

Ein Beitrag zur Bestimmung des Reifegrades grüner Erbsen mit Hilfe des Texturemeters

II. Der Einfluß verschiedener Faktoren auf die Meßergebnisse

Von J. Gutschmidt

Mitteilung aus der Bundesforschungsanstalt für Lebensmittelfrischhaltung, Karlsruhe

a) Aufgabenstellung

Da von der deutschen Konservenindustrie das Texturemeter der Firma W. M. F. Christel, Valderr, Wisconsin/USA (Abb. 1) in diesem Jahr erstmalig in größerem Umfange verwendet wurde, untersuchten wir an einem dieser Geräte seine Wirkungsweise und überprüften durch vergleichende Messungen, ob bei der Reifegradbestimmung

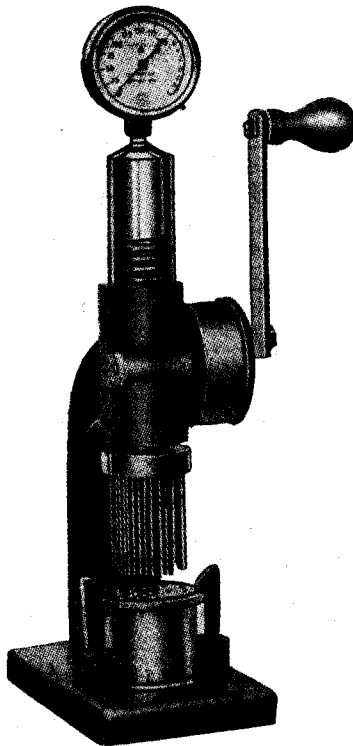


Abb. 1. Texturemeter der Firma W. M. F. Christel, Valderr/Wisc., USA.

von Erbsen mit seiner Hilfe besondere Gesichtspunkte zu beachten sind. Ein Teil der hierbei behandelten Fragen wurde durch amerikanische Versuchsergebnisse angeregt. Lee (3) schlug z. B. vor, die Meßgenauigkeit der von ihm geprüften Bauart des Texturemeters durch Anbau eines Motors zur Erzielung einer gleichmäßigen Schergeschwindigkeit zu steigern. Durch diesen Vorschlag angeregt, entstand die Frage nach dem Einfluß der Drehgeschwindigkeit, d. h. der Geschwindigkeit des Eindringens der Scherstempel in die Masse der Erbsenkörner, auf die Meßgenauigkeit bei dem jetzt in Deutschland verwendeten Texturemeter. Weiterhin interessierte die Frage, ob die von Campbell (1) beim Messen mit dem Tenderometer festgestellte Temperaturabhängigkeit der Ergebnisse (0,45 Skalenteile/1 °C) auch beim Texturemeter zu erwarten ist und ob daher u. U. bei seiner Verwendung eine einheitliche Erbsentemperatur eingehalten werden muß. Der Einfluß des Füllungsgrades des Meßbechers und seiner Verschmutzung auf das Ergebnis der Messung wurde ebenfalls verfolgt. Der Meßbecher ist in Abb. 2 dargestellt.

b) Durchführung der Untersuchungen und Versuchsergebnisse

Für die einzelnen Untersuchungen wurden — wenn nicht anders angegeben — nach Herkunft und Ernte einheitliche Erbsenkörner der Sorte „Salzmündener Grüne“, Sortierung „Junge Erbsen“, verwendet. Die Erbsen wurden im Industriebetrieb gelöchert und nach der Größe sortiert¹⁾. Eine Stunde später wurde in der Bundesforschungsanstalt für Lebensmittelfrischhaltung, Karlsruhe, mit den Messungen, analytischen Bestimmungen und der Weiterverarbeitung der für das Sterilisieren und Gefrieren vorgesehenen Proben begonnen. Für die Konsistenzmessungen, die an rohen Erbsen vorgenommen wurden, stand ein fabrikanes Texturemeter der Firma

Christel zur Verfügung¹⁾. Die Meßwerte (Texturemeterwerte) sind in Skalenteilen (Skt.) angegeben; 1 Skt. entspricht, wie eine von uns durchgeführte Eichung ergab, einer auf die Erbsen durch die Scherstempel ausgeübten Kraft von 0,5 kg. Das Verhältnis der Stempelkräfte zur Skaleneinteilung ist also etwa das gleiche wie beim Tenderometer (2).

Um den Einfluß der Drehgeschwindigkeit der Handkurbel, d. h. der Geschwindigkeit des Eindringens der Stempel in die Erbsen zu bestimmen, wurde außer mit der als normal angesehenen Drehzahl, bei der der eigentliche Meßvorgang in 10 Sek. durchlaufen wurde, noch mit einer wesentlich kleineren und höheren Drehgeschwindigkeit gearbeitet. Die Erbsen hatten bei allen Messungen stets die gleiche Temperatur von 23 °C (Raumtemperatur); der Meßbecher wurde immer randvoll gefüllt. Gemessen wurden folgende Werte:

Messvorgang	schnell	normal	langsam
Meßzeit in Sek.	3	10	25
Texturemeterwert in Skt.	147	146	152
Standardabweichung in Skt. ²⁾	6,8	3,4	10,1
Anzahl der Messungen	5	5	6

Es ergibt sich nach der Streuungsanalyse gerechnet kein statistisch gesicherter Unterschied³⁾ zwischen den Ergebnissen bei diesen extrem gewählten Meßgeschwindigkeiten. Da vorgeschrieben ist, die Kurbel langsam und gleichmäßig zu drehen, dürfte die Meßzeit im praktischen Betrieb zwischen 5 und 15 Sek. liegen, so daß keine Beeinflussung der Meßergebnisse durch die Drehgeschwindigkeit befürchtet zu werden braucht. Auch die Standardabweichung der Meßergebnisse ist bei den mittleren Geschwindigkeiten am geringsten.

Ein charakteristischer Kraftverlauf während der Messung zeigte sich schon bei den ersten Reifegradbestimmungen, so daß der Ausschlag der Kraftmeßuhr in Abhängigkeit vom Meßweg aufgenommen wurde. In Abb. 3 ist der Kraftverlauf über der Becherhöhe aufgetragen; jeder der eingetragenen Punkte stellt einen Mittelwert aus je acht Messungen dar. Wie aus der Kurve ersehen werden kann, steigt die Kraft linear an, bis das Maximum erreicht ist. Dieses wird angezeigt, wenn die Spitzen der Scherstempel etwa 5 mm von der Bodenplatte des Meßbechers entfernt sind. Wenn die Stempel in die Löcher der Bodenplatte eindringen, der eigentliche Scher-

¹⁾ Das Texturemeter und die Erbsen wurden freundlicherweise von der Firma Bassermann u. Cie., Schwetzingen, zur Verfügung gestellt. Herrn Betriebsleiter Kahlenberg sei auch an dieser Stelle für seine bei der Durchführung dieser Versuche geleistete Hilfe bestens gedankt.

²⁾ Die Standardabweichung oder mittlere quadratische Abweichung σ ist ein Maß für die Streuung der Meßergebnisse, und zwar ist sie die Quadratwurzel aus dem Durchschnitt der quadrierten Abweichungen der einzelnen Meßwerte von ihrem Mittelwert

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X - M)^2}{N - 1}}$$

X = Meßwert, Σ = Summenzeichen
M = Mittelwert, N = Anzahl aller Meßwerte

³⁾ Der Unterschied gilt hier als statistisch gesichert, wenn die Wahrscheinlichkeit einer Zufallsabweichung unter 1%, und als statistisch nicht gesichert, wenn die Wahrscheinlichkeit einer Zufallsabweichung über 5% liegt.

vorgang also beendet ist, fällt die Kraft nicht wie angenommen werden könnte jäh ab, sondern sie zeigt vom Maximum ausgehend einen hyperbelähnlichen Verlauf bis auf einen Endwert von 40—45 % des Höchstwertes. Dieser Endwert bleibt, wie deutlich aus der Abb. 3 hervorgeht,

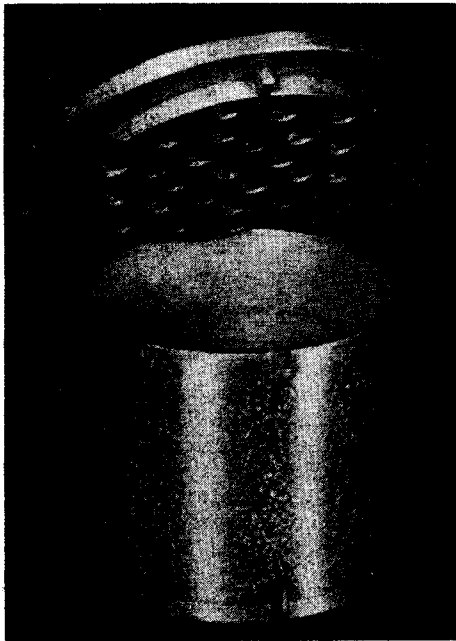


Abb. 2: Meßbecher des Texturemeters der Firma WM. F. Christel

bestehen, auch wenn sich die Spitzen der Scherstempel unter dem Becherboden befinden. Die auftretenden Kräfte können also nur auf einer Reibung der Stempel an den Erbsen beruhen.

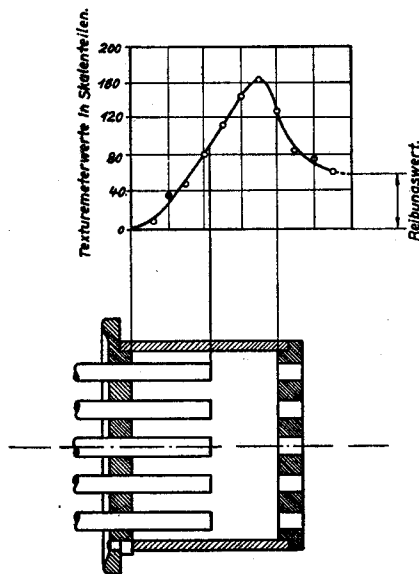


Abb. 3: Charakteristischer Kraftverlauf bei der Messung mit dem Texturemeter

Um zu sehen, welchen Anteil des Texturemeterwertes die Reibungs- und Scherkräfte bei verschiedenen festen Erbsen ausmachen, wurden die einzelnen Sortierungen der Erbsensorte „Salzmündener Grüne“ nacheinander durchgemessen. Die gewonnenen Werte sind in Abb. 4 aufgetragen. Wie beim Vergleich der einzelnen Kolonnen miteinander festgestellt werden kann, geht der Texturemeterwert mit abnehmender Erbsengröße zurück. Wenn man den Verlauf der Reibungs- und Scherkräfte für sich betrachtet, erkennt man, daß beide abnehmen; hierbei gehen die Reibungskräfte jedoch stärker zurück als die Scher-

kräfte. Bei den großen Sortierungen Gemüseerbsen und junge Erbsen beträgt der Anteil der Reibungskräfte am Texturemeterwert wie bei den unsortierten Erbsen 40—45 %; er fällt dann bei den feinen Sortierungen auf 25—35 % ab. Dieses unterschiedliche Verhalten dürfte nur durch die größere Zartheit der Erbsen feinerer Sortierung, d. h. durch ihren kleineren Reibungswert, bedingt sein.

Für den praktischen Gebrauch des Texturemeters kommt es wesentlich darauf an, daß die mit ihm gemessenen Werte dem subjektiv empfundenen entsprechen. Über die Korrelation der Texturemeterwerte mit den Ergebnissen anderer Konsistenzbestimmungen wird in Teil III dieser Arbeit berichtet werden. Die Kontrolle des Kraftverlaufs und die Zerlegung der Gesamtkraft ist jedoch — wie wir gleich sehen werden — sinnvoll, wenn untersucht wird, ob irgendwelche Größen das Meßergebnis beeinflussen.

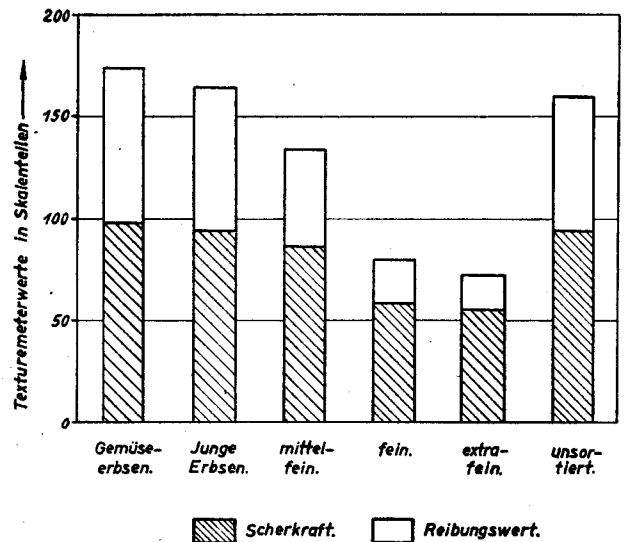


Abb. 4: Anteil des Scherkraft- und Reibungswertes am Texturemeterwert bei Erbsen verschiedener Sortierung

Zur Bestimmung des Einflusses der Erbsentemperatur auf das Meßergebnis wurde der Meßbecher und die Erbsen im Wärme- bzw. Kühlschrank auf die jeweils gewünschte Temperatur gebracht. Die Versuche wurden wiederum mit Erbsen der Sorte „Salzmündener Grüne“, diesmal aber in der Sortierung „mittelfein“ vorgenommen. Die Meßbecher wurden bei allen Messungen randvoll gefüllt. Bei den gewählten vier Temperaturen wurden folgende Werte gemessen:

Temperatur	°C	35	23	16	10
Texturemeterwert	Skt.	133	139	141	150
Reibungswert	Skt.	51	57	48	52
Standardabweichung	Skt.	6,5	5,6	8,8	4,2
Scherkraftwert	Skt.	82	81	92	97
Standardabweichung		5,0	5,2	8,8	2,8
Anzahl der Messungen		5	5	6	6

Während sich die Reibungswerte von der Veränderung der Temperatur als unabhängig erweisen, ist ein gesicherter Einfluß der Temperatur der Erbsen auf die Scherkraftwerte festzustellen. Die hierdurch sich ergebenden Unterschiede im Meßergebnis liegen jedoch innerhalb der Streuungsgrenzen, wenn die Erbsen im Sommer bei einer zwischen 20 und 35 °C schwankenden Feld- oder Betriebstemperatur gemessen werden. Man mißt jedoch etwas zu hohe, also zu ungünstige Werte an gekühlten Erbsen, daher ist z. B. ein Messen von Erbsen nach einem Kühltransport bzw. nach einer Kühlung zu vermeiden.

Der Einfluß des Füllungsgrades wurde durch Messen mit drei verschiedenen Füllmengen bestimmt. Für die Messung wurden Erbsen der gleichen Partie und Sortierung genommen wie bei der Untersuchung der Tempe-

raturabhängigkeit der Meßwerte. Bei der Normalfüllung wurde der Meßbecher locker randvoll gefüllt, so daß der Deckel mit einem ganz leichten Druck aufgesetzt werden mußte. Bei der starken Füllung wurde dagegen der mit Erbsen gefüllte Becher wiederholt auf den Tisch geklopft, um eine kompaktere Füllung zu erhalten; mit einem ziemlich festen Deckeldruck mußten dann noch überstehende Erbsen in den Becher gedrückt werden. Bei der schwachen Füllung war der Becher locker bis an den aufgesetzten Deckel gefüllt und bei der sehr schwachen Füllung war zwischen Erbsendeckschicht und Deckel ein freier Kopfraum von etwa 5 mm Höhe. In dieser Versuchsreihe wurden folgende Ergebnisse erzielt:

Füllungsgrad		stark	normal	schwach	sehr schwach
Füllmenge *)	g	60	55	50	46
Schüttgewicht der Erbsen	g/cm ³	0,64	0,59	0,54	0,54
Texturemeterwert	Skt.	151	138	132	119
Reibungswert	Skt.	67	52	50	35
Standardabweichung	Skt.	4,9	2,7	2,7	2,4
Scherkraftwerte	Skt.	84	86	82	84
Standardabweichung	Skt.	2,5	5,3	6,1	3,0
Anzahl der Messungen		5	5	6	6

*) Die Erbsenmenge wurde mit ± 2 g Genauigkeit eingewogen. Der Inhalt des Meßbechers beträgt 94 cm³.

Es zeigte sich, daß nur der Reibungswert vom Füllungsgrad abhängig ist, daß aber in den normalen Grenzen — locker randvoll ohne besondere Vorsicht gefüllt — ein Einfluß des Füllungsgrades auf das Meßergebnis nicht festzustellen war.

Der Einfluß der Verschmutzung auf das Meßergebnis wurde durch Messungen mit sauberem und stark verschmutztem Meßbecher und Stempel geprüft. Es wurden im sauberen und verschmutzten Zustand praktisch die gleichen Werte gemessen; eine Abhängigkeit der

Meßwerte vom Verschmutzungsgrad besteht demnach nicht. Die Streuungen waren jedoch beim verschmutzten Meßgerät wesentlich größer, so daß — schon um größere Schwankungen im Meßergebnis zu vermeiden — auf eine Sauberkeit des Gerätes geachtet werden muß.

c) Zusammenfassung

Bei der Bestimmung des Reifegrades von Erbsen mit dem Texturemeter der Firma WM. F. Christel, Valders/Wisc., USA, wurde der Einfluß der Drehgeschwindigkeit, der Meßtemperatur, des Füllungsgrades und der Verschmutzung auf das Meßergebnis untersucht. Der Kraftverlauf während der Messung wurde aufgenommen und der Anteil der Scherkraft und der Reibung an der Gesamtkraft bestimmt. Während eine Veränderung der Drehgeschwindigkeit in den praktisch verwendeten Grenzen keinen Einfluß auf das Meßergebnis zeigt, wurde eine Beeinflussung der Scherkraft durch die Temperatur und des Reibungswertes durch den Füllungsgrad festgestellt. Auch dieser Einfluß war jedoch bei den im praktischen Betrieb anzutreffenden Temperaturen bzw. verwendeten Füllungen zu vernachlässigen. Größere Fehler können entstehen, wenn gekühlte Erbsen für die Bestimmungen verwendet werden oder wenn der Meßbecher zu stramm gepackt wird. Ein sauberes Arbeiten ist nötig, da die Streuung beim Messen mit verschmutztem Gerät größer ist.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß ohne allzu große Vorsicht in der Handhabung mit dem Texturemeter gut reproduzierbare, also in Bezug auf die Meßgenauigkeit verlässliche Festigkeitswerte gewonnen werden können.

Literaturverzeichnis:

- (1) Campbell, H.: *Western Canner and Packer* 34 (1942), H. 2, S. 39.
- (2) Gutschmidt, J.: *Ind. Obst- u. Gemüseverwert.* 38 (1953), S. 389.
- (3) Lee, F. A.: *N. Y. St. Agric. Exp. Sta., Techn. Bull. No. 256*, März 1941.