

# Möglichkeiten zur Messung der Beschädigungsempfindlichkeit von Kartoffelknollen und anderen Früchten

Institut für Landmaschinenforschung, Braunschweig-Völkenrode

Alle landwirtschaftlichen Produkte, die vor dem Verbrauch nicht weiter veredelt werden, können bei der Ernte, Sortierung und Einlagerung oder beim Versand Verletzungen erleiden, die zu Verlusten führen oder den Verkaufswert erheblich mindern. Dies gilt vor allem für Obst, Feingemüse und Speisekartoffeln. Das Ausmaß der Beschädigungen kann durch Steigerung der Widerstandsfähigkeit des Erntegutes und durch sorgfältige Behandlung bei der Gewinnung und Weiterbehandlung eingeschränkt werden. Dem Züchter beziehungsweise Landwirt fällt hierbei die Aufgabe zu, durch pflanzenzüchterische und anbautechnische Maßnahmen die Widerstandsfähigkeit gegenüber Beschädigungen zu erhöhen, während der Konstrukteur versuchen muß, durch geeignete technische Maßnahmen die Beschädigungsmöglichkeiten in den Maschinen auf ein Minimum zu beschränken. Voraussetzung für die Abschätzung der noch zulässigen mechanischen Beanspruchungen ist die Kenntnis der Beschädigungsempfindlichkeit des Erntegutes. Deshalb wurden Meßverfahren entwickelt, mit deren Hilfe die Empfindlichkeit verschiedener Früchte ermittelt werden kann.

## Methoden zur Ermittlung der Widerstandsfähigkeit verschiedener Früchte gegen Beschädigungen

Die Anwendung von Meßmethoden zur Beurteilung landwirtschaftlicher Erzeugnisse hat in den letzten Jahren zunehmende Bedeutung erlangt. Die Entwicklung dafür geeigneter Meß- und Prüfverfahren bereitet aber oft Schwierigkeiten, da die Qualität dieser Produkte vielfach von Faktoren wie Geschmack, Geruch, Konsistenz oder Farbe bestimmt wird, die mit technischen Mitteln kaum zu klassifizieren sind. Auch die Ermittlung der physikalischen Eigenschaften ist oft mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden, da es sich um organische Stoffe handelt, die in den meisten Fällen einen inhomogenen Aufbau besitzen und andauernden chemischen sowie physikalischen Veränderungen unterworfen sind. Die damit verbundene Gefahr größerer Versuchsfehler muß durch möglichst genaue Meßgeräte, eine sorgfältige Versuchsdurchführung und -auswertung und eine entsprechend große Anzahl von Wiederholungen ausgeglichen werden.

Fast alle bisher zur Festigkeitsmessung von Kartoffeln oder Obst verwendeten Verfahren lassen sich auf bereits in der Industrie erprobte Grundprinzipien zurückführen. Aus wirtschaftlichen oder versuchstechnischen Gründen sind allerdings sehr oft Vereinfachungen nötig, die sich auf die Genauigkeit der Geräte negativ auswirken müssen.

Zur Festigkeitsbestimmung von Obst und Gemüse sind bisher Geräte mit statisch wie auch dynamisch wirkender Last verwendet worden. Während bei dynamischen Methoden die kinetische Energie einer bewegten Masse die Grundlage des Verfahrens bildet, dient bei statischen Verfahren die Reaktion des Prüfstückes gegenüber einer ruhenden Last als Meßwert.

Die ersten bekannten Untersuchungen nach dem dynamischen Verfahren gehen auf WERNER [1] zurück, der Kartoffeln aus verschiedenen Höhen auf unterschiedliche Unterlagen oder ein Gewicht auf eine ruhende Knolle fallen ließ. Als Meßwert diente die Gesamtlänge aller an der Knolle aufgetretenen Risse. Dieses Verfahren erfordert eine sehr genaue Versuchsdurchführung bei einer großen Anzahl von Wiederholungen und läßt alle anderen Verletzungsarten — vor allem Fleischwunden — unberücksichtigt. Diesen Nachteil versuchte VOLBRACHT [2] bei dem gleichen Verfahren dadurch zu umgehen, daß er Fleischwunden unterschiedlicher Tiefe, Risse und Druckstellen als Beurteilungsgrundlage für die Beschädigungsempfindlichkeit heranzog. Beide Methoden haben aber den grundsätzlichen Nachteil, daß die erzeugten Beschädigungen nicht meßbar gemacht werden und die Ergebnisse nur durch Beobachtungen zu erzielen sind. Infolge subjektiver Beurteilungsunterschiede ist die Zahl der Fehlerquellen relativ groß.

Unter Beibehaltung des dynamischen Grundprinzips gelang es WIRTZ [3], die subjektive Auswertung von Beschädigungsproben durch einen mechanisch gewonnenen Meßwert zu ersetzen. Der von ihm entwickelte „Impact-Tester“ ist in Bild 1 dargestellt. Zwischen zwei senkrechten Tragrohren ist ein pneumatischer

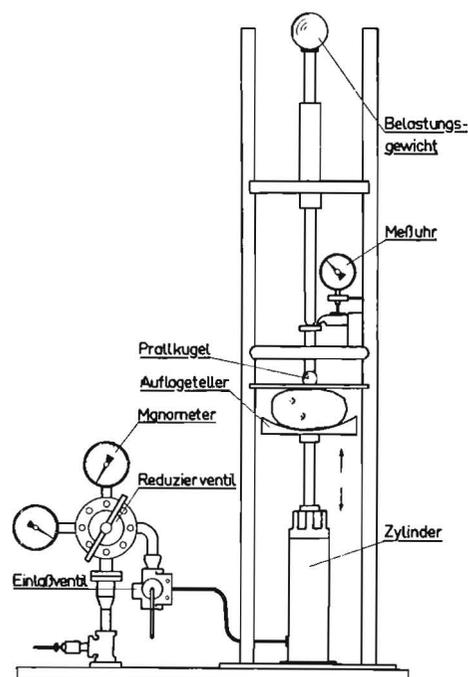


Bild 1: Impact-Tester nach Wirtz [3]

Hubzylinder angeordnet. Am oberen Ende des Kolbens ist ein plankonvexer Auflageteller für die Kartoffelknolle angebracht. Zur Messung wird Preßluft aus einer Vorratsflasche über das Reduzierventil in den Hubzylinder gedrückt. Der Kolben stößt die Knolle gegen eine kleine Kugel, die an einer vertikal verschiebbaren Belastungsstange befestigt ist. Die Verschiebung, welche die Kugel beim Zusammenstoßen mit der Knolle erfährt, wird über einen Hebel auf eine Meßuhr übertragen und dient als Meßwert für die Beschädigungsempfindlichkeit. Harte, festfleischige Knollen setzen dem Eindringen der Kugel einen größeren Widerstand entgegen und geben eine höhere Energie an die Kugel ab als weichere Knollen mit einem geringen Turgordruck<sup>1)</sup> oder lockerem Zellverband. Ob die gewonnenen Ergebnisse den praktischen Verhältnissen, zum Beispiel in einer Erntemaschine, entsprechen, ist nicht erprobt worden. Die Meßwerte wiesen eine Streuung von  $s = 26,3\%$  auf. Die für eine Sicherung der Unterschiede notwendige Zahl von Einzeluntersuchungen ist dementsprechend sehr hoch.

Festigkeitsuntersuchungen an organischem Material mit statischen Meßmethoden sind, abgesehen von Holzprüfungen, erst vor wenigen Jahren begonnen worden. Dem Nachteil des in der Regel höheren technischen Aufwandes, der die Entwicklung und Verwendung solcher Geräte bisher hemmte, stehen viele Vorteile gegenüber. Ihre Vorzüge liegen vor allem in der besseren Justierung und Prüffähigkeit, den geringeren Fehlerquellen und der besseren Ablesemöglichkeit von Ergebnissen.

Untersuchungen an Kartoffeln mit statischen Meßverfahren wurden ebenfalls von Wirtz [3] durchgeführt. Grundlage und Vorbild für die Entwicklung des Gerätes war der Festigkeitsprüfer für verschiedene Obstarten von ROSS [4]. Sein Aufbau ist aus Bild 2 zu ersehen. Bei der Untersuchung drückt komprimiertes Gas aus einer Hochdruckflasche über ein Reduzierventil und einen Druckkessel einen Kolben beziehungsweise Druckstift gegen die mit der Hand auf dem Prüftisch festgehaltene Kartoffel. Als Maß für die Beschädigungsempfindlichkeit dient der Maximaldruck, der nötig ist, um den Stift bis zum Anschlag in die Knolle einzupressen. Das Gerät stellt gegenüber dem Impact-Tester einen wesentlichen Fortschritt dar. Die noch nicht befriedigende Genauigkeit dieses „Pressure-Testers“ liegt hauptsächlich in der ungenügenden Ablesemöglichkeit der Ergebnisse

<sup>1)</sup> Turgordruck = auf osmotischem Weg entstehender Zelldruck, der die Straffheit des Gewebes bewirkt

begründet. Außerdem scheint eine senkrechte Auflage der Knolle gegenüber dem Prüfstift schwierig zu sein, worauf ein Teil der Fehlerstreuung zurückgeführt werden kann. Pneumatische Geräte einfacher Bauart haben auch häufig den Nachteil, daß ihre Dichtigkeit nach kurzem Gebrauch nachläßt.

Zur Prüfung der Festigkeit verschiedener Obst- und Gemüsearten sind bevorzugt Federgeräte in Gebrauch [5]. Sie haben im allgemeinen den Vorteil klein und handlich zu sein, erlauben aber nur eine mehr oder weniger grobe Einteilung in verschiedene Festigkeitsklassen. Außerdem werden die Ergebnisse relativ stark von der Bedienungsperson beeinflusst. Praktische Anwendung bei der Obstbehandlung in den USA findet vor allem das Handprüfgerät (Bild 3) von MAGNESS und TAYLOR [6]. Es wird von Hand gegen das Prüfstück gedrückt, wobei die Maximalspannung einer Feder beim Eindringen des Prüfkopfes in die zu untersuchende Frucht gemessen wird. Durch Auswechseln der Federn ist ein Angleichen an die verschiedenen Obstarten möglich. Mehr als eine Festigkeitsklassifikation, die in vielen Fällen für die Auswahl zweckmäßiger Behandlungs- und Transportmethoden ausreicht, ist mit dem Gerät kaum erreichbar.

Den für die Konservherstellung optimalen Reifegrad von Erbsen versucht man gleichfalls mit einem Federdruckprüfer zu ermitteln. Ein in den USA entstandenes Gerät ist in Bild 4 in einer weiterentwickelten Form dargestellt [7]. Ein mit Erbsen gefüllter Metallbecher, der mit einem für die Prüfstifte durchlöchernten Deckel fest verschlossen ist, wird mit einer Handkurbel gegen das

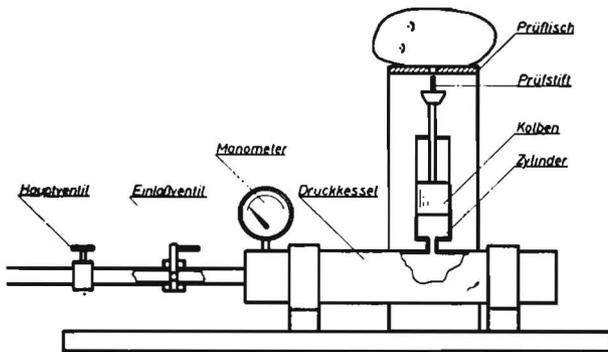


Bild 2: Pressure-Tester nach Witz [3]

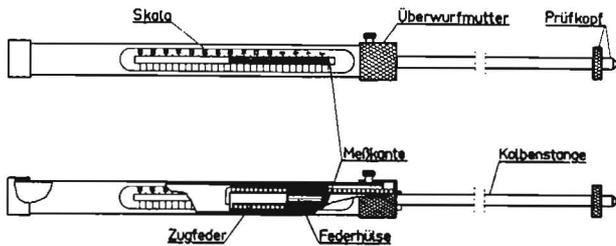


Bild 3: Druckprüfer zur Reifebestimmung verschiedener Obstsorten nach Magness und Taylor [6]

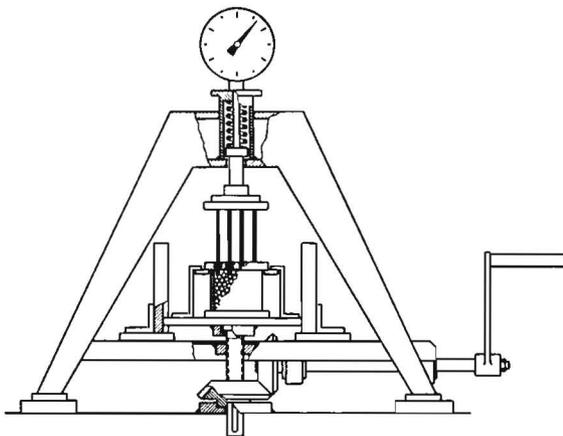


Bild 4: Meßgerät zur Ermittlung der Gewebefestigkeit von Erbsen nach Schneider [7]

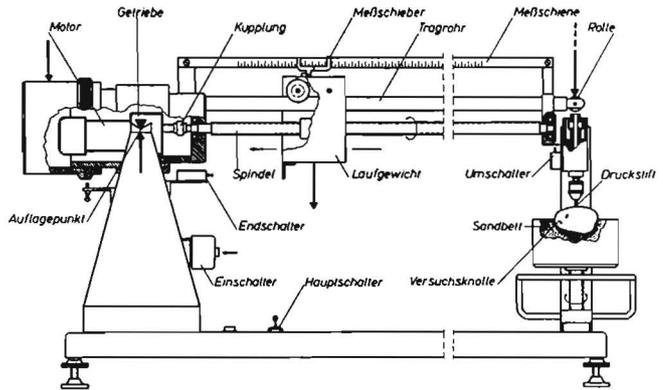


Bild 5: Meßgerät zur Bestimmung der Empfindlichkeit von Kartoffelknollen gegen Beschädigungen nach Lampe [8]

Meßwerk gedrückt. Die aufgewendete Höchstkraft bis zum völligen Eindringen der Stempel in den Erbsenbehälter wird an der Meßuhr abgelesen und als charakteristischer Wert für die Festigkeit verwendet. Nachteilig ist bei dieser Methode vor allem der Handantrieb, der einen konstanten Vorschub nicht gewährleistet. Außerdem werden durch die unterschiedliche Zahl und Größe der Erbsen und das damit wechselnde Hohlraumvolumen im Meßbecher keine vergleichbaren Ergebnisse erzielt.

Wie sich als Folgerung aus den beschriebenen Untersuchungsverfahren ableiten läßt, sind an eine Meßmethode zur Ermittlung der Festigkeit landwirtschaftlicher Produkte besondere Anforderungen zu stellen. Das Gerät muß bei einfacher Bauart, Bedienung und Wartung eine hohe Genauigkeit aufweisen und ablesbare Werte liefern. Alle Einflüsse der Bedienungsperson auf das Meßergebnis sind so weit wie möglich auszuschließen. Statische Meßverfahren erscheinen für die Untersuchung an Kartoffelknollen wegen der geringeren Streuung und der besseren Ablesbarkeit besser geeignet als dynamische. Damit kann gleichzeitig der Einfluß des Knollengewichtes und der Knollenform (Krümmungsradius) auf das Meßergebnis ausgeschaltet und so eine exakte Ermittlung der Festigkeitseigenschaften des Knollenmaterials ermöglicht werden.

#### Neue Meßmethode zur Ermittlung der Widerstandsfähigkeit von Kartoffelknollen

Die Kartoffel als unterirdisch wachsende Frucht ist bei der mechanischen Ernte durch die erforderliche Trennung von Erde, Kluten, Steinen und Kraut Beanspruchungen ausgesetzt, die zu erheblichen Verletzungen führen können. Der Umfang, in dem Beschädigungen auftreten, ist von vielen Faktoren abhängig, die in ihren Auswirkungen stark wechseln und sich gegenseitig beeinflussen. Neben der Maschine und dem Boden sind die physikalischen Eigenschaften der Kartoffelknolle von besonderer Bedeutung. Um diese Eigenschaften bei der Konstruktion und Prüfung von Maschinen, aber auch bei der Kartoffelzüchtung und Sortenauswahl berücksichtigen zu können, ist eine geeignete Meßmethode zur Festigkeitsermittlung der Kartoffel erforderlich.

Unter Auswertung der bisherigen Erfahrungen mit der Prüfung organischer Stoffe ist vom Verfasser ein neues Gerät zur Bestimmung der Beschädigungsempfindlichkeit von Kartoffeln (Bild 5) entwickelt worden [8]. Als Vorbild diente das Prinzip der Laufgewichtswaage. Die zu untersuchende Knolle wird durch ein Laufgewicht über einen Druckstift linear zunehmend belastet, bis die Festigkeitsgrenze von Schale und Fleisch überschritten ist und der Stift in der Knolle einbricht. Der Waagebalken ruht mit einer Schneide auf dem Gestell und ist leicht abnehmbar. Wegen der einfachen Bauart und der erzielbaren hohen Genauigkeit erschien dieses Prinzip für Festigkeitsmessungen an Kartoffeln besonders geeignet. Die konstante Geschwindigkeit des Laufgewichtes wird durch einen Wechselstrominduktionsmotor (220 Volt, 10 Watt), der als Gegengewicht im Waagebalken eingebaut ist, gewährleistet. Die Drehzahl des Motors von 2900 U/min wird durch ein angeschlossenes Getriebe auf 290 U/min reduziert. Störende Motorschwingungen konnten bei dieser Anordnung nicht festgestellt werden. Als Druckstift dient ein plangeschliffener, scharfkantiger Zylinderstift von 3 mm Durchmesser. Um Korrosion, vor allem durch die organischen Säuren des Zellsaftes, zu



**Bild 6: Druckstiftbewegung beim Eindringen in eine Kartoffelknolle (4fache Vergrößerung)**

links: Ausgangsstellung, die Knolle ist mit der Vorlast des Druckstempels (220 g) belastet — Mitte: Arbeitsstellung, der Druckstift hat eine Verformung der Schale und des Gewebes hervorgerufen — rechts: Endstellung, der Druckstift ist unter gleichzeitigem Austritt von Zellsaft in die Knolle eingebrochen

vermeiden, werden ausschließlich Stifte aus V<sub>2</sub>A-Stahl verwendet. Die Führung des möglichst reibungsarm und staubdicht gelagerten, vertikal frei beweglichen Druckstiftes ist an dem bogenförmigen Tragarm befestigt. Um die Meßstelle vorher genau festlegen zu können und jede Bewegung während der Untersuchung zu vermeiden, wird die Knolle in einen mit Sand gefüllten Behälter eingebettet. Vor der Untersuchung muß der Behälter bis zum oberen Anschlag des Druckstiftes hochgedreht und festgestellt werden. In dieser Stellung wirkt lediglich das Eigengewicht des Druckstempels (220 g) auf die zu untersuchende Knolle (Bild 6, links). Eine gleichmäßige Auflage des Druckstempels läßt sich leicht durch Verschieben der Knolle im Sandbett erreichen. Bei Steigerung der Belastung beginnt sich das Knollengewebe unter dem steigenden Druck zunächst elastisch zu verformen, wobei sich um den Druckstift eine reversible Einwölbung bildet (Bild 6, Mitte). Wenn die Belastung die Festigkeitsgrenze des beanspruchten Knollenmaterials erreicht hat, bricht der Stift ruckartig in die Kartoffel ein. Die elastische Verformung geht in einen plastischen Eindruck über bei gleichzeitigem Rückgang der in Bild 6 (Mitte) noch sichtbaren Einwölbung des Knollengewebes (Bild 6, rechts). Im Augenblick des Stifteinbruchs wird der Motor umgepolt, das Gewicht läuft in seine Ausgangsstellung zurück und schaltet dort den Motor selbsttätig ab. Der vom Laufgewicht mitgenommene Meßschieber bleibt dagegen auf dem Endwert stehen, so daß die Stiftbelastung im Augenblick des Einbruchs an der Skala abgelesen werden kann. Zur Erzielung eines repräsentativen Mittelwertes sind bei sorgfältiger Versuchsdurchführung 30 Messungen erforderlich. Bei Feldversuchen mit größeren Parzellen sind 50 Wiederholungen zu empfehlen, zumal die Untersuchung nur 30 beziehungsweise 50 bis 60 Minuten erfordert. Zwischen den Meßwerten und den in einer Sammelerntemaschine aufgetretenen Beschädigungen konnte in zweijährigen Versuchen eine sichere Relation gefunden werden. Die Verwendung des auf diese Weise ermittelten Meßwertes als Maßstab für die Beschädigungsempfindlichkeit scheint damit gerechtfertigt.

#### Versuchsauswertung und Versuchsergebnisse

Die Versuche zur Erprobung des Meßgerätes und zur Ermittlung der Knollenfestigkeit wurden im allgemeinen so angelegt, daß mehrere Einflußfaktoren gleichzeitig erfaßt werden konnten. Alle Ergebnisse aus diesen Untersuchungen wurden statistisch ausgewertet, da ein direkter Vergleich von Mittelwerten ohne statistische Sicherung leicht zu einer Überschätzung der Ergebnisse führen kann oder Schlüsse aus Unterschieden gezogen werden, die möglicherweise innerhalb der Fehlergrenzen liegen. Als Auswertungsmethode erwies sich die Varianzanalyse mit anschließendem t-Test als besonders geeignet. Mit ihr wird die errechnete Gesamtstreuung entsprechend der Streuungsursachen beziehungsweise Versuchsfragen in Einzelvarianzen zerlegt, die Aufschluß geben, ob und in welchem Umfang die Einzelfaktoren das Gesamtergebnis beeinflussen. Mit Hilfe des t-Testes dagegen wird errechnet, wie groß der Unterschied zwischen zwei zu vergleichenden Mittelwerten sein muß, um mehr oder weniger gut gesichert zu sein. Auf eine mathematische Ableitung und Be-

schreibung der gewählten Methode kann hier unter Hinweis auf die Fachliteratur verzichtet werden [9; 10].

Die Vorteile der statistischen Versuchsauswertungen sollen an einem praktischen Beispiel aufgezeigt werden. Der in Tafel 1 wiedergegebenen Varianztabelle liegt ein Versuch zugrunde, mit dem der Einfluß der Sorte, des Klimas und der Lagerung auf die Widerstandsfähigkeit von Kartoffeln geklärt werden sollte. In Spalte 1 der Tafel ist die Streuungsart beziehungsweise -ursache verzeichnet. Dahinter wird die Summe der Abweichungsquadrate (SQ) angegeben. Die Anzahl der Wiederholungen beziehungsweise die Freiheitsgrade (FG) sind in Spalte 3 aufgetragen. Die Varianz oder das Quadrat der Streuung ( $s^2$ ), aus der auch die prozentuale Streuung errechnet werden kann, geht aus Spalte 4 hervor. Dahinter steht in Spalte 5 der errechnete F-Wert, aus dem sich nach der von R. A. FISCHER entwickelten Methode im Vergleich mit Tabellenwerten der Sicherungsgrad (Spalte 6) der entsprechenden Versuchsfrage ablesen läßt. Die Varianztabelle gibt also genauen Aufschluß darüber, ob und in welchem Umfang durch die einzelnen Hauptwirkungen (Sorten, Versuchsorte, Untersuchungstermine usw.) gesicherte Unterschiede hervorgerufen worden sind. Auch die Fehlerstreuung, die beispielsweise durch ungenaue Versuchsdurchführung oder Meßstörungen plötzlich stark ansteigen kann, läßt sich durch die Varianzanalyse kontrollieren. Die Wechselwirkung oder Zwischenvarianz gibt den Grad der Wechselbeziehungen zwischen zwei Hauptwirkungen — zum Beispiel das Verhalten der Sorten in verschiedenen Klimagebieten — an. Sie ergeben sich aus den Kombinationsmöglichkeiten der Hauptwirkungen und sind ebenfalls in der Varianztabelle aufgeführt.

Die Mittelwerte von 16 untersuchten Sorten aus drei Klimagebieten sind in Bild 7 zusammengestellt. Beim Vergleich der Ergebnisse sind die errechneten Grenzdifferenzen zu berücksichtigen. Statistisch sehr gut gesichert sind alle Ergebnisse, bei denen die Festigkeitsdifferenz mehr als 158 g beträgt. Unterschiede zwischen 118 und 158 g sind statistisch gut gesichert. Eine einfache Sicherung ist in den Grenzen zwischen 79 und 118 g vorhanden. Liegen die Ergebnisse weniger als 79 g auseinander, ist keine Sicherung mehr möglich. Zwischen den Sorten betrug der maximale Festigkeitsunterschied 700 g Belastung bei 3 mm Druckstiftdurchmesser. Fast genau so groß — bis zu 650 g — waren die Unterschiede zwischen den Klimagebieten. Diese Zahlen erhalten besonderes Gewicht beim Vergleich mit den in einer Vollerntemaschine aufgetretenen Verletzungen. Eine allgemein gültige Relation zwischen gemessener Empfindlichkeit und zu erwartenden Beschädigungen läßt sich zwar nicht aufstellen, da die Faktoren Maschine und Boden das Ergebnis mitbeeinflussen. Als Anhaltspunkt kann aber ein Versuch dienen, bei dem unter gleichen Ernteverhältnissen und Verwendung derselben Maschine das Absinken der Widerstandsfähigkeit um 100 g eine Erhöhung der Beschädigung um 10 bis 30% zur Folge hatte. Neben diesen aus Tafel 1 und Bild 7 zu ersiehenden Einflußfaktoren wurde eine deutliche Beeinflussung der Widerstandsfähigkeit durch die Witterung, den Boden, die Tiefenlage der Knollen im Damm und das Erntewetter — im Fall der Vorratsrodung beziehungsweise zweiteiligen Ernte — festgestellt.

**Tafel 1: Einfluß der Sorte, des Klimas und der Lagerung auf die Widerstandsfähigkeit von Kartoffelknollen gegen Beschädigungen (Varianztabelle)**

Untersuchung an 16 Sorten aus 3 Klimagebieten 1957/58

Streuung	SQ	FG	s <sup>2</sup>	F errechnet	Sicherung
1	2	3	4	5	6
Gesamt . . . . .	115472,09	7199	16,049		
Versuchsglieder . . . . .	71746,23	239	300,193	47,78	+++
Fehler . . . . .	43725,86	6960	6,282		
Sorten . . . . .	36629,73	15	2441,982	388,72	+++
Versuchsorte . . . . .	16713,23	2	8356,615	1330,24	+++
Unters. Termine . . . . .	2647,10	4	661,775	105,34	+++
WW-Sorten-Orte . . . . .	4553,77	30	151,792	24,16	+++
WW-Termine-Orte . . . . .	3512,33	8	439,041	69,88	+++
WW-Sorten-Termine . . . . .	2206,10	60	36,768	5,85	+++
WWW-Sorten-Termine-Orte	5483,97	120	45,699	7,27	+++

Zeichenerklärung:

WW: einfache Wechselwirkung  
WWW: mehrfache Wechselwirkung

NS: nicht signifikant  
+: signifikant

++: gut gesichert  
+++ : sehr gut gesichert

**Praktische Anwendungsmöglichkeiten einer Empfindlichkeitsmessung bei Kartoffelknollen**

Die Mechanisierung der Erntearbeiten verlangt oft besondere Eigenschaften des Erntegutes, die eine züchterische Bearbeitung erforderlich machen. Obwohl dieser Weg bei der Kartoffel besondere Schwierigkeiten bereitet und sehr viel längere Zeit beanspruchen wird als bei anderen Kulturpflanzen, wird man auf ihn nicht verzichten können, da ein lockerer Sitz der reifen Knolle am Stock und eine Steigerung der Widerstandsfähigkeit für die vollmechanische Ernte dringend erforderlich sind. Die Auswahl widerstandsfähiger Stämme kann auf einfache und schnelle Weise durch die beschriebene Meßmethode erfolgen.

Daneben kann das Gerät zur Eignungsprüfung aller anerkannten Sorten für eine mechanische Ernte herangezogen werden. Messungen über mehrere Jahre im gleichen Anbaugbiet geben darüber hinaus Anhaltspunkte über das zu erwartende Sortenverhalten bei entsprechenden Witterungsbedingungen.

Die Prüfung von Ernte- und Sortiermaschinen wird durch das in seinen Festigkeitseigenschaften wechselnde Erntegut stark erschwert. Neben Boden- und Sortenunterschieden, welche die Knollenfestigkeit beeinflussen, ist von Jahr zu Jahr mit einer unterschiedlichen Festigkeit der Kartoffeln zu rechnen. Damit fehlen jegliche Anhaltspunkte, die auf die Knollenfestigkeit schließen lassen. Unterschiedliche Ergebnisse von Beschädigungsauswertungen, zum Beispiel von Sorte zu Sorte oder von Feld zu Feld, können ganz oder zum großen Teil durch einen Wechsel der Widerstandsfähigkeit der Kartoffeln selbst hervorgerufen worden sein. Eine exakte Messung der Knollenempfindlichkeit sollte aus diesem Grund jeder Maschinenprüfung, bei der die Kartoffelbeschädigungen berücksichtigt werden sollen, vorausgehen.

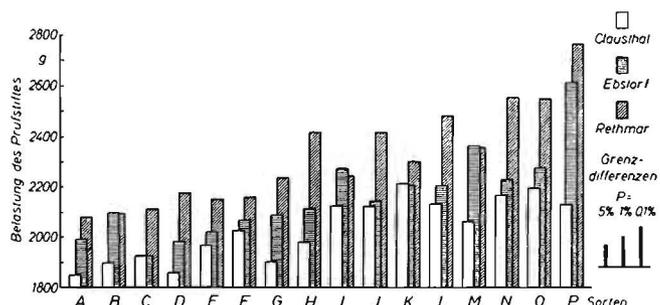
**Zusammenfassung**

Die Widerstandsfähigkeit landwirtschaftlicher Erntegüter gegenüber mechanischen Beanspruchungen hat durch die fortschreitende Mechanisierung der Ernte und Bearbeitung, aber auch durch die steigenden Qualitätsansprüche zunehmende Bedeutung erlangt. Die Kenntnis der Beschädigungsempfindlichkeit eines Erntegutes ist Voraussetzung für die Abschätzung der noch zulässigen Beanspruchungen durch die Maschine. Aus diesem Grund sind bereits mehrere Meßverfahren zur Ermittlung der Empfindlichkeit verschiedener Früchte entwickelt worden, wobei Geräte mit statisch wie auch dynamisch wirkender Last Anwendung finden. Die bekanntesten Systeme sind in ihrer Funktion beschrieben worden.

Für die Ermittlung der Widerstandsfähigkeit von Kartoffelknollen wurde ein neues Meßgerät entwickelt und erprobt (Bild 5). Als Vorbild diente das Prinzip der Laufgewichtswaage. Die zu untersuchende Knolle wird durch ein Laufgewicht über einen Druckstift linear zunehmend belastet, bis die Festigkeitsgrenze von Schale und Fleisch überschritten ist und der Stift in die Knolle einbricht. Der konstante Vorschub des Laufgewichtes wird durch einen Elektromotor gewährleistet, der gleichzeitig als Gegengewicht des Waagebalkens dient. Als Druckstift wird ein plangeschliffener, scharfkantiger Zylinderstift von 3 mm Durchmesser verwendet. Um der Versuchsknolle in jeder Lage einen festen Halt zu geben und Bewegungen während der Messung zu unterbinden, wird sie in einen mit Sand gefüllten Behälter eingebettet. Für einen repräsentativen Mittelwert sind bei wenig streuendem Material 30, bei Feldversuchen 50 Wiederholungen, die in 30 beziehungsweise 60 Minuten durchgeführt werden können, angebracht.

Alle zur Erprobung des Meßgerätes durchgeführten Versuche wurden statistisch bearbeitet. Als Auswertungsmethode diente die Varianzanalyse mit anschließendem t-Test. In Abhängigkeit von der Sorte, dem Klima, der Witterung, der Tiefenlage der Knollen im Damm und dem Boden konnten statistisch sehr gut gesicherte Unterschiede festgestellt werden.

Die Auswahl widerstandsfähiger Stämme ist auf einfache und schnelle Weise durch die beschriebene Meßmethode möglich. Daneben kann das Gerät zur Eignungsprüfung von Kartoffelsorten für die mechanische Ernte herangezogen werden. Bei der Prüfung von Ernte- und Sortiermaschinen im Hinblick auf Beschädigungen gibt das Gerät Aufschluß über die Ausgangsempfindlichkeit des Versuchsmaterials.



**Bild 7: Einfluß der Sorte und des Klimas auf die Widerstandsfähigkeit von Kartoffelknollen gegen Beschädigungen**

- A = Heide
- B = Sieglinde
- C = Agnes
- D = Mittelfröhe
- E = Bona
- F = Fina
- G = Ackersegen
- H = Suevia
- I = Olympia
- J = Capella
- K = Lerche
- L = Magna
- M = Bella
- N = Erdmanna
- O = Maritta
- P = Benedikta

**Schrifttum**

- [1] WERNER, H. O.: The cause and prevention of mechanical injury to potatoes. University of Nebraska 1931, Bull. Nr. 260
- [2] VOLBRACHT, O.: Über mechanische Beschädigungen an Kartoffeln. Diss. Bonn 1952
- [3] WITZ, R. L.: Measuring resistance of potatoes to bruising. Agric. Engg. 35(1954), S. 241—244
- [4] ROSS, E.: A quantitative hardness tester for food products. Science 109 (1949), S. 104

- [5] HALLER, N. H.: Fruit pressure tester and their applications. Unit. Stat. Dep. of Agric. East Grand Forks/Minnesota USA 1941, Circular Nr. 627
- [6] MAGNESS, J. R., u. G. F. TAYLOR: An improved type of pressure tester for the determination of fruit maturity. Washington 1925, USDA Circular 350
- [7] SCHNEIDER, A.: Über den Reifeablauf von Gemüseebsen und die Bestimmung des optimalen Pflücktermins mit Hilfe des Texturemeters. Züchter 25 (1955), S. 302
- [8] LAMPE, K.: Entwicklung und Erprobung einer Meßmethode zur Bestimmung der Widerstandsfähigkeit von Kartoffelknollen gegen Beschädigungen. Diss. Bonn 1959
- [9] MUDRA, A.: Statistische Methoden für landwirtschaftliche Versuche. Berlin 1953
- [10] LINDER, A.: Statistische Methoden (Lehrb. u. Monogr. a. d. Geb. d. exakten Wiss. Reihe der exper. Biologie Bd. 13). 2. erw. Aufl., Basel 1957

## Résumé

Klaus Lampe: "Experiments in measuring the Susceptibility to Damage of Potatoes and similar Fruits and Vegetables."

The resistance to mechanical stresses of agricultural produce has become increasingly important as a result of the growing mechanisation of agricultural operations. The steady increase in quality demands also plays a part therein. The recognition of the degree of susceptibility to damage of an agricultural product is absolutely necessary if a decision is to be made to what degree of mechanical operation the product may be subjected. Hence, several methods of determining the degree of susceptibility to damage of various fruits and vegetables have been evolved. These methods involve the use of appliances capable of applying static and dynamic loads to the product under investigation.

A new measuring device for determining the resistance to damage of potatoes has recently been designed and tested (Fig. 5). It operates on the principle of the „sliding weight“ weighing machine. The tuber to be tested is subjected to load, which is increased linearly and which is applied by means of a sliding weight acting on a pressure pin. The load is continuously applied until the limit of resistance of the skin and flesh is exceeded, when the pin penetrates the tuber. The regular advance of the pin is assured by the action of an electric motor, which also acts as a counter-weight to the balance beam. The pin is 3 mm. in diameter and is ground to sharp edges. In order to prevent any movement of the tuber under test and to hold same as firmly as possible, it is bedded in a container filled with sand. Some 30 repetitions of the test are generally made, which ensures that a representative average value is obtained. This number is increased to 50 when tests are made in the field. Tests are usually made for periods of 30 or 60 minutes.

All tests made for the purpose of testing measuring device were evaluated statistically. Variation analysis and the "T-test" were used in this connection. Some very good differences were determined statistically with respect to the type of tuber under test, climate, weather conditions, depth at which the tuber had been planted, etc.

The methods described above enable damage-resistant strains to be ascertained in a quick and simple manner. The appliance can also be used for determining the suitability of various strains of potatoes to mechanical harvesting methods. The appliance can also be used for testing harvesting and sorting machinery with respect to any possible damage to the crop that the use of such equipment may cause.

Klaus Lampe: «Les possibilités de mesure de la fragilité des pommes de terre et d'autres fruits»

La résistance des produits agricoles aux sollicitations mécaniques a obtenu une signification plus grande depuis que l'on mécanise de plus en plus les travaux de récolte et d'entretien et que l'on exige une qualité plus élevée des produits. Il faut connaître la fragilité d'un produit afin de pouvoir fixer les limites de sollicitations qui ne doivent être dépassées par une machine. C'est pourquoi on a déjà étudié plusieurs procédés de mesure en vue de déterminer la fragilité de différents fruits et on a utilisé dans ce but aussi bien les appareils travaillant par sollicitations statiques que ceux travaillant par sollicitations dynamiques. L'auteur décrit le fonctionnement des systèmes les plus connus.

Afin de déterminer la résistance des tubercules de pommes de terre, on a étudié et essayé un nouvel appareil de mesure (fig. 5). Son principe est dérivé de celui de la balance à curseur. La charge imposée au tubercule à éprouver est augmentée d'une façon continue à l'aide d'un curseur par l'intermédiaire d'une pointe de pression jusqu'à ce que la limite de résistance de la peau et de la chair soit dépassée et que la pointe de pression pénètre dans le tubercule. L'avance continue du curseur est assurée par un moteur électrique qui sert en même temps de contrepoids au fléau de la balance. Une pointe cylindrique de 3 mm de diamètre dont le bout est rectifié plan et pourvu d'arête vive sert de pointe de pression. Afin d'immobiliser le tubercule d'essai dans toute position et d'empêcher son déplacement pendant l'essai, il est posé dans un récipient rempli de sable. Pour obtenir un résultat moyen représentatif, il faut répéter 30 fois l'essai d'un produit pourvu que celui-ci donne des valeurs peu dispersées et 50 fois quand l'essai est effectué dans le champ. Ces essais doivent être échelonnés sur 30 respectivement 60 minutes.

Les résultats de tous les essais entrepris en vue de contrôler le fonctionnement de l'appareil de mesure ont été rassemblés dans des statistiques. La méthode d'interprétation appliquée a été l'analyse des variations avec t-test postérieur. Les variations des résultats provenant de la variété de pommes de terre, du climat, des conditions atmosphériques, de la profondeur d'inclusion de la pomme de terre dans la butte ou le sable ont pu être mis en évidence par les statistiques. La méthode décrite permet le choix facile et rapide de la variété la plus résistante. L'appareil peut également être utilisé pour l'essai des variétés de pommes de terre destinées à la récolte mécanique. Avant l'essai d'arracheuses et de calibreuses de pommes de terre en vue de déterminer les dommages occasionnés par ces machines, on peut déterminer à l'aide de cet appareil la fragilité originelle des pommes de terre.

Klaus Lampe: «La posibilidad de establecer la sensibilidad de patatas y de otros frutos al deterioro.»

Puesto que la mecanización de la cosecha y la manipulación de los productos del campo está continuamente progresando, en vista también de las exigencias a calidad que pone el comprador, la resistencia de estos productos a las sollicitaciones mecánicas adquiere una importancia creciente. El conocimiento del grado de sensibilidad de los productos agrarios es, por consiguiente, una necesidad, para que pueda juzgarse de si las sollicitaciones producidas por una máquina son admisibles o que no lo son. Por esto se han desarrollado ya varios procedimientos para la medición del grado de sensibilidad de los diferentes frutos, encontrándose entre ellos dispositivos con carga de efecto dinámico como también estático. Se ha descrito el funcionamiento de los sistemas más generalizados.

Se acaba de desarrollar y de ensayar un nuevo aparato para la medición de la resistencia de patatas (grab. 5), sirviéndole de modelo el principio de la balanza con peso corredizo. El tubérculo que se desea reconocer, recibe la carga del peso corredizo sobre una espiga de presión, aumentando la carga en progresión lineal, hasta que la presión sobrepase la resistencia de la piel y de la carne, penetrando entonces la espiga en el tubérculo. La progresión constante del peso corredizo se efectúa por motor eléctrico que sirve al mismo tiempo de contrapeso al brazo de la balanza. La espiga de presión consiste de un punzón de cara plana de 3 mm  $\varnothing$  de arista viva. Para dar al tubérculo un apoyo sólido que evite el movimiento durante la medición, se la coloca en un lecho de arena. Para conseguir un valor medio representativo y tratándose de material de contextura uniforme, se recomienda efectuar 30 pruebas, en el campo 50 pruebas que requieren 30, respectivamente 60 minutos.

Todos los ensayos hechos con el aparato se han anotado en una estadística, sirviendo como método de evaluación el análisis de variaciones, seguido de una prueba de T. En dependencia de la clase de patata, del clima, estado atmosférico, de la profundidad del tubérculo en el terraplén, respectivamente en la tierra, se han podido conseguir diferencias estadísticamente bien apreciables.

El método descrito facilita la elección rápida de patatas de semilla resistentes. Además el aparato puede emplearse para la comprobación de las clases de patata para decidir del método mecánico de la cosecha. En el reconocimiento de máquinas de cosechar y de clasificar patatas, en cuanto a sus condiciones de conservación de los tubérculos, el aparato da información segura sobre la sensibilidad base del material.

## Internationaler Zusammenschluß

Am 16. April 1959 wurde in Stresa das Europäische Komitee der Verbände der Landmaschinenhersteller (Comité Européen des Groupements de Constructeurs du Machinisme agricole) gegründet. Gründungsmitglieder sind die nationalen Herstellerverbände der Länder Belgien, Deutschland, England, Frankreich, Holland, Italien, Österreich und Schweiz.

Auf Vorschlag der deutschen Delegation wurde Herr Dr. Torazzi, Vorsitzender des italienischen Verbandes (Unacoma) zum Präsidenten gewählt. Herr Alois Mengele, Vorsitzender des LMV, wurde zum 1. Vizepräsidenten und Mr. Pearch, Vorsitzender des englischen Verbandes, zum 2. Vizepräsidenten gewählt. Bis zur endgültigen Festlegung einer europäischen Hauptstadt wurde das Generalsekretariat vorläufig nach Paris gelegt.

Die Gründung ist insofern von Bedeutung, als hier nicht nur die Verbände der EWG-Länder Mitglieder geworden sind, sondern auch die nationalen Verbände wichtiger, außerhalb der Europäischen Wirtschaftsgemeinschaft stehender Länder. Die Errichtung dieses Komitees auf größerer europäischer Ebene geht auf die Forderung der deutschen Industrievertreter zurück. Ebenso wurde auf Wunsch der deutschen Delegation das Bekenntnis zu einer freien marktwirtschaftlichen Wirtschaftspolitik, wie sie in den Zielen des Komitees manifestiert wurde, aufgenommen.