

# Frishemessung und Frischeerhaltung bei Gemüse

Martin Geyer und Manfred Linke (Potsdam-Bornim)

Der heutige Verbraucher erwartet beim Einkaufen von Gemüse optimal frische und gesunde Ware. Wer häufiger zum Einkaufen geht weiß, dass dies nicht immer der Fall ist. Das Gemüse liegt oft welk und unansehnlich in den Regalen und animiert wenig zum Kauf. Die meisten Gemüsearten reagieren sehr empfindlich auf ungünstige klimatische Bedingungen. Daher verderben bzw. welken sie unter den gegebenen Vermarktungsbedingungen sehr schnell. Es stellt sich daher die Frage, ob und wie Frische objektiv messbar ist und – daraus folgend – wie Gemüse unter Verkaufsbedingungen länger frisch und attraktiv erhalten werden kann.

Die Auffassungen darüber, wie Frische zu definieren ist, gehen in Wissenschaft und Praxis weit auseinander. Was für den einen nur ein Schlagwort aus diversen Werbeslogans darstellt, ist für den anderen eine Summe von spezifischen Produkteigenschaften. Für den Einkauf stehen naturgemäß solche Parameter im Vordergrund, die unmittelbar mit den Sinnen erfassbar sind. Aus dem äußeren Erscheinungsbild, verbunden mit subjektiven Erfahrungen oder Erwartungen, werden gleichzeitig Rückschlüsse auf Inhaltsstoffe gezogen, die nicht von außen bzw. gar nicht durch die menschlichen Sinne erfasst werden können.

**Abb. 1: Zur Bestimmung des Wasserzustandes werden lediglich die Gewichtsabnahme pro Zeiteinheit und die Oberflächentemperatur, hier am Beispiel eines Pfirsichs, unter definierten Umgebungsbedingungen gemessen.**



Bei Gemüse wird Frische häufig mit Produkteigenschaften wie feuchte und kühle Oberfläche ('taufrisch'), fest und glänzend ('knackig'), ansprechende und typische Farbe ('junges Gemüse') und Ähnlichem in Verbindung gebracht. Frische ist eine sehr komplexe Kenngröße, die sich sowohl aus äußeren als auch inneren Eigenschaften zusammensetzt. Deshalb ist es so schwierig, Frische objektiv und mit vertretbarem Aufwand zu erfassen. Für die Definition der Frische bei Gemüse sind insbesondere der Wasserhaushalt des Produktes („äußerer Frischegrad“) und die Konzentration wertgebender Inhaltsstoffe von Bedeutung.

## WASSERHAUSHALT ALS FRISCHEKRITERIUM

Das wichtigste Bewertungskriterium, ob ein Produkt als frisch oder als welk gekennzeichnet wird, ist der Wasserhaushalt des Produktes. Dieser Wasserhaushalt wird im wesentlichen durch die Transpiration und die Wasserumverteilung innerhalb des Produkts charakterisiert. Beide verändern die zum Zeitpunkt der Ernte vorhandene Wassergehaltsverteilung und führen zu typischen Differenzen im Produkt.

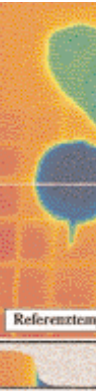
Durch die Transpiration entstehen Druckunterschiede zwischen einzelnen Pflanzenteilen (z.B. Laub, Knolle) und innerhalb dieser Pflanzenteile. Da nur ein begrenzter Wasservorrat im Produkt vorhanden ist, wird das vorhandene Wasser so lange umverteilt, bis sich ein Gleichgewichtszustand zwischen dem Produkt und seiner Umgebung einstellt. Die Intensität des Wassertransportes ist dabei sowohl von typischen Produkteigenschaften als auch von der Temperatur und der relativen Feuchtigkeit der umgebenden Luft sowie von den jeweiligen Umströmungsbedingungen abhängig.

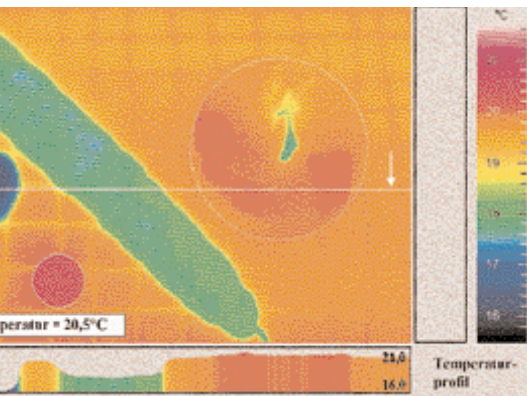
## ÄUSSERER FRISCHEGRAD

Wird davon ausgegangen, dass der Verbraucher einerseits Frische für sehr wichtig hält, andererseits beim Kauf aber nur eine visuelle/fühlbare Einschätzung vornehmen kann, erscheint es zweckmäßig, einen äußeren Frischegrad zu definieren, der den Zustand an der Oberfläche des Produktes beschreibt. Es ist eine Produkteigenschaft auszuwählen, die den Wasserverlust der äußeren Gewebeschichten widerspiegelt und die auf einfache Art und Weise zerstörungsfrei erfasst werden kann.

Ein solches Messprinzip, bei dem aus dem Transpirationsverhalten des Produktes bei gleichbleibenden Umströmungsbedingungen ein äußerer Frischegrad bestimmt wird, wurde im Institut für Agrartechnik Bornim entwickelt. Die Grundidee des Verfahrens basiert auf zwei Voraussetzungen:

- Je frischer ein Produkt, desto mehr Wasser verliert es pro Zeiteinheit,





**Abb. 2: Thermographische Aufnahme: Die Oberflächentemperatur unterschiedlicher Gemüsearten (Radies, Möhre und Tomate) ist umso niedriger, je mehr Wasser verdunstet. Das Temperaturprofil (unten) gibt die Temperaturverhältnisse an der eingezeichneten Linie wieder.**

■ der gesamte Wasserverlust in der Nacherntezeit erfolgt als Transpiration über die Oberfläche.

Zur Bestimmung des Wasserzustandes werden lediglich die Gewichtsabnahme pro Zeiteinheit und die Oberflächentemperatur des Produktes gemessen (Abb. 1). Dafür müssen die Luftparameter und die Umströmungsbedingungen bekannt sein oder konstant gehalten werden. Durch die Verdunstung des Wassers kühlt sich die Oberfläche des Gemüses ab (Abb. 2). Die Temperaturdifferenz unter definierten Umgebungsbedingungen ist ein Maß für die Intensität der Transpiration. Wird beispielsweise innerhalb der Messzeit von wenigen Minuten vergleichsweise viel Wasser pro Flächeneinheit an die Luft abgegeben, hat das Produkt einen hohen Frischegrad und umgekehrt.

Dieses Messverfahren zeichnet sich insbesondere dadurch aus, dass eine Bezugsbasis vorhanden ist und damit keine vergleichenden Messungen notwendig sind. Diese Basis ist der Zustand der Wassersättigung. Die Tatsache, dass pflanzliche Zellen nur eine begrenzte Wassermenge aufnehmen können, wird hier ausgenutzt, um die Ergebnisse

von Messungen, die zu beliebigen Zeitpunkten an unterschiedlichen Produkten durchgeführt wurden, miteinander zu vergleichen. Dadurch kann einerseits der Messaufwand entscheidend verringert werden, andererseits besitzt das Messergebnis eine höhere Aussagekraft. Ein vollkommen wassergesättigtes Produkt hat damit einen äußeren Frischegrad von 100%, Produkte mit Wasserverlust infolge von Klimaeinflüssen oder mechanischen Verletzungen weisen entsprechend geringere Frischegrade auf. Das bedeutet gleichzeitig, dass ein Produkt zum Erntezeitpunkt nicht unbedingt einen Frischegrad von 100% haben muss!

Ein weiterer Vorteil dieses Verfahrens ist, dass auf der Grundlage von Veränderungen des äußeren Frischegrades von Gemüse klimatische Belastungen in der Nacherntezeit bewertet werden können. Ein Beispiel hierfür sind die Vermarktungsbedingungen im Lebensmitteleinzelhandel.

### FRISCHE IM EINZELHANDEL

Auf dem Weg von der Ernte bis auf den Ladentisch durchläuft Gemüse eine Vielzahl von Stufen mit unterschiedlichen klimatischen Bedingungen. Um die Frische möglichst lange zu erhalten, sind eine geschlossene Kühlkette und der schnelle Entzug der Feldwärme durch geeignete Vorkühlverfahren wichtige Forderungen an die Erzeuger. Die für das Gemüse ungünstigsten klimatischen Bedingungen bestehen jedoch während der Vermarktung, also wenn das Gemüse offen und ungeschützt präsentiert wird.

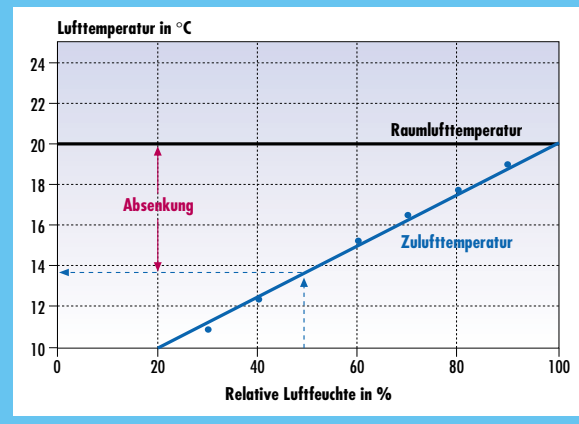
Hohe Raumlufttemperaturen, teils noch unterstützt durch ungünstige Beleuchtungsmittel, trockene Luft und geringe Luftbewegung begünstigen ein schnelles Welken der Ware auf Grund der großen Wasserdampf-Partialdruckdifferenz zwischen Gemüseoberfläche und umgebender Luft. Insbesondere Gemüsearten

wie Salate, Radies, Bundmöhren oder Kohlrabi verlieren in kurzer Zeit sehr viel Wasser und damit ihren Anspruch an Frische.

Die Suche nach geeigneten Lösungen für den Lebensmitteleinzelhandel ist schwierig. Neben den Ansprüchen des Gemüses müssen die unterschiedlichen Anforderungen des Handels – wie die optimale Präsentation der Ware, die Bedienbarkeit und Handhabung der Möbel, hygienische Anforderungen, Standards des Ladenbaus – und ökonomische Fragen berücksichtigt werden.

Unter diesen Aspekten werden im Ladenbau unterschiedliche Verfahren angeboten, wobei sich die wenigsten Varianten an den Ansprüchen des Gemüses orientieren.

**Abb. 3: Mögliche erreichbare Temperatur der Zuluft durch Verdunstungskühlung bei einer Raumtemperatur von 20 °C in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchte**



### LUFTBEFEUCHTUNG

Das große Problem der offenen Präsentation ist also die hohe Wasserdampf-Partialdruckdifferenz zwischen Gemüse und umgebender Luft, die zu einer hohen Transpiration und schnellen Welke führt. Durch eine gezielte Erhöhung der Luftfeuchtigkeit im Produktbereich kann dieses Problem verringert werden.

Eine Möglichkeit ist das zeitweilige Besprühen der Ware mit Wasser aus Spritzdüsen. Beispielsweise

sprüht die Anlage jede halbe Stunde für 5 Sekunden feinste Tröpfchen. Das Problem des Nasswerdens der Ware kann nur durch teure Hochdrucksysteme gelöst werden, die das Wasser vernebeln. Zum Teil wird dies in England und den USA so gehandhabt. Hochdruckdüsen sind oberhalb der Präsentationstheke angeordnet und verteilen einen feinen Nebel.

Eine andere Variante der Luftbefeuchtung sind Ultraschallverdunster, die Nebel aus Wassertröpfchen mit vergleichsweise kleinen Durchmessern von 2 bis 5 µm erzeugen. Wenn die Luftführung so gestaltet wird, dass der Hauptteil der Verdunstung im Produktbereich wirksam wird, lassen sich gleichzeitig zwei für das Produkt günstige Effekte erreichen: Die Luftfeuchtigkeit wird bis in den Bereich der Sättigung erhöht und die Lufttemperatur durch Verdunstungskühlung gesenkt.

Durch die Kombination von Abkühlung und Luftbefeuchtung bei der Verdunstung von Wasser werden also drei wesentliche Effekte erzielt:

- Absenkung der Luft-/Produkttemperatur,
- gleichzeitige Erhöhung der Luftfeuchte,
- vergleichsweise geringer Energieverbrauch.

Rechnerisch kann bei einer Raumlufttemperatur von 20 °C und 50 %



**Abb. 5: Verkaufsmöbel mit Luftbefeuchtung. Ein mit dem Auge kaum sichtbarer Kaltnebelschleier legt sich über das Gemüse.**

reits eine Verringerung der Atmungsrate je kg Produkt und Stunde um mehr als ein Drittel, von über 80 mg CO<sub>2</sub> auf unter 50 mgCO<sub>2</sub>.

Das Verfahren ist auch in Kombination mit Maschinenkühlung möglich, wodurch dann tiefere Temperaturen zu erzielen sind und der Abbau von Inhaltsstoffen des Gemüses weiter reduziert wird. Dabei werden Kaltluft, Wasserdampf und Umgebungsluft so miteinander vermischt, dass kalte und gleichzeitig feuchte Luft an das Produkt gelangt. Auf diese Weise lässt sich die ungünstige Trocknungswirkung von herkömmlichen Kälteanlagen vermeiden. Um eine gleichzeitige Abkühlung und Luftbefeuchtung zu erzielen, muss die Dimensionierung der Gerätetechnik für die Mischung von Luft und Wasser sorgfältig aufeinander abgestimmt sein.

Zum Einsatz solcher Präsentationskühlmöbel mit zusätzlicher Luftbefeuchtung wurden am ATB gemeinsam mit Industriepartnern umfangreiche Entwicklungsarbeiten geleistet. Zurzeit erfolgt eine Erprobung dieser Möbel (Abb. 5) unter praktischen Bedingungen in drei Lebensmittelmärkten im Raum Potsdam.

*Dr. M. Geyer, M. Linke, Institut für Agrartechnik Bornim, Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam-Bornim*

relativer Luftfeuchte eine Temperaturabsenkung in der Zuluft von mehr als 6 Grad allein durch die Verdunstungskälte erreicht werden (siehe Abb. 3).

Zur praktischen Erprobung wurden am Institut für Agrartechnik Bornim (ATB) Versuche mit einem einfachen Verkaufsmöbel durchgeführt, das mit einem Ultraschallverdunster zur Luftbefeuchtung ausgestattet war. Unter den genannten Ausgangsbedingungen (20 °C; 50 % rLF) konnten mit dem Verdunster immerhin 4 Grad Temperaturdifferenz bei gleichzeitiger Erhöhung der relativen Luftfeuchte auf fast 90 % erzielt werden. Dadurch ließ sich die Frische von Kopfsalat deutlich länger als bei normaler Präsentation erhalten (Abb. 4): Über einen Zeitraum von 5 Stunden betrug der Wasserverlust lediglich 2 %; in der nicht befeuchteten, offen liegenden Kontrollvariante waren es 12 %. Dieser Effekt ist primär auf den positiven Einfluss der hohen relativen Luftfeuchte (rLF) am Produkt zurückzuführen. Darüber hinaus bewirkt die Kühlung – obwohl sie gering erscheint – be-

**Abb. 4: Wasserverlust von Kopfsalat bei unterschiedlichen Klimabedingungen ohne und mit Verdunstungskühlung**

