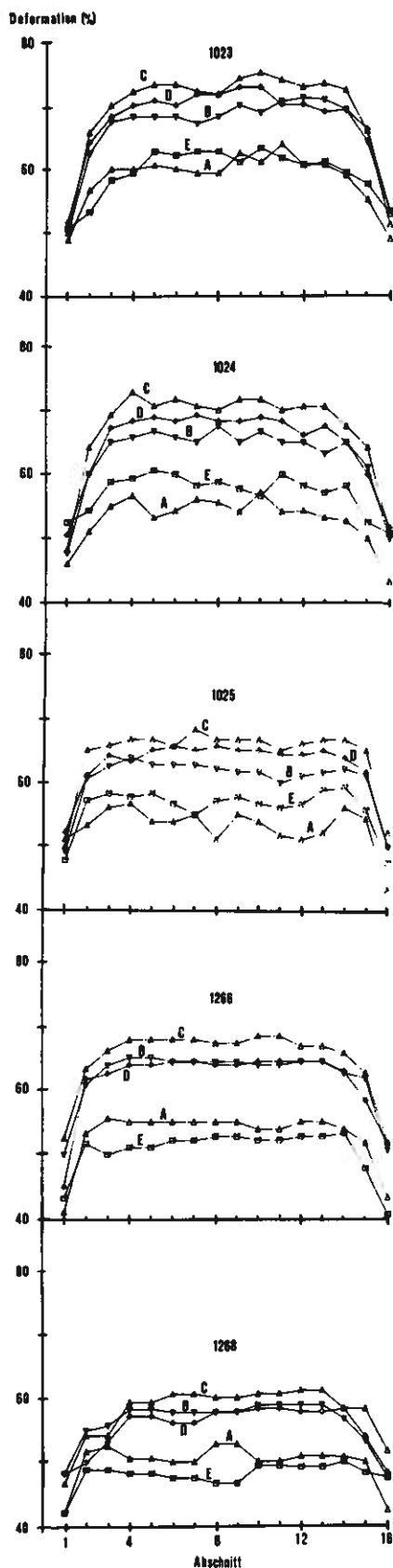


Abb. 2: Zonale Konsistenzunterschiede

- dringt im Innern tiefer ein als unter der Rinde.
- Die Rückverformungskraft ist im Käseinnern grösser. Die Kernzone der Käse ist somit elastischer als die Randzone. Die Unter-

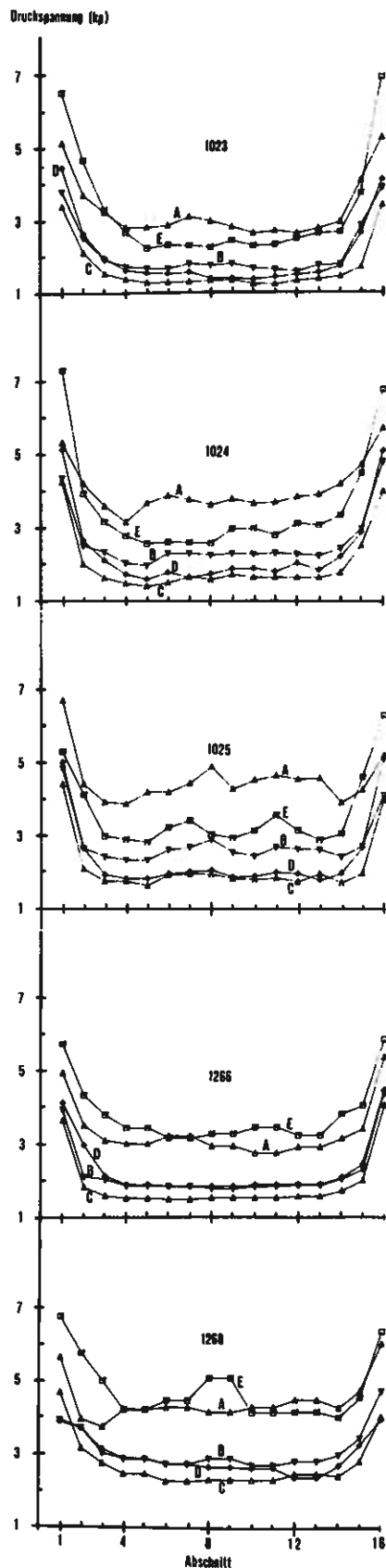


Abb. 3: Zonale Strukturunterschiede

schiede sind zwar gering, aber doch signifikant (siehe Abb. 4). Was die Kraft beim Stauchbruch betrifft, so sind keine einheitlichen Tendenzen festzustellen. Es bestätigt sich, dass dieser Wert

Tabelle 1: Durchschnittswerte und Standardabweichungen

Nummer	Deform. bei Stauchbruch (%)		Kraft bei Stauchbruch (kp)		Druckspannung (kp)		Rückverformungskraft (%)	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
1023	64,2	7,19	7,90	0,93	2,47	1,18	61,47	0,84
1024	61,0	7,42	7,96	1,01	2,94	1,26	61,37	0,75
1025	59,3	5,90	7,57	0,91	3,09	1,21	61,47	0,75
1266	58,4	7,28	6,10	0,45	2,71	1,07	60,20	0,66
1268	53,5	5,06	6,72	0,86	3,61	1,06	61,04	0,60

nicht isoliert, sondern zusammen mit der Deformation beim Stauchbruch betrachtet werden sollte.

Die Teigunterschiede zwischen der Kernzone und den Randzonen sind vor allem auf die geringeren Wasser- und höheren Salzgehalte der rinden-nahen Schichten zurückzuführen. Nach KURMANN et al. [6] erhöht das Salzen der Käse die Teighärte vor allem durch Wasserentzug. Nach STEFFEN [7] ist der Teig mit tieferem Wassergehalt fester. Zudem soll eine höhere Salzaufnahme einen kürzeren und festeren Teig zur Folge haben. Von Abschnitt 4 bis 13 sind die Werte innerhalb der Zonen nahezu konstant (siehe Abb. 2 und 3). Eine feinere Unterteilung kann hier also unterbleiben. Aus diesen Abschnitten — je mindestens 15 cm von den Järbseiten entfernt — wären am ehesten repräsentative Proben für Vergleiche zwischen verschiedenen Laiben zu entnehmen. Die mittleren

Teigeigenschaften ganzer Laibe sind normalerweise ca. 10 cm von den Järbseiten und ca. 3 cm von den Flachseiten entfernt zu finden. In diesem Grenzbereich sind noch Teigunterschiede vorhanden. Diese Differenzen können praktisch vernachlässigt werden, wenn man die Proben mindestens 15 cm von der Järbseite entfernt entnimmt. Die Vergleichbarkeit der Resultate ist dann bei Angabe der Entfernung von den Flachseiten, oder am besten bei Messungen in der Kernzone C gewährleistet. In Tabelle 2 sind die Durchschnittswerte innerhalb dieser Abschnitte (4 bis 13, bzw. 4 bis 8 bei der Unterteilung nach Variante II) angegeben.

Zwischen den beiden Hälften der Käsescheiben treten keine bedeutenden Unterschiede auf (siehe Abb. 2 und 3). Wohl sind die Werte der symmetrisch zur Schnittebene gelegenen Einzelstücke in einigen Fällen

Tabelle 2: Durchschnittswerte der Abschnitte 4—13, bzw. 4—8 (Unterteilung Variante II)**Tabelle 2a:** Deformation beim Stauchbruch (%)

Zone	1023	1024	1025	1266	1268
A	60,8	54,9	53,5	54,8	50,9
B	69,2	65,6	62,0	64,4	58,3
C	73,2	71,0	66,5	67,6	60,3
D	70,9	68,2	64,8	64,2	57,4
E	61,8	58,7	57,1	52,2	48,2
$\bar{x}$	67,2	63,7	60,8	60,6	55,0

Tabelle 2b: Kraft beim Stauchbruch (kp)

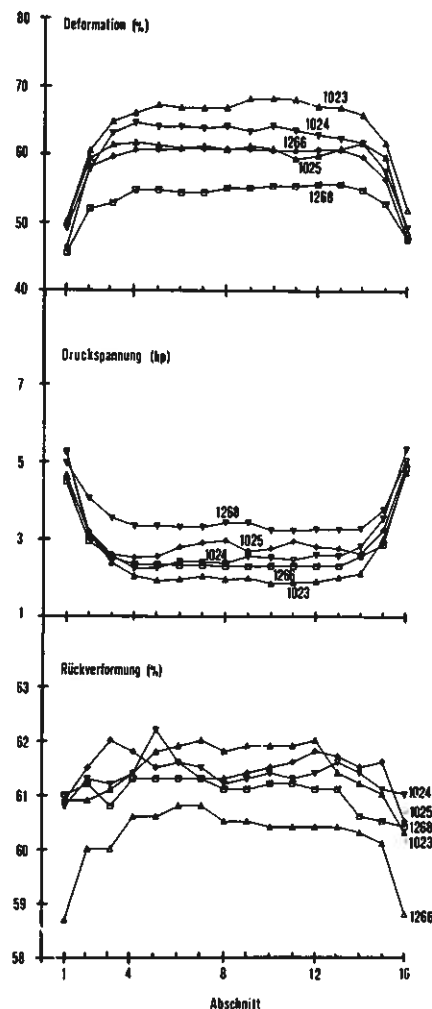
Zone	1023	1024	1025	1266	1268
A	7,73	7,82	8,45	5,95	7,57
B	8,04	8,32	7,55	5,79	6,49
C	8,26	8,09	6,96	5,75	6,11
D	7,94	7,78	6,82	5,97	5,87
E	6,85	6,68	6,89	5,91	6,59
$\bar{x}$	7,76	7,74	7,33	5,87	6,53

Tabelle 2c: Druckspannung (kp)

Zone	1023	1024	1025	1266	1268
A	2,82	3,72	4,41	2,97	4,23
B	1,73	2,25	2,58	1,85	2,81
C	1,33	1,61	1,84	1,54	2,35
D	1,51	1,81	1,92	1,88	2,66
E	2,41	2,82	3,10	3,32	4,42
$\bar{x}$	1,96	2,44	2,77	2,31	3,31

Tabelle 2d: Rückverformungskraft (%)

Zone	1023	1024	1025	1266	1268
A	61,4	61,1	61,6	60,5	61,2
B	61,9	62,1	61,9	60,4	61,6
C	62,5	62,1	61,9	60,8	61,7
D	62,3	61,8	61,8	60,4	61,0
E	60,9	60,5	60,6	60,4	60,6
$\bar{x}$	61,8	61,5	61,6	60,5	61,2

**Abb. 4:** Durchschnittswerte der 5 Käse

stärker verschieden, doch kann anhand der Mittelwerte $\bar{x}$ der Abschnitte (siehe Abb. 4) gesagt werden, dass sich die beiden Teile ähnlich sind. Aus diesem Grund könnte man sich bei der Bestimmung zentraler Teigunterschiede bei normalen Käsen auf das Messen einer Scheibenhälfte beschränken.

Unterschiede sind hingegen zwischen den beiden Flachseiten vorhanden. Während bei Käse Nr. 1023 der Teig auf der Strebelseite nur unwesentlich kürzer und fester war als auf der Kesselseite, fielen die selben Unterschiede bei den Käsen Nr. 1024 und 1025 doch beträchtlich aus (siehe Abb. 2 und 3). Ähnliche Unterschiede wurden auch schon von KOESTLER [1] und von FLUECKIGER und SIEGENTHALER [2] beschrieben. Bei den Käsen Nr. 1266 und 1268 dagegen wies die Strebelseite die feinere (weichere) Struktur und längere Konsistenz auf, doch waren die Unterschiede hier geringer. Die Rückverformungskraft war bei allen untersuchten Käsen auf der Strebelseite grösser als auf der Kesselseite. Die

Teigunterschiede zwischen Strebel- und Kesselseite sind nach FLUECKIGER und SIEGENTHALER [2] durch unterschiedliche Anteile von feinen (trockenen) Bruchkörnern, durch Unterschiede im Sirtenabfluss bzw. in der Temperatur zu erklären.

Vergleiche in Abb. 4 oder Tabelle 1 lassen deutliche Unterschiede der Teigbeschaffenheit zwischen den fünf Käsen erkennen. Der Teig von Käse Nr. 1023 wies zum Beispiel eine lange Konsistenz und eine feine Struktur auf, im Gegensatz zu Käse Nr. 1268, dessen Teig kurz und fest war. Aber auch zwischen den beiden «idealen» Käsen Nr. 1023 und 1266 bestanden unerwartet grosse Unterschiede. Der «Gläser» Nr. 1268 wies den kürzesten und festesten Teig auf, während Käse Nr. 1025 — ebenfalls mit Gläsbildung — wohl der zweitfesteste Käse war, aber annähernd die gleiche Konsistenz wie der «ideale» Käse Nr. 1266 aufwies. Bei den Käsen mit Gläsbildung (Nr. 1025 und 1268) waren die grössten Unregelmässigkeiten im Teig vorhanden (siehe Abb. 2 und 3; vor allem Zone A und E). In der Rückverformungskraft unterschieden sich die fünf Käse nur wenig. Einzig Käse Nr. 1266 wies eine deutlich kleinere Elastizität als die vier übrigen Käse auf (siehe Abb. 4).

Die Wassergehalte der 5 Käse waren praktisch gleich. Die Teigunterschiede sind deshalb wahrscheinlich in erster Linie durch Differenzen in der proteolytischen Aktivität der zur Her-

Tabelle 3: Regressions- und Korrelationskoeffizienten zwischen Druckspannung und Eindringtiefe der Penetrometernadel

Käse Nr.	Regressionskoeffizient b	Korrelationskoeffizient r	Anzahl Wertepaare
1023	—11,32	—0,894	80
1024	—11,04	—0,900	80
1025	—12,21	—0,922	80
Total	—11,46	—0,906	240

Die Vergleiche der subjektiven Beurteilung der Konsistenz mit der Deformation beim Stauchbruch einerseits, sowie der Struktur mit der Druckspannung andererseits, sind aus Abbildung 5 ersichtlich.

Für die Konsistenz wurde eine Korrelation von 0,908 und für die Struktur eine solche von 0,948 zwischen subjektiver und objektiver Methode errechnet (je 10 Beurteilungen). Diese Übereinstimmung ist im Gegensatz zu Aussagen von BARON [8] als gut zu bezeichnen. Mit Hilfe der errechneten Regressionsgleichungen wurde bestimmt, welche Deformation beim Stauchbruch und welche Druckspannung der Note 4 (normal) ent-

stehung der Käse verwendeten Kulturen bedingt.

Vergleiche mit anderen Methoden

Die Übereinstimmung zwischen der Eindringtiefe der Penetrometernadel und der Druckspannung, letztere mit dem Instron-Universalgerät gemessen, war recht gut. Es wurden folgende Regressions- und Korrelationskoeffizienten berechnet (Tabelle 3). Wenn bei einem Käse eine um 1 kp grössere Druckspannung gemessen wurde, so entsprach dies einem um 11,46 Zehntelmillimeter weniger tiefen Eindringen der Penetrometernadel.

Um einen Vergleich der subjektiven mit der objektiven Teigbeurteilung zu ermöglichen, wurden die je 7 Bewertungsmöglichkeiten, die den Experten für die Taxation von Konsistenz und Struktur offenstehen, benotet und eine Durchschnittsnote der 6 bzw. 7 Experten berechnet. Bei der Konsistenz wurde «sehr lang» mit Note 7 bewertet, lang mit 6, leicht lang mit 5, normal mit 4, leicht kurz mit 3, kurz mit 2 und sehr kurz mit 1. Bei der Beurteilung der Struktur: sehr fest mit Note 7, normal mit 4 und sehr fein mit 1, sowie die entsprechenden Zwischenstufen. Der Teig jedes Käses wurde 2 cm unter der Rinde, sowie im Zentrum beurteilt. Den Taxationen unter der Rinde wurden die Durchschnittswerte (Tabelle 2) aus der Zone A und der Beurteilung im Zentrum die entsprechenden Werte aus der Zone C gegenübergestellt.

sprechen. Folglich beurteilen die Experten die Konsistenz eines Käses, der bei 62,4% Deformation bricht und die Struktur eines Käses, dessen Druckspannung 1,80 kp beträgt, als normal. Die interessanten Zusammenhänge zwischen subjektiver und objektiver Beurteilung werden zur Zeit mit einem grösseren Material überprüft.

5. Zusammenfassung

Mit einem Instron-Universalgerät wurden fünf Scheiben von mit verschiedenen Kulturen hergestellten Emmentalerkäsen auf zonale Teigunterschiede untersucht.

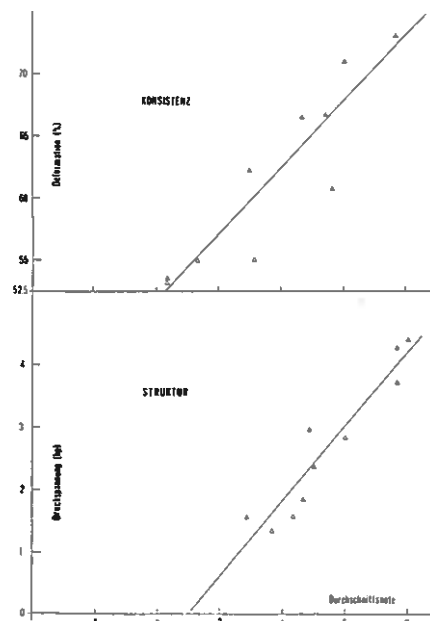


Abb. 5: Zusammenhang zwischen subjektiver Beurteilung (Durchschnittsnote) und Instron-Messmethoden bei der Bestimmung von Struktur und Konsistenz

Es ergaben sich deutliche Unterschiede zwischen den Randzonen und der Kernzone. Die Struktur war im Käseinnern feiner (weicher) als in Rindennähe. Die Konsistenz im Zentrum war «länger» und die Elastizität grösser als unter dem Narben.

Repräsentative Proben für rheologische Messungen sollten, um vergleichbare Resultate zu erhalten, mindestens 15 cm von den Järbseiten entfernt und zwar aus dem Zentrum entnommen werden.

Die Ergebnisse der Strukturmessungen mit dem Instron-Gerät stimmten gut mit den Penetrometerwerten überein. Die Übereinstimmung der subjektiven Teigbeurteilung mit den Instron-Messungen war überraschend gut. Weitere Untersuchungen hierüber bilden Gegenstand eines noch folgenden Berichtes.

Literatur

- 1 KOESTLER, G., Landw. Jahrbuch der Schweiz, 50, 979 (1936)
- 2 FLUECKIGER, E. und SIEGENTHALER, E., Schweiz. Milchzeitung, 89, Wissenschaftl. Beilage, 19, 707 (1963)
- 3 EBERHARD, P. und FLUECKIGER, E., Schweiz. Milchzeitung, 104, 24 (1978)
- 4 STEFFEN, CH., NICK, B. und BLANC, B., Schweiz. Milchw. Forsch., 4, 16 (1975)
- 5 FLUECKIGER, E. und WALSER, F., Schweiz. Milchzeitung, 102, 571 (1976)
- 6 KURMANN, J., GEHRIGER, G., FLUECKIGER, E., STEFFEN, CH. und KAUFMANN, H., Schweiz. Milchzeitung, 102, 57 (1976)
- 7 STEFFEN, CH., Schweiz. Milchzeitung, 101, 569; 584; 606; 612 (1975)
- 8 BARON, M., The mechanical properties of cheese and butter, Dairy Ind. Ltd., London (1952)