

Karsten Koch und Lutz Damerow, Bonn

Physikalische Stoffeigenschaften

Hinweise zur Sortenbeschreibung und Qualitätssicherung von Kartoffeln aus Organischem Anbau

Optimierungsstrategien zur Verlustminimierung der Kartoffelqualität und -masse setzen die Kenntnis und die Meßbarkeit von Qualitätsmerkmalen und -zuständen sowie deren zielorientierte Anwendung voraus. Es war daher das Ziel dieser Untersuchungen, mit unterschiedlichen Meßverfahren physikalische Stoffeigenschaften zu bestimmen, deren Abhängigkeit von pflanzenbaulichen Maßnahmen des Organischen Landbaus zu prüfen sowie den Einfluß verschiedener Sorten festzustellen und Wechselwirkungen nachzuweisen.

Physikalische Eigenschaften landwirtschaftlicher Stoffe sind wichtige Kenngrößen zu deren Beschreibung. Sie dienen als Züchtungsziel [3], als Eingangsparameter für die Projektierung und Konstruktion von Maschinen und Anlagen sowie zur Produktbewertung bei Aussaat, Ernte, Lagerung und Vermarktung [2]. Sie sind reproduzierbare Meßgrößen und eignen sich daher bevorzugt zur Definition von Qualitätsmerkmalen und damit auch als Führungsgröße von Produktions- und Lagerprozessen [1, 7].

Historisch begann die Bestimmung physikalischer Stoffeigenschaften mit der Messung geometrischer und gravimetrischer Kennwerte. Bei den mechanischen Eigenschaften konzentriert sich die Forschung auf die Untersuchung der Druckfestigkeit, Textur [7] und Beschädigungsempfindlichkeit [3,4].

Die quasi-statischen Festigkeitsmessungen sind heute Standard [1, 9, 11]. Gesichert nachweisbar sind der Einfluß von Sorte, Lagerdauer und Lagerbedingungen. Die Vergleichbarkeit der absoluten Meßwerte ist aber durch wechselnde Meßbedingungen eingeschränkt.

Die reale Beanspruchung erfolgt jedoch dynamisch, so daß für die Untersuchung einer aus der Stoßbeanspruchung resultierenden Beschädigung andere Meßverfahren eingeführt wurden. Die dy-

namische Belastung kann durch Fallkörper (Stoßemulator) oder Rotationskörper (Pendel) erfolgen [3, 4, 5, 11]. Immer wird ein gesicherter Zusammenhang zwischen kinetischer Energie und äußeren sowie inneren Beschädigungen nachgewiesen, speziell besteht ein linearer Zusammenhang zwischen Aufprallenergie und Volumen des geschädigten Gewebes [6,10]. Der Grad der Schädigung wird bonitiert, er ist mit einem subjektiven Fehler behaftet.

Der Einfluß von Pflanzenkrankheiten auf die Schalen- oder Knollenfestigkeit ist nicht bekannt. Die quasi-statischen und dynamischen Meßverfahren sind zerstörend und nicht in Echtzeit durchzuführen.

Wie wurde vorgegangen?

Die im folgenden diskutierten Untersuchungen wurde im Rahmen der DFG-Forschergruppe „Optimierungsstrategien im Organischen Landbau“ durchgeführt. Die Kartoffeln stammten aus einem Feldversuch des Instituts für Organischen Landbau (Bonn), der auf dem Versuchsbetrieb für Organischen Landbau in Hennef (9,5 °C Jahresdurchschnittstemperatur, 700 bis 750 mm Niederschlag pro Jahr, lehmig-schluffiger Auenboden) im Anbaujahr 1996 durchgeführt wurde.

Der Versuch wurde als Blockanlage mit vier Feldwiederholungen und den Versuchsfaktoren Sorte (Provento P, Agria A, Nicola N und Granola G) und organische Düngungsstufe ($D_0 \approx$ kein Rottemist, $D_1 \approx 189$ dt/ha und $D_2 \approx 378$ dt Rottemist/ha) angelegt. Vorrucht war Sommerweizen, die Pflanzdichte betrug 4,4 Knollen/m² (30 x 75 cm) und die Kartoffelpflege erfolgte betriebsüblich.

Im Untersuchungszeitraum (Okt. 1996 bis Febr. 1997) wurden Kartoffelproben vor der Einlagerung sowie nach zwei und vier Monaten Lagerung untersucht. Die Lagerung erfolgte unter kontrollierten Lagerbedingungen (Klimakammer) bei 4 bis 7 °C und 95 % relativer Luftfeuchte.

Untersucht wurde Knollenmaterial mit Quadratmaßen von 30 bis 60 mm bei einer Knollentemperatur von rund 20 °C. Durch Vorversuche wurde der erforderliche Probenumfang von 15 Knollen (15 Meßwiederholungen) ermittelt.

Mit Hilfe einer Auftriebswaage wurde zunächst die Dichte jeder Knolle ermittelt.

Für die Bestimmung der Festigkeitskennwerte bei quasi-statischer Beanspruchung wurden zwei Verfahren unter Verwendung einer Universalprüfmaschine angewendet, die nachfolgend als „Stempeltest“ und „Plattentest“ bezeichnet werden. Während es sich beim Stempeltest (Bild 1a) um eine kleinflächige Belastung zur Messung der Schalen- und Gewebefestigkeit für den Ort des eingedrungenen Stempels handelt, ist der Plattentest (Bild 1b) ein integrierendes Verfahren über den Kartoffelquerschnitt. Bei beiden Verfahren wird das Kraft-Weg-Verhalten unter einer quasi-statischen Beanspruchung aufgezeichnet. Die Verfahren

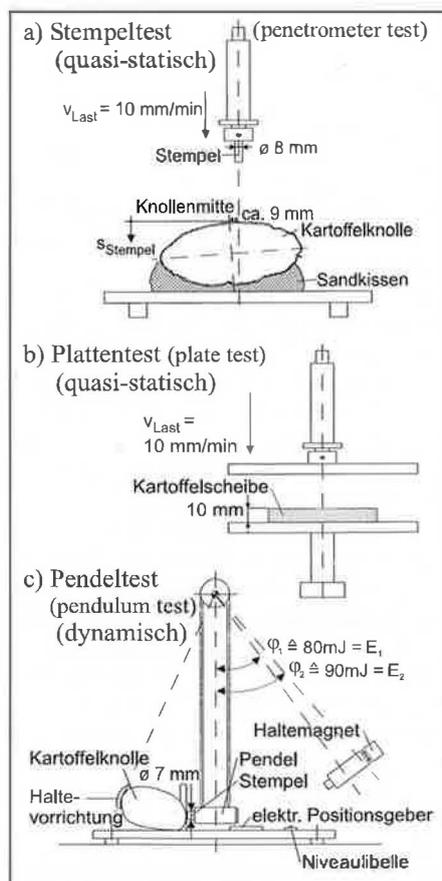


Bild 1: Versuchsanordnung a) Stempeltest, b) Plattentest und c) Pendeltest ('System Gall')

Fig. 1: Design of experiment a) penetrometer test, b) plate test and c) pendulum test ('system Gall')

Dipl.-Ing. agr. Karsten Koch ist wissenschaftlicher Mitarbeiter und Dr.-Ing. Lutz Damerow ist Oberassistent am Institut für Landtechnik der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Nußallee 5, 53115 Bonn.

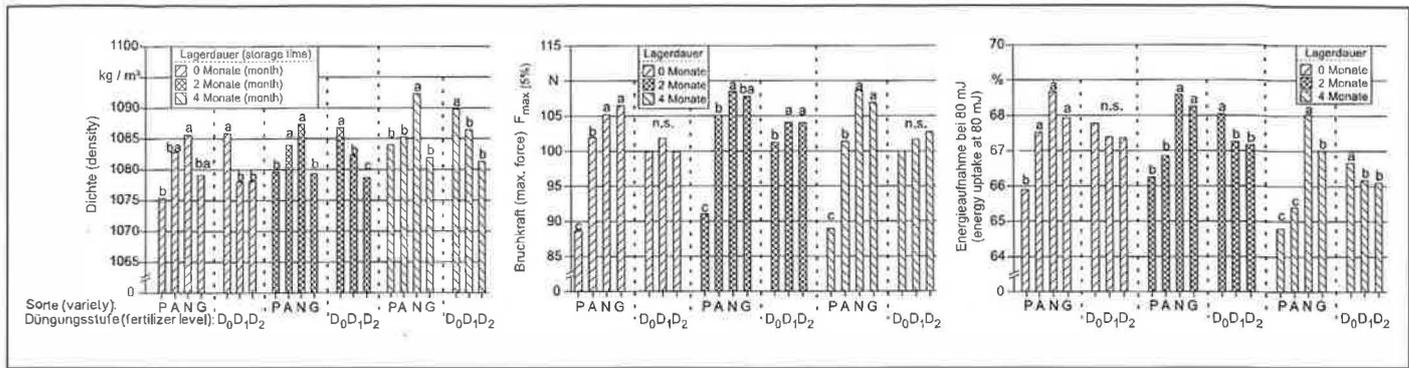


Bild 2: Einfluß von Sorte und Düngungsstufe auf Dichte, Bruchkraft und Energieaufnahme (nach Lagerung von null, zwei und vier Monaten)

Fig. 2: Effect of variety, fertilizer level on density, max. force and energy uptake (after a storage period of 0, 2 and 4 months)

sind international standardisiert [1]. Beim Plattentest wurden die Druckfestigkeit und der Elastizitätsmodul erfaßt. Beim Stempeltest wurde die Bruchkraft F_{max} zur Beschreibung der Knollenfestigkeit gemessen. Die Bruchkraft wurde in der Regel unmittelbar vor dem Einreißen der Schale erreicht. Danach erfolgte ein mehr oder weniger deutlicher Abfall der Widerstandskraft.

Zur Erzeugung dynamischer Beanspruchungen und zur Ermittlung der Energieaufnahme von Kartoffelknollen wurde ein Schlagpendel nach GALL [3, 4] verwendet (Bild 1c). Beim Pendeltest wird die Kartoffelknolle an einer Stelle durch zwei Pendelschläge belastet. Dabei wird die kinetische Energie des Pendels vor (Eingangsenergien E_1 und E_2) und nach dem Aufschlag auf die Knolle ermittelt und der Anteil der absorbierten Energie bezogen auf die Eingangsenergie der beiden Schläge berechnet. Die ermittelte „prozentuale Energieaufnahme“ ist die durchschnittliche prozentuale Energieaufnahme der Knollen bei allen Schlägen. Dabei weist eine hohe prozentuale Energieaufnahme auf eine hohe Beschädigungsempfindlichkeit hin [3, 4].

Was kam heraus?

Die Ergebnisse der Messung physikalischer Stoffeigenschaften von Kartoffelknollen aus organischem Anbau werden im folgenden exemplarisch anhand der Prüfgrößen Dichte, Bruchkraft F_{max} und Energieaufnahme bei 80 mJ Eingangsenergie dargestellt.

Bild 2 links zeigt den Einfluß der Hauptwirkungen Sorte und Düngungsstufe nach einer Lagerdauer von null, zwei und vier Monaten auf die Dichte der Kartoffelknollen. Wie das Bild zeigt, waren die Hauptwirkungen bei allen Verrechnungen signifikant. Bei jeder Lagerdauer hatte die Sorte Nicola (N) die höchste Dichte und war jeweils von Provento (P) signifikant verschieden. Bei einer Lagerdauer

von zwei und vier Monaten unterschied sich Nicola auch signifikant von Granola (G). Nach zweimonatiger Lagerung unterschied sich Agria (A) signifikant von Provento und Granola.

Mit zunehmender Düngungsstufe sank die Dichte der Proben nach zwei- und viermonatiger Lagerung. Bei jeder Lagerdauer war die Dichte bei der Null-Düngung (D_0) signifikant höher als bei einer Gabe von 189 (D_1) und 378 (D_2) dt Rottemist/ha (Bild 2 links). Signifikante Wechselwirkungen wurden nicht ermittelt.

Auf die Bruchkraft F_{max} (Bild 2 Mitte) hatte die Sorte nach einer Lagerdauer von null, zwei und vier Monaten und die Düngungsstufe nach zwei Monaten einen signifikanten Einfluß. Signifikante Wechselwirkungen wurden nicht festgestellt.

Die Energieaufnahme bei 80 mJ wurde bei allen Verrechnungen signifikant von der Sorte und nach einer Lagerdauer von zwei und vier Monaten von der Düngungsstufe gesichert beeinflußt. Die Sorte Nicola hatte nach null, zwei und vier Monaten signifikant höhere prozentuale Energieaufnahmen als Provento. Proben, die keine Stallmistgabe erhielten, hatten nach einer zwei- und viermonatigen Lagerung signifikant höhere Energieaufnahmen als bei den Düngungsstufen D_2 und D_3 . Trotz vergleichsweise geringer Mittelwertunterschiede konnten signifikante Hauptwirkungen festgestellt werden. Dagegen wurde auch bei der Energieaufnahme keine Abhängigkeit von Wechselwirkungen zwischen Sorte und Rottemistgabe gemessen (Bild 2 rechts).

Ein Vergleich des Sorteneinflusses auf die Bruchkraft und die Energieaufnahme Sorte zeigte, daß bei relativ hoher Bruchkraft auch vergleichsweise hohe Energieaufnahmen gemessen wurden. Dagegen bewirkt eine Zunahme der Rottemistgabe tendenziell ein Zunahme der Bruchkraft sowie eine Abnahme der Energieaufnahme (Bild 2 Mitte und rechts).

Schlußfolgerungen

Es konnte bestätigt werden, daß die hier vorgestellten physikalischen Stoffeigenschaften geeignete Qualitätsmerkmale sind, um signifikant Sorten- und Düngungseffekte nachzuweisen. Die exemplarisch interpretierten Ergebnisse zeigen, daß die Merkmale Bruchkraft (quasi-statisches Testverfahren) und Energieaufnahme (dynamisches Testverfahren) bei dieser Untersuchung nicht immer vergleichbar waren (hohe Bruchkraft stimmte nicht immer mit vergleichsweise niedrigerer Energieaufnahme überein).

Für die praxisnahe Umsetzung fehlt die Kenntnis der direkten Beziehung zwischen ermittelten mechanischen Stoffeigenschaften und Beschädigungsempfindlichkeit der Kartoffelknollen (es erfolgte aus versuchstechnischen Gründen keine Beurteilung von äußeren und inneren Beschädigungen). Unter Berücksichtigung entsprechender Messungen oder Bonituren und anderer mechanischer Stoffeigenschaften sind in Rückkopplung zu ackerbaulichen Maßnahmen Optimierungsstrategien zur Qualitätssicherung von Kartoffeln ableitbar.

Literaturhinweise sind vom Verlag unter LT 98 122 erhältlich.

Schlüsselwörter

Dichte, Festigkeitskennwerte, Kartoffel, Organischer Landbau, Physikalische Stoffeigenschaften

Keywords

Density, firmness, potato, organic farming, physical properties