

Ulrike Praeger, Claudia König, Anika Graf, Ingo Truppel, Bernd Herold und Martin Geyer, Potsdam

Wirkung dynamischer Belastung auf Schwarzfleckigkeit in Kartoffeln

Am ATB wird ein schon früher beschriebener mikrotechnischer Sensor zur Beschleunigungsmessung in landwirtschaftlichen oder gartenbaulichen Produkten während des Ernte- und Nachernteprozesses [1] gemeinsam mit zwei mittelständischen Unternehmen weiterentwickelt. Die bisherige telemetrische Datenübertragung zum Computer wird durch interne Datenerfassung ersetzt. Um den Sensor für Schadensprognosen zu Schwarzfleckigkeit von Kartoffeln in der Praxis einzusetzen, wurden Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen dynamischer Belastung und Schädigung durchgeführt. Da der Sensor eine triaxiale Erfassung der Stoßbeschleunigung ermöglicht, ist die Wirkung wiederholter Belastung in einer Richtung im Unterschied zu Belastungen an verschiedenen Stellen für die Auswertung von besonderer Bedeutung.

Dr. Ulrike Praeger, Dipl. Troph. Claudia König, Dipl. Ing. Ingo Truppel, Dr. Bernd Herold sind Mitarbeiter, Anika Graf ist Diplomandin, Dr. Martin Geyer ist Leiter der Abteilung „Technik im Gartenbau“ am Institut für Agrartechnik Bornim e.V., Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam; e-mail: geyer@atb-potsdam.de

Schlüsselwörter

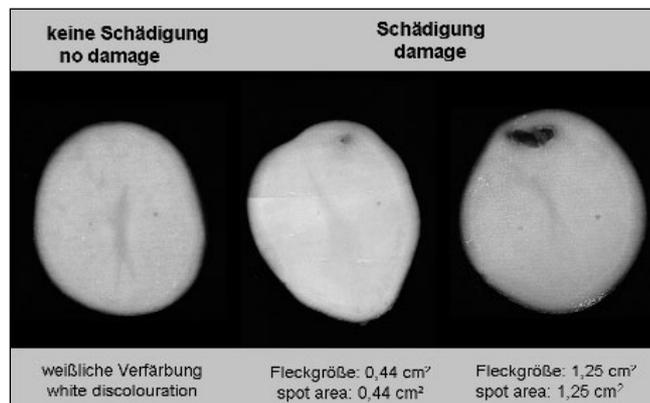
Mechanische Belastung, Kartoffeln, Schwarzfleckigkeit, Fallhöhe, Fallhäufigkeit

Keywords

Mechanical stress, potatoes, blackspot, fall height, fall frequency

Bild 1: Bonitur innerer Schädigungen an der Belastungsstelle der Kartoffelknollen

Fig. 1: Rating of internal damage at the impact site of potato tubers



Erhebliche wirtschaftliche Verluste entstehen bei der Kartoffelproduktion durch mechanische Belastungen bei der Ernte, Aufbereitung und Vermarktung, wobei die äußerlich nicht erkennbare Schwarzfleckigkeit ein großes Problem darstellt. Hohes Schädigungsrisiko besteht bei empfindlichen Sorten, die überwiegend hohen Stärkegehalt aufweisen. Außerdem fördern eine unzureichende Kaliumversorgung, niedrige Temperatur während der Belastung ($< 12^\circ\text{C}$) und große Fallhöhe [2, 3, 4] das Risiko. Wenig untersucht ist bisher die Wirkung zahlreicher Belastungen an einer Stelle der Knollenoberfläche.

Zusammenhang zwischen Stoßbelastung und Schädigung

Für Fallversuche im November 2007 und April 2008 wurden von Hand geerntete Kartoffeln der Sorten Afra (mehlig kochend) und Milva (vorwiegend festkochend) aus Praxisanbau in Brandenburg verwendet. Der Stärkegehalt betrug drei Wochen nach der Ernte bei Afra $17,0 \pm 2,2\%$, bei Milva $14,7 \pm 1,7\%$. Der Kaliumgehalt war bei Afra mit $572 \text{ mg K} / 100 \text{ g Frischmasse}$ höher als bei Milva mit $458 \text{ mg K} / 100 \text{ g Frischmasse}$.

Die bei 4°C gelagerten Knollen mit einer Masse von $120 \pm 30 \text{ g}$ wurden einen Tag vor den Untersuchungen an die Belastungstemperatur von 12°C angepasst. Die Belastung erfolgte mit einer Fallstation, die an der Aufprallstelle mit einem Stoßkraftsensor ausgestattet ist. Die Kartoffeln fielen aus definierter Höhe ein- oder mehrmals in Richtung der vorher markierten Krone auf Stahl. An-

schließend wurden die Knollen über 48 h in einem Klimaschrank bei 33°C und 95 % relativer Luftfeuchtigkeit aufbewahrt und die inneren Schädigungen bonitiert.

Angelehnt an ein am ATB verwendetes bildanalytisches Verfahren zur Bestimmung der Schwarzfleckigkeit in Kartoffeln [5] wurden die Knollen an der Belastungsstelle mittig durchgeschnitten, fotografiert und die Fläche des grau-schwarz verfärbten oder ausgehöhlten Gewebes mit der Software Optimas[®] berechnet. Ermittelt wurden außerdem die gesamte Schnittfläche, der Abstand des verfärbten Gewebes von der Knollenoberfläche und die Tiefe der Flecken in Richtung der Knollenmitte. Leichte weißliche Gewebeverfärbungen wurden nicht als Schädigung bewertet (Bild 1).

Bei beiden Sorten verursachte der Fall aus 5 cm selbst bei 60-facher Wiederholung keine Schädigung. Im November wurden bei Fall aus 10 cm wenige Knollen der Sorte Milva geringfügig (Fleckgröße bis $0,2 \text{ cm}^2$) erst bei einer Fallhäufigkeit von 20-mal geschädigt. Ab einer Fallhöhe von 25 cm bis zu 100 cm nahm der Anteil geschädigter Knollen bei beiden Sorten zu, bei Milva erheblich stärker bei hoher Fallhöhe von 50 cm und 100 cm. Zunehmende Fallhäufigkeit bei gleicher Fallhöhe führte meist zu höheren Anteilen geschädigter Kartoffeln. Im April verdoppelte sich annähernd der Anteil geschädigter Knollen bei Höhen von 25 und 50 cm durch Verdoppelung der Fallhäufigkeit.

Gegenüber November wiesen die Knollen im April eine höhere elastische Nachgiebigkeit auf. Obwohl sich dadurch im Mittel die maximalen Stoßkräfte verringerten, stieg

der Anteil geschädigter Knollen bei den meisten Versuchsvarianten im Frühjahr an.

Unter den gegebenen Bedingungen liegt die Belastungsschwelle für die Entstehung von Schwarzfleckigkeit zwischen den Fallhöhen von 10 cm und 25 cm auf Stahl, etwa entsprechend einer Maximalkraft von 200 N (Tab. 1). Schädigungen durch extrem häufige Belastung, auch bei geringerer Fallhöhe, können nach dieser Untersuchung allerdings nicht ausgeschlossen werden.

Die Fläche des geschädigten Gewebes nahm mit steigender Fallhöhe zu, bis etwa 1,5 cm² bei einmaligem Fall aus 100 cm Höhe. Auch durch wiederholte Belastung an der gleichen Stelle vergrößerte sich die dunkel gefärbte Fläche, etwa bei Afra im April von 0,3 cm² im Mittel der geschädigten Knollen bei 2-maligem Fall aus 25 cm Höhe auf 0,7 cm² bei 8-maligem Fall aus derselben Höhe. Eine Ausweitung verfärbten Gewebes in Kartoffelknollen in ähnlicher Größenordnung ergibt sich bei Erhöhung der Aufprallenergie von 0,3 J (die etwa einer Fallhöhe von 25 cm bei einer Kartoffelmasse von 120 g entspricht) mittels Pendelschlag um das 2- bis 8-fache [6].

Äußere Verletzungen traten bei Knollen der Sorte Milva in Form von sehr kleinen Rissen schon bei 5-maligem Fall aus 10 cm Höhe auf, bei Afra erst ab 50 cm Fallhöhe.

Bei wiederholter Stoßbelastung der gleichen Stelle der Knolle mit konstanter Energie zum Beispiel im Pendelschlagwerk wird anfangs eine zunehmende Rückprallenergie der einzelnen Stöße beobachtet. Dies wird auf abnehmende Energieabsorption im belasteten Zellgewebe der Knollen zurückgeführt, wobei sich dann ein Gleichgewicht einstellt [7]. Auch die vorliegende Untersuchung zeigte im Mittel von 20 Kartoffeln bei wiederholter Stoßbelastung der Knollen,

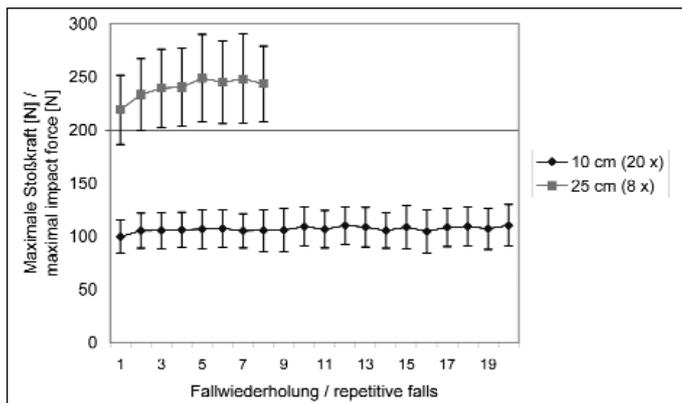
Tab. 1: Anteil geschädigter Knollen und mittlere maximale Stoßkraft bei unterschiedlicher Fallhäufigkeit und Fallhöhe (Probenzahl 20 Knollen)

Table 1: Percentage of damaged tubers and average maximal impact force for different fall frequency and fall height (sample of 20 tubers)

	November												
	5cm		10cm		25cm		50cm		100cm				
	10x	20x	5x	10x	20x	2x	4x	8x	1x	2x	1x		
Mittlere maximale Stoßkraft [N]	Average maximal impact force[N]												
Afra	81	74	128	135	135	236	260	244	383	376	560		
Milva	82	77	126	138	141	225	243	250	344	356	507		
Anteil geschädigter Knollen [%]	Percentage of damaged tubers [%]												
Afra	0	0	0	0	0	0	0	5	20	30	50		
Milva	0	0	0	0	20	0	40	15	20	40	80		
	April												
	5cm		10cm		25cm		50cm		100cm				
	40x	60x	10x	20x	2x	4x	8x	1x	2x	1x			
Mittlere maximale Stoßkraft [N]	Average maximal impact force[N]												
Afra	66	65	118	116	219	212	222	337	352	508			
Milva	70	69	104	107	208	238	240	330	354	469			
Anteil geschädigter Knollen [%]	Percentage of damaged tubers [%]												
Afra	0	0	0	0	10	20	30	25	45	45			
Milva	0	0	0	0	5	10	25	35	70	95			

Bild 2: Maximale Stoßkräfte bei 20 Fallwiederholungen aus 10 cm Höhe und acht Fallwiederholungen aus 25 cm Höhe (Mittelwerte 20 Kartoffeln Sorte Milva)

Fig. 2: Maximal impact forces for 20 repetitive falls of 10 cm height respectively 8 repetitive falls of 25 cm height (average of 20 tubers of the variety Milva)



dass sich die maximalen Stoßkräfte durch die Verringerung der absorbierten Energie tendenziell erhöhten. Abweichungen bei einzelnen Versuchsvarianten können durch unzureichende Treffgenauigkeit beim Fallversuch bedingt sein (Bild 2).

Fazit

Für die künftige Auswertung der Stoßbelastungsmessung in Aufbereitungslinien sollten die Maximalbeschleunigungen der Fallrichtung zugeordnet werden und je nach Stärke und Knollenmasse unterschiedlich bewertet werden. Für den gegebenen Fall sind also einzelne Belastungen mit Stoßkräften unter 200 N (berechnet aus der gemessenen Maximalbeschleunigung und der Masse der Knolle) wenig bedeutend für die Ausbildung von Schwarzfleckigkeit. Mehrfache Stoßbelastungen oberhalb dieser Schädigungsschwelle führen bei Auftreffen auf die gleiche Stelle zu einer geringeren Gesamtschädigung als bei einer gleichmäßigen Verteilung der Belastung über die Produktoberfläche. Wegen der unterschiedlichen Abhängigkeiten und der Variabilität der Schädigungsschwelle

reicht die Summe der Maximalkräfte bei wiederholten Belastungen als Index zur Beurteilung des Risikos für das Auftreten von Schwarzfleckigkeit von Kartoffeln nicht aus. Diese Summe lag im April bei 60-fachem Fall aus 5 cm ohne schädigende Wirkung von Kartoffeln der Sorte Afra bei 4000 N, bei einmaligem Fall aus 1 m bei 500 N, wodurch 45 % der Knollen geschädigt waren.

Da zahlreiche Faktoren die Empfindlichkeit von Kartoffeln gegenüber Schwarzfleckigkeit beeinflussen, muss zur Beurteilung des Schwarzfleckigkeitsrisikos durch mechanische Belastung bei der Ernte und nachfolgenden Prozessen außer den Beschleunigungsmessungen die aktuelle Empfindlichkeit der Kartoffelpartie berücksichtigt werden, zum Beispiel durch einen einfachen Belastungstest mit anschließender Schädigungsbonitur.

Literatur

- [1] Herold, B., I. Truppel, A. Jacobs und M. Geyer: Stoßdetektor zum Implantieren in empfindliche Früchte. Landtechnik 60 (2005), H. 4, S. 208-209
- [2] Kunkel, R., and W.H. Gardner: Black Spot of Russet Bank Potatoes. Proceedings of the American Society of Horticultural Science 73 (1959), pp. 436-444
- [3] Brook, R.C.: Potato Bruising, How and why emphasizing black spot bruise. Running Water Publishing, Haslet, Michigan, 1996
- [4] McNabney, M., B.B. Dean, R.W. Bajema and G.M. Hyde: The effect of potassium deficiency on chemical, biochemical and physical factors commonly associated with blackspot development in potato tubers. American Journal of potato research 75 (1999), pp. 53-60
- [5] Wormanns, G., T. Hoffmann und A. Jacobs: Bildanalyse zur Bestimmung der Schwarzfleckigkeit bei Kartoffeln. Landtechnik 55 (2000), H.4, S. 278-279
- [6] Molema, G.J., B.R. Verwijs, J.V. van den Berg and H. Breteler: Effect of repetitive impacts on subcutaneous tissue discoloration in potato tubers. Netherlands Journal of Agricultural Science 45 (1997), pp. 187-200
- [7] Hyde, G.M., R.W. Bajema and W. Zhang: Measurement of Impact Damage Threshold in Fruits and Vegetables. in: Proceedings, IV International Symposium on Fruit, Nut, and Vegetable Production Engineering, March 22-26, Valencia-Zaragoza, Spain, 1993, pp. 1-8