

Martin Geyer, Manfred Linke, Inka Gerbert und Oliver Schlüter, Potsdam-Bornim, sowie Hans-Peter Kläring, Großbeeren

# Beurteilen der Haltbarkeit klimakterischer Früchte am Beispiel der Tomate

Mit einem „shelf life“ Vorhersagemodell ausgestattete Funklogger sollen den Handel bei seinen Bemühungen unterstützen, qualitativ höherwertiges Obst und Gemüse in den Markt zu bringen und gleichzeitig die Abschriften zu reduzieren. Der hier vorgestellte Ansatz zum Entwickeln eines Vorhersagemodells am Beispiel der Tomate bedient sich sowohl einzelner Kulturparameter aus der Vorernteperiode als auch der Temperatursummenwerte und der Wasserdampfpartialdruckdifferenz in der Nachernteperiode.

Dipl. Ing. Manfred Linke, Inka Gerbert und Dr. Oliver Schlüter sind wissenschaftliche Mitarbeiter, Dr. Martin Geyer ist Leiter der Abteilung Technik im Gartenbau am Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V., (ATB); e-mail: [geyer@atb-potsdam.de](mailto:geyer@atb-potsdam.de)  
Dr. Hans-Peter Kläring ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau Großbeeren und Erfurt.

## Dank

Das Projekt wird im Rahmen des Verbundvorhabens ProSenso.Net2, „Erschließung von Nachhaltigkeitspotentialen durch Nutzung innovativer Sensortechnologien und ganzheitlicher Bewertungsmodelle in der Produktionskette pflanzlicher Lebensmittel“ vom BMBF (FKZ 0339992A) gefördert.

## Schlüsselwörter

Haltbarkeit, Modell, Nachernte, Vorerntebedingungen, Tomate

## Keywords

Shelf life, model, post harvest, preharvest conditions, tomato

## Literatur

Literaturhinweise finden sich unter LT 08321 über Internet [www.landtechnik-net.de/literatur.htm](http://www.landtechnik-net.de/literatur.htm)

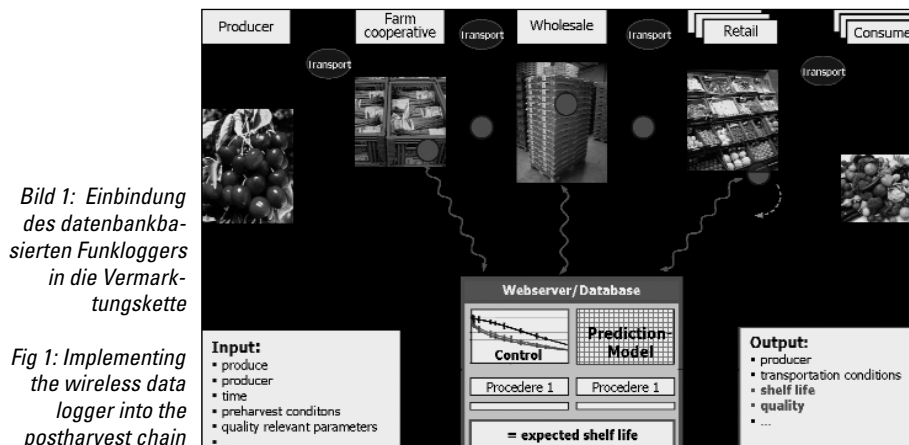


Bild 1: Einbindung des datenbankbasierten Funkloggers in die Vermarktungskette

Fig 1: Implementing the wireless data logger into the postharvest chain

Der Verbraucher erwartet heute vom Handel ein umfangreiches Obst- und Gemüsesortiment in gleichbleibend hoher Qualität über zwölf Monate im Jahr. Um dies zu leisten, benötigt der Handel mehr Informationen über das Produkt und dessen Verhalten in der gesamten Versorgungskette, von der Erzeugung bis zum Verkauf. Die Informationen umfassen sowohl Angaben über Sorte, Herkunft, Reifezustand zur Ernte oder über spezielle Behandlungen und Kulturbedingungen als auch Angaben über die Bedingungen nach der Ernte wie Verpackung, Temperatursumme oder mechanische Belastungen.

Das Ziel des hier beschriebenen Forschungsprojektes ist es, gemeinsam mit einem kleinen bis mittelständischen Unternehmen einen Funkdatenlogger zu entwickeln, der Temperaturen erfasst, weitere Parameter aufnimmt und diese Daten an jedem Auslesepunkt über GPS an eine Basisstation sendet. Aus den Ausgangsdaten (Produktart, Sorte, Kulturbedingungen und Reifezustand) und den Nacherntebedingungen (insbesondere Temperatur, rel. Luftfeuchte und zukünftig Luftbewegung) errechnet das Programm auf einem Server die spezifische Haltbarkeit (Bild 1).

Der Qualitätsverlust in der Versorgungskette, also die Geschwindigkeit des Verderbs gartenbaulicher Produkte, wird überwiegend von der Temperatur und dem Wasserverlust bestimmt, hervorgerufen durch Luftfeuchte und Luftbewegung. Die Temperatur hat einen direkten Einfluss auf die Atmungsrate. Je höher die Temperatur ist, umso früher

wird die Grenze der Vermarktbarkeit erreicht. So wird Brokkoli bereits nach zwei Tagen gelb oder beginnt zu blühen, wird das Gemüse nicht gekühlt. Die Luftfeuchte und die Stoffübergangszahl beeinflussen das Transpirationsverhalten. Besonders empfindlich reagieren auf niedrige Luftfeuchte alle unverpackten Wurzelgemüse, Blattgemüse, Spargel und verschiedene Beerenobstarten. Die Frage des Einflusses der Temperatur auf die Abbaugeschwindigkeit von Obst und Gemüse wurde bereits untersucht und modellhaft beschrieben [1 bis 5]. Die Wasserdampfpartialdruckdifferenz als Maß für das Transpirationsverhalten wurde jedoch bisher wenig berücksichtigt.

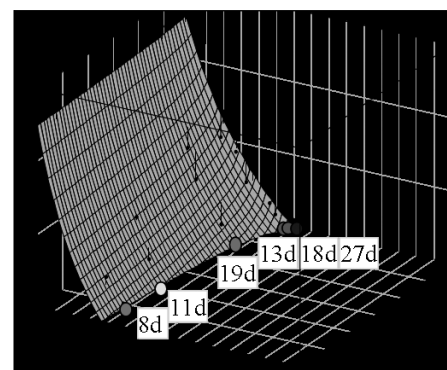


Bild 2: Shelf life in Abhängigkeit von Temperatursumme, VPD und Steifheit der Tomaten bei konstanten Vorerntebedingungen (EC2, CO<sub>2</sub> 400 ppm)

Fig. 2: Shelf life of tomatoes related to thermal impact, VPD and stiffness at constant preharvest conditions (EC<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> 400 ppm)

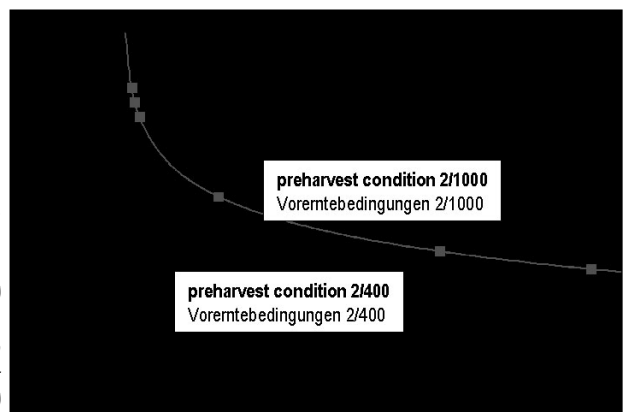
## Material und Methoden

Als Testobjekt für das hier beschriebene „shelf life“ Modell wurden Tomaten ausgewählt, die eine große wirtschaftliche Bedeutung besitzen. Die Tomaten (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. *Counter*) wurden in Gewächshäusern des Leibniz-Instituts für Gemüse- und Zierpflanzenbau Großbeeren/Erfurt hydroponisch auf Steinwolle produziert. Zwei Vorernteparameter wurden variiert, die Nährlösungskonzentration mit EC 2 oder 9 und die CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Umgebungsluft mit 400 und 1000 ppm. Die Ernte der für die Versuche benötigten 432 Tomaten erfolgte im hellroten Zustand.

Zur Untersuchung der Haltbarkeit wurden pro Variante zwölf Tomaten in Gläser mit 5 l Volumen gelegt. Die Hälfte der Gläser blieb offen, die andere Hälfte wurde mit Deckel verschlossen, die einen Luftaustausch nur über zwei Öffnungen mit je 0,01 m Durchmesser erlaubten. Die Tomaten jeder Variante wurden bei 10 °C, 15 °C oder 20 °C bei konstanten Temperaturen und freier Konvektion für drei Wochen gelagert. In den geschlossenen Gläsern wurden rel. Luftfeuchten von 98 % nach Erfahrungswerten geschätzt. In der nahen Umgebung der offenen Gläser wurden rel. Luftfeuchten von 78 % (10 °C), 45 % (15 °C) oder 43 % (20 °C) bestimmt (Tab. 1a).

Die Grenze der Vermarktbarkeit wurde in dieser Studie als der Zeitpunkt definiert, an dem die Verbraucher die Tomaten im Handel nicht mehr kaufen würden. Der Verbraucher orientiert sich beim Kauf an verschiedenen Parametern wie Farbe, Form, Größe oder Glanz. Diese Parameter sind jedoch bei Tomaten nicht geeignet, um objektive und zerstörungsfrei zu messende Schwellen für die Vermarktbarkeit zu definieren. Bei Tomaten bietet sich als Parameter für den Qualitätsverlust das „Weichwerden“, also die nachlassende Steifheit an, welche mit einer Materialprüfmaschine einfach zu messen ist und deren Abnahme in direkter Abhängig-

*Bild 3: Temperatursumme in Abhängigkeit vom VPD bei konstanten Vorerntebedingungen (EC2, CO<sub>2</sub> 400 ppm)*



*Fig. 3: Thermal impact related to VPD at constant preharvest conditions (EC2, CO<sub>2</sub> 400 ppm)*

keit zur Temperatur (Abbau von Inhaltsstoffen) und zum Wasserverlust (resultierend aus Luftfeuchte und Luftströmung) steht.

Mit Hilfe eines Experten Panels mit 30 Teilnehmern wurde der Grenzwert für die Vermarktbarkeit an 40 unterschiedlich weichen Tomaten (Young's modulus 0,4 bis 2,5 Nmm<sup>-1</sup>) bestimmt. Parallel dazu wurde die Gewebesteifigkeit mit der Werkstoffprüfmaschine (Zwick/Roell, Ulm, Germany) mit einer Kugel mit 7 mm Durchmesser bei einer Maximallast von 3 N erfasst.

## Ergebnisse und Diskussion

Die Auswertung des Experten Panels ergab, dass Tomaten mit einem Steifheitswert < 1 Nmm<sup>-1</sup> nicht zu vermarkten sind. So wurde für das „Shelf life“ Vorhersagemodell dieser Wert als Grenzwert der Vermarktung gewählt.

Die Vorgehensweise bei der Erstellung des Modells wird im Folgenden bei konstanten Vorerntebedingungen 400 ppm CO<sub>2</sub> und 2 dS/m Leitfähigkeit der Nährlösung für die drei Temperaturen und zwei Luftfeuchten bei freier Konvektion beschrieben.

Wie zu erwarten war, verlief die Abnahme der Steifheit logarithmisch. Da mehrere Funktionen für jede der drei Temperaturen und zwei Verpackungsvarianten für das Modell zu berechnen waren, wurde in einem ersten Schritt die Beziehung Zeit nach der Ernte in Abhängigkeit von der Temperatur für die zwei Verpackungsvarianten bis zum Erreichen der Vermarktungsgrenze berechnet. Auf dieser Basis wurde in einem zwei-

ten Schritt der Rückgang der Steifheit in Beziehung zu den Temperatursummenwerten und der rel. Luftfeuchte ausgedrückt als Wasserdampfpartialdruckdifferenzen (VPD) zwischen Produkt und Umgebungsluft gesetzt.

Betrachtet man die Daten für den Steifheitsgrenzwert von 1 Nmm<sup>-1</sup>, so ist deutlich zu erkennen, dass der Temperatursummenwert bei jeder Verpackungsvariante relativ konstant bleibt und sich daraus nur aufgrund der unterschiedlichen Temperaturen unterschiedliche Resthaltbarkeiten ergeben (Tab. 1b). Bezieht man die rel. Luftfeuchte bei freier Konvektion in das Modell mit ein, zeigt sich eine Fristverlängerung zur Vermarktung bei allen Varianten um etwa eine Woche. Entsprechend wird deutlich, dass Tomaten beispielsweise bei 15 °C und hoher Luftfeuchte entsprechend so lange lagerfähig sind wie Tomaten bei 10 °C und niedriger Luftfeuchte. Zusätzlich zeigt sich, dass der Einfluss der Temperatur auf die Steifheit bei geringem VPD höher ausfällt als bei hohen Differenzen.

Ziel der Untersuchungen ist es, ein Modell zu entwickeln, um die Resthaltbarkeit der Tomaten an jeder Stelle in der Nacherntekette vorhersagen zu können. Dies bedeutet, dass für die Haltbarkeitsberechnung nur die Werte von Bedeutung sind, bei denen sich die modellierte Fläche mit der 1 Nmm<sup>-1</sup> Achse schneidet (Bild 2). Eine weitere Vereinfachung ergibt sich dadurch, dass für diesen speziellen Fall nur noch die Temperatursumme mit VPD (hPa) in Beziehung gesetzt wird (Bild 3). Aus den Temperatursummenwerten lassen sich die Gesamt- und die Resthaltbarkeiten rückrechnen. Diese Informationen sollen dann an jeder Stelle der Kette dem Handel, gegebenenfalls auch dem Verbraucher zur Verfügung gestellt werden. Wobei an dieser Stelle nochmals ausdrücklich darauf hinzuweisen ist, dass die Beziehung zurzeit nur für freie Konvektion gültig ist.

Dass sich unterschiedliche Vorerntebedingungen ebenfalls auf das „shelf life“ auswirken, ist in Bild 3 dargestellt, wo der Einfluss zwei verschiedener CO<sub>2</sub> Konzentrationen (400 und 1000 ppm) aufgetragen ist. Das „shelf life“ verlängert sich durch diese Maßnahme je nach Temperatur- und Verpackungsbedingungen zwischen ein und 13 Tagen.

*Tab. 1a und b: Überblick über die Behandlungsvarianten zur Entwicklung des Modells für jeweils 12 Tomaten; shelf life bis zur Vermarktungsgrenze und deren Temperatursummenwerte für konstante Vorerntebedingungen (EC2, CO<sub>2</sub> 400 ppm)*

*Table 1a: Treatments of respectively 12 tomatoes to develop the prediction model; b: shelf life until threshold of marketability is reached and corresponding thermal impact (EC2, CO<sub>2</sub> 400 ppm)*

a: Vorerntebedingungen / preharvest cond. Verpackung / packaging	Leitfähigkeit EC 2 oder 9, CO <sub>2</sub> 400 oder 1000 ppm					
	geschlossen/closed			offen/open		
Lagertemperatur / temperature (°C)	10	15	20	10	15	20
Rel. Feuchte / rel humidity (%)	98	98	98	78	45	43
Wasserdampfpartialdruckdifferenz (hPa)	0,25	0,34	0,47	2,7	9,01	13,3
b: Haltbarkeit / shelf life (d)	26	18	13	19	11	8
Temperatursumme /thermal imp. (°C*h)	6240	6480	6240	4560	3960	3840

## Literatur

- [1] *Artes, F., F. Garcia, J. Marquina, A. Cano and J.P. Fernandez-Trujillo*: Physiological responses of tomato fruit to cyclic intermittent temperature regimes. *Postharvest Biology and Technology* 14, (1998), pp. 283–296
- [2] *Dijk, C. van, C. Boeriu, T. Stolle-Smits and L.M.M. Tijskens*: The firmness of stored tomatoes (cv. Tradiro). 1. Kinetic and near infrared models to describe firmness and moisture loss. *Journal of Food Engineering*, 77 (2006), no. 3, pp. 575-585
- [3] *Dijk, C. van, C. Boeriu, T. Stolle-Smits and L.M.M. Tijskens*: The firmness of stored tomatoes (cv. Tradiro). 2. Kinetic and Near Infrared models to describe pectin degrading enzymes and firmness loss. *Journal of Food Engineering*, 77 (2006), no. 3, pp. 585-593
- [4] *Hertog, M.L.A.T., R. Ben-Arie, E. Roth and B.M. Nicolai*: Humidity and temperature effects on invasive and non-invasive firmness measures. *Postharvest Biology and Technology* 33 (2004), pp. 79-91
- [5] *Schouten, R.E., T.P.M. Huijben, L.M.M. Tijskens and O. van Kooten*: Modelling quality attributes of truss tomatoes: Linking colour and firmness maturity. *Postharvest Biology and Technology* 45 (2007a), pp. 298-306
- [6] *Schouten, R.E., T.P.M. Huijben, L.M.M. Tijskens and O. van Kooten*: Modelling the acceptance period of truss tomato batches. *Postharvest Biology and Technology* 45 (2007b), pp. 307-316