

Bernd Oberbarnscheidt, Bernd Herold und Martin Geyer, Potsdam-Bornim, sowie Béla Borsa, László Kovács und Frigyes Jakovác, Gödöllő/Ungarn

# Fruchtbelastung beim Straßentransport von Tomaten in loser Schüttung

*Durch maschinelle Ernte und Transport von Industrietomaten werden in Ungarn erhebliche Qualitäts- und Masseverluste verursacht. Die Industrietomaten werden mit Vollernter ähnlich wie Kartoffeln geerntet. Das Erntegut wird vom Vollernter kontinuierlich über Bandförderer auf parallel fahrende Lastwagen verladen und anschließend zum Verarbeitungsbetrieb transportiert. Die mechanischen Belastungen und Beschädigungen der Tomaten durch Ernte und Transport wurden gemeinsam vom Institut für Landtechnik Gödöllő und dem ATB in einer ungarischen Agrarwissenschaft untersucht. Ergebnisse dieser Untersuchung werden vorgestellt.*

Dr.-Ing. Bernd Oberbarnscheidt und Dr. Bernd Herold sind Mitarbeiter und Dr. Martin Geyer ist Leiter der Abteilung „Technik im Gartenbau“ am Institut für Agrartechnik Bornim e.V., Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam (Wissenschaftlicher Direktor: Prof. Dr.-Ing. Jürgen Zasko), e-mail: [boberbarnscheidt@atb-potsdam.de](mailto:boberbarnscheidt@atb-potsdam.de)  
Dr. Béla Borsa, Dipl.-Ing. László Kovács und Dr. Frigyes Jakovác sind Mitarbeiter des ungarischen Instituts für Landtechnik, Tessedik S. U. 4, H-2100 Gödöllő.

## Schlüsselwörter

Tomate, mechanische Belastung, Fruchtbeschädigung, Transport

## Keywords

Tomato, mechanical load, fruit damage, transport

Bei der Warenannahme von Industrietomaten im Verarbeitungsbetrieb wurden Qualitäts- und Masseverluste von über 20% festgestellt, die im Wesentlichen durch geplatzte Früchte bedingt sind. Analysen der Fruchtbeschädigungen erfolgten an Proben, die einerseits vom Verladeband des Vollernters sowie andererseits aus der Ladung des Transportfahrzeugs beim Entladen im Verarbeitungsbetrieb gezogen wurden. Nach der Ernte stellten die Gutachter wesentlich geringere Beschädigungen als nach dem Transport fest, so dass die Transportbedingungen als Hauptursache für Fruchtbeschädigungen in Betracht kamen.

## Untersuchungsmethoden

Die Entstehung von Fruchtbeschädigungen ist ein sehr komplexer Vorgang. Deshalb wurden neben Analysen von definierten Proben von Tomaten auch Messungen der Fahrzeugbewegung und der Druckbelastung in der Tomatenladung in die Untersuchung einbezogen. Die Tomaten für die Proben wurden sorgfältig von Hand geerntet. Von diesen unbelasteten Tomaten wurde ein Teil einer definierten mechanischen Vorbelastung unterworfen, um auf diese Weise den Einfluss der maschinellen Ernte einschließlich des Verladens zu simulieren. Diese Tomaten wurden einzeln aus 1 m Höhe auf eine Holzplatte fallen gelassen.

Die unbelasteten und die mechanisch vorbelasteten Tomaten wurden nummeriert und hälftig in Testbeutel gefüllt. Diese Beutel wurden während des Beladens des Transportfahrzeugs in die Ladung gelegt. Bei Untersuchungen mit einem praxisüblichen Lastwagen wurden die Beutel in 20 cm Höhe (Position unten) und in 60 cm Höhe (Position Mitte) über dem Pritschenboden platziert. Eine weitere Transportuntersuchung erfolgte der Einfachheit halber als Simulationstest mit einem Kleintransporter. Hierbei wurden die Tomaten in einen an die Ladehöhe des Lastwagens angepassten Container geladen (Testbeutel in 20 cm Höhe über dem Containerboden).

Typisch für den Transport sowohl mit dem Lastwagen als auch mit dem Kleintransporter war, dass nach dem Beladen allein durch

die statische Belastung in den unteren Schichten ein Teil der vorbelasteten Tomaten platzte und Saft austrat (Bild 1).

Die Transportuntersuchungen wurden auf jeweils gleichen Fahrtstrecken und mit vergleichbarer Geschwindigkeit durchgeführt. Die Fahrt mit dem Lastwagen zum Verarbeitungsbetrieb dauerte ~ 1 h. Die Fahrtzeiten bei zwei simulierten Transporten mit dem Kleintransporter betragen 10 und 60 min auf der Landstraße, nach einer einheitlichen Fahrtstrecke von ~ 1 km auf einem Feldweg.

Die Tomaten der Testbeutel wurden vor und nach dem Transport visuell auf Beschädigung beurteilt und in eine von vier Beschädigungsgruppen eingestuft (Bild 2).

Während der Fahrten wurden die Fahrzeugbeschleunigungen mit einem triaxialen Beschleunigungssensor und die Druckbelastungen in der Ladung in einer Höhe von 20 cm mit Hilfe einer modifizierten Druckmesskugel PMS-60 erfasst und aufgezeichnet. Die Druckbelastung wird auf Grund der angewendeten Kalibriermethode (Kraft zwischen parallelen Platten) als Druckkraft ausgewiesen. Die Abtastrate betrug bei beiden



Bild 1: Kleintransporter mit Container, zur Hälfte mit Tomaten und darüber mit Zwiebeln (16 Säcke je 25 kg) befüllt, um die Ladehöhe des Lastwagens zu simulieren

Fig. 1: Pick-up car with container half filled with tomatoes and above them with onions (16 bags each with 25 kg) to simulate the bulk height of a real truck

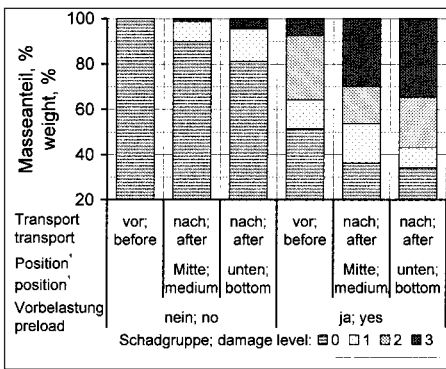


Bild 2: Anteile der beschädigten Tomaten bei Transport mit dem Lastwagen; Sorte Eskort; mittlere Fruchtmasse 65 g; mittlere Härte 5,5 N; Vorbelastung: Fall aus 1 m Höhe auf eine Holzplatte; Schadgruppe: 0: unbeschädigt; 1: Hautrisse bis 5 mm, ohne Saftaustritt; 2: Hautrisse über 5 mm, mit Saftaustritt; 3: tiefe Fleischwunden, mit Saftaustritt; <sup>1)</sup> Lage der Probebeutel

Fig. 2: Proportions of damaged tomatoes when transported by truck; variety Eskort; mean fruit mass 65 g; mean hardness 5.5 N; mechanical preload: drop from 1 m height onto a wooden plate; damage level: 0 undamaged; 1: skin cracks up to 5 mm, without juice loss; 2: skin cracks above 5 mm, with low juice loss; 3 shatter bruises, with high juice loss; <sup>1)</sup> position of bags

Messungen 200 Hz. Für die Langzeitmessungen hätte der interne Speicher der Druckmesskugel nicht ausgereicht. Deshalb wurden die Messdaten kontinuierlich über eine feste Kabelverbindung ausgelesen und in einem Computer gespeichert.

### Fruchtbeschädigungen durch den Transport

Die Beschädigungsanalyse der Tomaten aus den Testbeuteln zeigte, dass Früchte ohne mechanische Vorbelastung durch den Transport nur gering beschädigt wurden. Maschinell geerntete Tomaten unterlagen jedoch immer einer Vorbelastung, die sowohl zu beträchtlichen direkt erkennbaren als auch zunächst nicht sichtbaren Schäden führte. Letztere wurden dann als Folge der Transportbelastung bemerkbar. Bei den Tomaten ohne Vorbelastung wurde ein gewisser Einfluss der Transportdauer festgestellt, der jedoch im Vergleich zu den Einflüssen der Vorbelastung unbedeutend war (Bild 3). Demgegenüber zeigte der Schadensumfang bei den vorbelasteten Tomaten keinen logischen Zusammenhang mit der Transportdauer. Nach 10 min Transportdauer wurde ein höherer Anteil beschädigter Tomaten als nach 60 min ermittelt. Als Ursachen kommen die relativ große Messwertstreuung und möglicherweise die Zeitdifferenz zwischen den Versuchen in Betracht.

Nach dem Transport mit Lastwagen betrug in mittlerer Position der Anteil von Früchten der Schadgruppe 3 bis zu 30%, während beim Kleintransporter (Position unten) maximal 22% Früchte in dieser Schadgruppe festgestellt wurden. Eine Er-

klärung dafür könnte sein, dass bei den Tests mit Kleintransporter im Durchschnitt nur kleinere und härtere Tomaten verfügbar waren. Dies zeigte sich bereits durch unterschiedliche Anteile der beschädigten Früchte nach der Vorbelastung und entsprach auch Ergebnissen früherer Untersuchungen der Abhängigkeit der Fruchtbeschädigung von Größe und Härte der Früchte [1]. Zusätzliche Einflüsse könnten durch Sortenunterschiede und Unterschiede in der Transportbelastung bedingt sein. Insgesamt zeigen die Ergebnisse klare und gleich zu bewertende Tendenzen.

### Beschleunigungen und Druckbelastungen beim Transport

Beim Transport mit dem Lastwagen traten in den drei Koordinatenrichtungen Beschleunigungen bis maximal 8,7 m/s<sup>2</sup> auf. Beschleunigungen in positiver z-Richtung, welche die Wirkung der Schwerkraft verstärken, erreichten maximal 5,4 m/s<sup>2</sup> [2]. Die Druckbelastungen in der Ladung setzten sich entsprechend aus einem statischen Anteil von etwa 44 N und einem dynamischen Anteil von bis zu ±15 N zusammen, welcher durch Unebenheiten der Fahrbahn und Störungen der Gleichmäßigkeit der Fahrbewegung (Bremsen und Beschleunigungen sowie Kurvenfahrt) bedingt war. Starke Beschleunigungsereignisse, zum Beispiel verursacht durch Unebenheiten, wirkten sich auch im Gang der Druckbelastung aus (Bild 4). Generell ließ sich jedoch keine enge Korrelation zwischen Beschleunigung und Druckbelastung nachweisen.

Beim Kleintransporter wurden vor allem bei hoher Fahrtgeschwindigkeit etwas höhere Beschleunigungen bis 10,8 m/s<sup>2</sup> und in positiver z-Richtung bis zu 6,1 m/s<sup>2</sup> gemessen. Die statische und dynamische Druckbelastung dagegen war niedriger. Die statische Belastung in der Ladung betrug etwa 30 N, die dynamischen Belastungen erreichten bis zu ±6 N.

Bild 4: Vertikalbeschleunigung (z) und Druckkraft bei Fahrt über Bodenwellen; Beispiel: Lastwagen-Fahrt auf der Straße, Geschwindigkeit 76 km/h; Korrelationskoeffizienten (r) zwischen Druckkraft und Beschleunigungen:  $r_x = 0,004$ ;  $r_y = 0,230$ ;  $r_z = 0,643$ ;  $r_{res} = 0,644$

Fig. 4: Vertical acceleration (z) and pressure force during driving on uneven road; example: transport by truck on road, speed 76 kph; correlation coefficients (r) between pressure force and accelerations:  $r_x = 0.004$ ;  $r_y = 0.230$ ;  $r_z = 0.643$ ;  $r_{res} = 0.644$

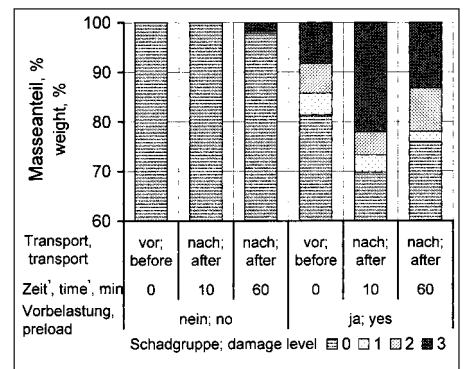


Bild 3: Anteile der beschädigten Tomaten bei Transport mit dem Kleintransporter (<sup>1)</sup>: Transportdauer auf der Straße; Sorte Jovanna; mittlere Fruchtmasse 50 g; mittlere Härte 6,5 N

Fig. 3: Proportions of damaged tomatoes when transported by pick-up (<sup>1)</sup>: transport duration on road; variety Jovanna; mean fruit mass 50 g; mean hardness 6.5 N

### Folgerungen

Die mechanische Belastung der Tomaten vor dem Transport hat entscheidenden Einfluss auf die Beschädigung nach dem Transport. Um die derzeit hohen Verluste zu reduzieren, ist eine Verringerung der mechanischen Belastung durch das maschinelle Ernteverfahren unabdingbar.

Lastwagen und Kleintransporter unterscheiden sich im fahrdynamischen Verhalten. In der Beschädigungswirkung auf Tomaten stimmen die beiden Fahrzeuge jedoch gut überein. Daher wird der Simulationstest mit dem Kleintransporter als geeignet zur Beurteilung der Wirkung der Transportbelastung angesehen.

### Literatur

- [1] Geyer, M., B. Herold, B. Oberbarnscheidt, B. Borsa, F. Jakovác and L. Kovács: Minimized losses by mechanical tomato harvest in consideration of maturity and susceptibility. AGENG2002 Budapest, 2002, Paper No. 02-PH-037
- [2] Geyer, M., B. Herold, B. Oberbarnscheidt, B. Borsa, L. Kovács and F. Jakovác: Detection of mechanical load and damage of industrial tomatoes. Post-harvest Unlimited 2002, Leuven, Belgium, 2002, Book of Abstracts 024

