

Werner Maltry, Potsdam-Bornim

# Abtrocknen von gewaschenen Kartoffeln

**Die rasche Oberflächenabtrocknung gewaschener Speisekartoffeln ist ein wesentlicher Teilprozeß zu ihrer Qualitätserhaltung. Aus trocknungsphysikalischen Gründen eignet sich hierfür das Verfahren der Kühlbelüftungstrocknung, bei dem die für die Wasserverdunstung erforderliche Wärme während des vorangehenden Waschvorgangs an die Kartoffeln übertragen wird und die trocknende Luft eine niedrigere Temperatur als die Kartoffeln hat. Modellrechnungen zum Erwärmungs- und Trocknungsvorgang für den Einzelkörper und die Schüttung bildeten die Grundlage für die Auslegung der Einrichtungen.**

Im Rahmen des Qualitätsmarkenkonzeptes der FRIWEIKA e.G. Weidensdorf bei der umfassenden Rekonstruktion und Erweiterung des Kartoffellagerhauses wurde der „Qualität vom Acker bis zum Gaumen“ besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Eines der Qualitätsziele war der Umschlag der aufbereiteten Kartoffeln in Großbehältern und zwecks besserer Qualitätserhaltung die rasche Rücktrocknung gewaschener Speisekartoffeln [1].

Vor der konstruktiven Gestaltung der hierfür geeigneten verfahrenstechnischen Einrichtungen waren einige Grundprobleme des Trocknungsverhaltens oberflächenfeuchter Kartoffeln zu klären.

Unter Nutzung der bekannten Grundlagen des Stoff- und Wärmetransports konnten die speziellen Probleme des

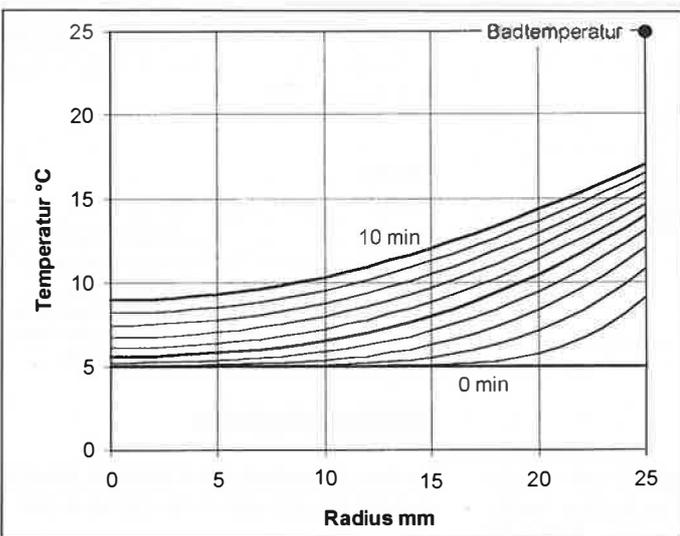


Bild 1: Temperaturverteilung im Inneren einer Kartoffel von anfänglich 5 °C, die in einem Wasserbad von 25 °C durch Wärmeübergang und instationäre Wärmeleitung in bewegtem Wasser aufgewärmt wird, ermittelt mit der Methode der finiten Elemente

Fig. 1: Temperature distribution inside a potato with 5 °C initially, which has been warmed up in a water bath of 25 °C by heat transmission and by instationary thermal conduction in the agitated water, calculated with the finite element analysis

Prof. Dr.-Ing. habil. Werner Maltry war seit 1957 im traditionsreichen Bornimer Institut tätig (jetzt Institut für Agrartechnik Bornim e.V. ATB, Max-Eyth-Allee 100, D-14469 Potsdam-Bornim) und hat Beiträge zur Trocknung landwirtschaftlicher Produkte, zur Klimagegestaltung in Stallanlagen und zur Lagerung von Zwiebeln und Kartoffeln geleistet. Bis zu seinem altersbedingten Ausscheiden aus dem ATB im Jahre 1996 war er Leiter der Abteilung Aufbereitung, Lagerung und Konservierung. Im jetzigen „Ruhestand“ werden von ihm spezielle thermodynamische Probleme insbesondere zur Trocknung bearbeitet. Die thermodynamische Analyse zum Aufwärmen von Kartoffeln in Waschwasser und zum nachfolgenden Abtrocknen erfolgte im Auftrag der FRIWEIKA e. G. Weidensdorf.

Bild 2: Zusammenhang zwischen Aufenthaltszeit im Waschbad und erreichbarer mittlerer Kartoffeltemperatur bei verschiedenen Kartoffelanfangstemperaturen. Kartoffeldurchmesser 60 mm, Wasserbadtemperatur 25 °C

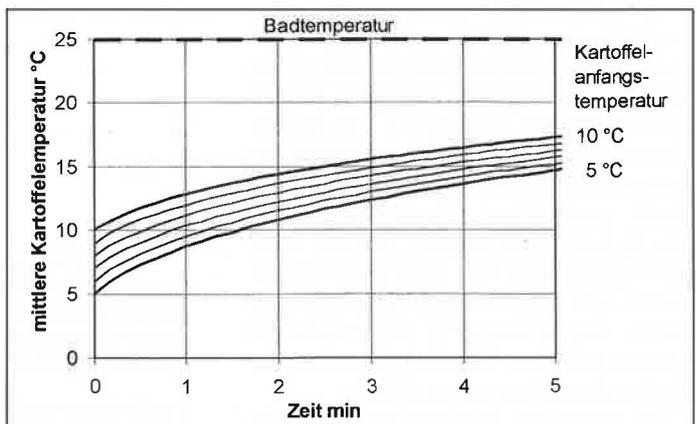


Fig. 2: Relationship between the time in the wash water and obtainable mean temperature at various initial potato temperatures. Potato diameter 60 mm, wash water 25 °C

Abtrocknens gewaschener Kartoffeln einer Lösung zugeführt werden [2]; während der Phase der Erprobung erwiesen sich die Modellberechnungen als zutreffend.

## Wärmezufuhr während des Waschens

Für oberflächenfeuchte Kartoffeln gilt die Besonderheit, daß die Wärmekapazität der Knolle bereits bei geringen Temperaturdifferenzen ausreicht, die für die Oberflächenwasserverdunstung erforderliche Wärme aufzubringen, so daß es zweckmäßig ist, die für die Trocknung erforderliche Wärme über den Waschvorgang an die Kartoffeln zu transportieren.

Die Vorgänge des Wärmeübergangs an der Oberfläche und der instationären Wärmeleitung im Inneren sind für verschiedene Körperformen, darunter für Kugeln, weitgehend geklärt, so daß Modellrechnungen für verschiedene Bedingungen und daraus eine Prozeßoptimierung möglich sind. Bild 1 zeigt die zeitabhängige Temperaturverteilung in einer Kartoffel mit 50 mm Durchmesser von anfangs 5 °C in einem bewegten Wasserbad von 25 °C, ermittelt mit der Methode der finiten Elemente. Man erkennt, daß sich die Kartoffel erwartungsgemäß in Oberflächennähe bevorzugt erwärmt.

Bild 2 ist ein Quantifizierungsbeispiel; man erkennt, daß sich bei 60 mm Knolldurchmesser die anfängliche Temperaturdifferenz in etwa 5 min halbiert.

Zwischen der Erhöhung der mittleren Kartoffeltemperatur, dem Kartoffeldurchsatz und der erforderlichen Heizleistung für das Wasserbad existiert ein einfacher Bilanzzusammenhang; bei 30 t/h Durchsatz und 10 K Kartoffeltemperaturerhöhung sind rund 310 kW Wärmeleistung erforderlich.

## Haftwasseranteil

Nach Erfahrungen aus Weidensdorf ist für 50 mm-Knollen nach dem Durchgang über Gummi- und Filzwalzen mit 0,4 % Rest-Oberflächenwasser zu rechnen.

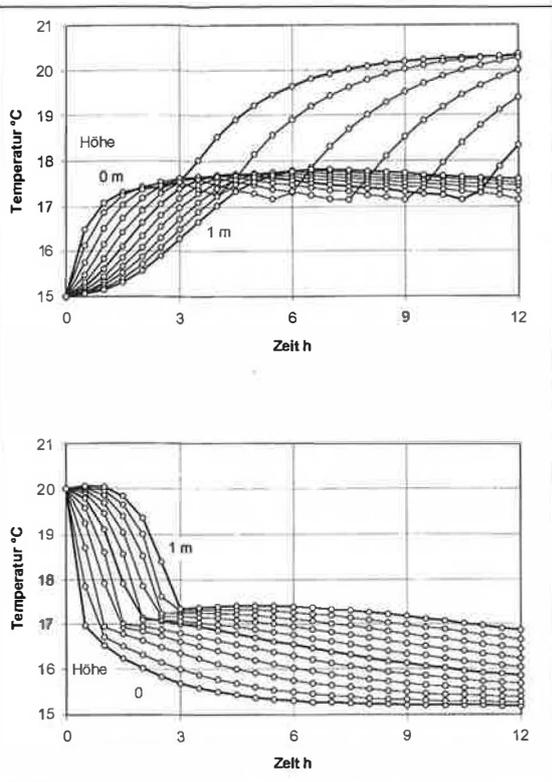


Bild 3: Verlauf der Temperaturen in verschiedenen Höhen einer durch Zwangsbelüftung trocknenden, anfänglich oberflächenfeuchten Kartoffelschüttung (Kartoffel  $\varnothing$  60 mm, Luftrate  $300 \text{ m}^3/\text{t}\cdot\text{h}$ , Schalenwiderstand wirksam); oben: Warmlufttrocknung, Kartoffelanfangstemperatur  $15^\circ\text{C}$ , Lufttemperatur  $20^\circ\text{C}$ , rel. Luftfeuchte 80%; unten: Kühlbelüftungstrocknung, Kartoffelanfangstemperatur  $20^\circ\text{C}$ , Lufttemperatur  $15^\circ\text{C}$ , rel. Luftfeuchte 100%

Fig. 3: Course of temperatures in various heights of an initially surface wet potato bulk, being dried with forced ventilation; (potato diameter  $\varnothing$  60 mm, air rate  $300 \text{ m}^3/\text{t}\cdot\text{h}$ , peel resistance effective); above: warm air drying, (initial potato temperature  $15^\circ\text{C}$ , air temperature  $20^\circ\text{C}$ , rel. humidity 80 %); below: cool air ventilation drying (initial potato temperature  $20^\circ\text{C}$ , air temperature  $15^\circ\text{C}$ , rel. humidity 100 %)

### Abtrocknung

Dem vorliegenden Beitrag liegen Modellrechnungen zur Zwangslüftung zugrunde, die einmal nach dem Prinzip der Warmlufttrocknung und zum andern entsprechend der für Kartoffeln zweckmäßigen Kühlbelüftungstrocknung arbeiten. Mit den für diese Bedingungen bekannten strömungstechnischen Grundlagen lassen sich sowohl die zeitlich veränderlichen Strömungsbedingungen als auch die Wärme- und Stofftransporterscheinungen zwischen Luft und Schüttung quantifizieren [3].

Obwohl alle Einzelheiten der Trocknung einer anfänglich oberflächenfeuchten Schüttung mit dem Übergang der Trocknung von allseitig feuchten Knollen zur Trocknung des Zwickel-Restwassers noch nicht experimentell erforscht sind, läßt sich das tatsächliche prinzipielle Verhalten der trocknenden Schüttung unter der Annahme zutreffend modellieren, daß der Stoffübergangskoeffizient an der

oberflächlich abgetrockneten Knolle nur einen Bruchteil (etwa 1/1000) des Stoffübergangskoeffizienten an einer Wasseroberfläche beträgt.

Den Modellierungsergebnissen liegen folgende Daten zugrunde (Tab. 1).

Bei Trocknung anfänglich kühler Kartoffeln mit warmer Luft bewirkt die die Schüttung durchströmende Luft (Bild 3 oben) zunächst, daß die Kartoffeltemperatur in allen Höhen der Kühlgrenztemperatur der eintretenden Luft zustrebt. Nach dem Verdunsten des Oberflächenwassers verlassen die Temperaturen Schicht für Schicht die Kühlgrenztemperatur und nähern sich der Lufttemperatur an. Die Analyse der Temperaturen in einer durch Kühlbelüftungstrocknung behandelten Schüttung (Bild 3 unten) zeigt einen zunächst raschen, gestaffelten Temperaturabfall und – nach Abtrocknung des Oberflächenwassers – ein sehr langsames Annähern der Temperaturen der einzelnen Schichten an die kühle Lufttemperatur. Den dramatischen Unterschied zwischen Warmlufttrocknung und Kühlbelüftungstrocknung bei vergleichbaren Verhältnissen zeigt die Darstellung der Verdunstung (Bild 4).

Bei der Warmlufttrocknung (Bild 4 oben) hat die Wasserverdunstung im Eintrittsbereich der Luft zunächst eine Kondensation in den nachfolgenden Schichten zur Folge, bevor nach etwa 6 h die Trocknung des Wassers aus der obersten Schicht beginnt. Die bei der Warmlufttrocknung von der Luft an die Knollen zu übertragende Wärme führt somit zunächst sogar zu einer zusätzlichen Befeuchtung und insgesamt zu einer starken Verzögerung des Trocknungsprozesses. Bei der Kühlbelüftungstrocknung (Bild 4 unten) ist die zur Trocknung des Oberflächenwassers erforderliche Wärme bereits in den Kartoffeln vorhanden und gestattet deshalb den sofortigen Beginn des Trocknungsprozesses. Die Temperatur der einzelnen Schichten fällt im gleichen Maße, wie die Trocknung voranschreitet. Unter den mit der Warmlufttrocknung vergleichbaren Daten ist die Trocknung nach 3 h abgeschlossen.

Die praktische Erprobung dieses Verfahrens der Kühlbelüftungstrocknung mit Hilfe eines speziellen „Lüftungslöffels“ für jede Großkiste im Großkistenregal der Aufbereitungshalle Weidensdorf ergab eine völlig zufriedenstellende Abtrocknungsleistung.

**Literaturhinweise sind vom Verlag unter LT 98411 erhältlich.**

Tab. 1: Kennwerte der Trocknungsvarianten

Table 1: Parameter of drying variants

Trocknungsvariante	Warmluft	Kühlbelüftung
Knollen $\varnothing$ in mm	60	60
Haftwasser %	0,33	0,33
Luftrate $\text{m}^3/\text{t}\cdot\text{h}$	300	300
Kartoffelanfangstemperatur $^\circ\text{C}$	15	20
Lufttemperatur $^\circ\text{C}$	20	15
relative Luftfeuchtigkeit %	80	100

## Schlüsselwörter

Kartoffel, Waschen, Erwärmen, Trocknen, Qualität

## Keywords

Potato, washing, warming up, drying, quality

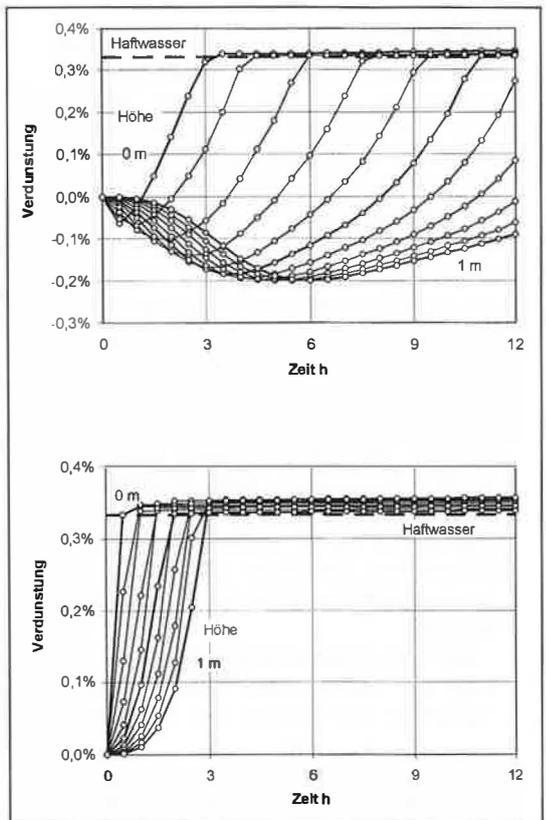


Bild 4: Verlauf der verdunsteten oder kondensierten Wasseranteile in verschiedenen Höhen einer durch Zwangsbelüftung trocknenden, anfänglich oberflächenfeuchten Kartoffelschüttung; oben: Warmlufttrocknung, unten: Kühlbelüftungstrocknung (Daten wie in Bild 3)

Fig. 4: Course of evaporated respectively condensed water shares in various heights of an initially surface wet potato bulk being dried with forced ventilation; above: warm air drying, below: cool air ventilation drying (data as in fig. 3)