

Im Institut für Landtechnik Repy befaßte sich in den Jahren 1962 bis 1964 eine Arbeitsgruppe mit der Forschung auf dem Gebiet der Arbeitsvorgänge bei der Sortierung, Aufbereitung und Lagerung der Kartoffeln.

Die Forschungsarbeiten wurden im Dezember 1964 mit einem Bericht abgeschlossen, der u. a. einen Entwurf für eine zentrale komplexe Nacherntebehandlung von Kartoffeln enthielt.

Die Parameter, die eine solche Einrichtung charakterisieren, sind: Leistung der Aufnahme- und Sortierkette 25 t/h; Leistung der Ausleseketten 15 bis 18 t/h; Leistung der Kette zum Dämpfen der Futterkartoffeln 6 t/h; Kapazität des Lagers und Zwischenlagers 1500 t; Kampagneleistung bis 8000 t, Arbeitskräftebedarf 19 bis 22 Ak. Aufwand an Akl je t Kartoffeln einschließlich Sortieren, Auslesen vor der Lagerung und beim Transport sowie der Pflege während der Lagerungszeit wird bei Speise- und Pflanzkartoffeln auf 2,2 bis 2,6 Akl/t kalkuliert; die direkten Kosten insgesamt schwanken zwischen 10 bis 13 Kčs/t.

In Sortierraum der zentralen Einrichtung können bis 6 verschiedene Arbeitsvorgänge der Kartoffelaufbereitung ablaufen. Die Technologie des gewählten Verfahrens richtet sich einerseits nach dem Zweck, zu dem die Kartoffeln angebaut wurden, andererseits nach dem Ernteverfahren. Einen großen Aufwand bei der Aufbereitung erfordert z. B. die Zweiphasen-ernte auf klutigen und steinigten Böden. Hier schafft man es auch bei voller Besetzung am Ausleseband der Sammelroder nicht, alle Beimengungen auszulesen.

Nach den bisherigen Erfahrungen ist eine ordnungsgemäße Aussonderung der Mineralbeimengungen nur mit der Aufbereitung einer Wasser-Lehm-Suspension zu erreichen.

Alle bekannten Systeme von Naß-Trennanlagen trocknen entweder die Kartoffeln ungenügend ab, oder haben einen zu hohen spezifischen Wärmeverbrauch für das Verdampfen der Oberflächenfeuchtigkeit. So schwankt bei der Lockwood-Maschinenkette der Wärmeverbrauch zum Verdampfen von 1 kg Wasser zwischen 12 000 und 14 000 kcal bei einer Leistung der Kette von 2,2 t/h.

### Lagerfähigkeit gewaschener Kartoffeln

Der langjährige Praktiker J. D. SWAN gibt im American Potato Journal an, daß die Masseverluste bei der Winterlagerung von gewaschenen und abgetrockneten Kartoffeln bis 10 % betragen können. Die Lagerungsversuche, die SEDLÁK mit auf nassem Wege getrennten und nicht abgetrockneten Kartoffeln durchgeführt hat, ergaben sehr unterschiedliche Resultate: Die durchschnittlichen Masseverluste bei Versuchspartien (einschließlich Laborversuche) betragen 5,9 % und bei den Vergleichspartien 4,7 %, in einzelnen Versuchen stiegen die Verluste bei gewaschenen Kartoffeln jedoch bis 58 % an.

Nach den Versuchen von WAGGONER bewähren sich die Behandlungen mit Antibiotika bei Lagerung gewaschener Kartoffeln kaum.

Die im Institut für Landtechnik durchgeführten Untersuchungen zur Lagerfähigkeit gewaschener Kartoffeln verliefen chronologisch in 2 Etappen: Im ersten Teil wurden die Parameter zur Abtrocknung gewaschener Kartoffeln bestimmt. Sodann hat man die Lagerfähigkeit naß getrennter und abgetrockneter Knollen untersucht.

Die Abtrocknung der Kartoffeln wurde prinzipiell durch drei Maßnahmen gesichert:

1. Zur Gewinnung eines genügend hohen Wasserdampfdrucks an der Oberfläche der Kartoffelknollen, der für eine schnelle Abtrocknung notwendig ist, wurden die Kartoffeln in einem angewärmten Wasserbad getrennt.
2. Die freie Oberflächenfeuchtigkeit wurde von den nassen, oberflächlich angewärmten Kartoffeln anschließend durch Kontakt mit einem porösen plastischen Material abgeführt.
3. Die restliche Oberflächenfeuchtigkeit, besonders in den Grübchen rund um die Keime, wurde durch Belüften der vorgetrockneten angewärmten Kartoffel entfernt.

### Einfluß des Waschens auf die Keimfähigkeit

Zur Feststellung der maximal zulässigen Temperatur für das Anwärmen der Knollen, die die biologische und Konsumqualität der Kartoffeln nicht beeinträchtigt, wurde vor allem die Oberflächentemperatur der Knollen in Abhängigkeit von der Temperatur des Wasserbades und der Behandlungsdauer bestimmt (Tafel 1).

Tafel 1. Oberflächentemperatur in Abhängigkeit von Badtemperatur und Waschdauer

Waschdauer [min]	Bad- temperatur [°C]	Temperatur- zunahme [°C]	Oberflächentemperatur d. gewaschenen Knollen [°C]
0,5	52	47	30,5
1	52	46,5	33
2	52	46,5	34
0,5	40	35	24
1	40	34	28,8
2	40	32	29,4
0,5	25	17	18
1	25	17,5	19,5
2	25	17,5	20

Zur Keimfähigkeit naßgetrennter Kartoffeln:

1. Die mit einem Thermistorthermometer gemessene Oberflächentemperatur der Kartoffeln gibt Auskunft über die Erhaltung der Keimfähigkeit der Kartoffeln nach dem Waschen im erwärmten Bad.
2. Wenn die Trenn- und Waschbedingungen (d. h. Temperatur des Bades und Waschzeit) die Oberflächentemperaturen der Knollen nicht über 35 °C ansteigen lassen, bleibt die Keimfähigkeit der Kartoffeln vollständig erhalten.

### Trocknen der gewaschenen Kartoffeln

Die Feuchtigkeit an der Oberfläche der Knollen muß abgetrocknet werden, da sie die Verbreitung der Mikroflora günstig beeinflussen würde (z. B. an der Stelle, wo die Knollen aufeinander liegen, bleibt die Feuchtigkeit erhalten). Deshalb dienten weitere Versuche dazu, die Dauer für das Abtropfen und natürliche Abtrocknen des an den Knollen beim Waschen im angewärmten Wasser — in Abhängigkeit von der Badtemperatur und Waschdauer — haftenden Wassers zu bestimmen. Dabei ergab sich, daß nach einer Waschdauer von 2 min in einem 52 °C warmen Bad die Knollen ihre ursprüngliche Masse in 11 min erreichen. Bei einer Temperatur des Bades von 40 °C verlängert sich die Dauer der Selbstabtrocknung bis zum Wiedererreichen der Ausgangsmasse vor dem Waschen auf 23 min und bei einer Badtemperatur von 25 °C sogar auf 47 min; die Labor-temperatur betrug dabei 15 °C (Bild 1).

Die weiteren Arbeiten galten den Methoden zur Verkürzung dieser Zeiten.

### Die pneumatische Trocknung

Bei der Wahl der Trocknungsluftmenge wurde ausgegangen von den bekannten Luftmengen, die zur Temperatur- und Feuchtigkeitsregelung der normal eingelagerten Kartoffeln mit Hilfe aktiver Belüftung dienen. Bei aktiver Belüftung mit der Intensität von 100 m<sup>3</sup> Belüftungsluft auf 1 m<sup>3</sup> Kartoffeln

\* Institut für Landtechnik Prag-Repy/CSSR (Direktor: Dipl.-Ing. M. PREININGER)

† Aus einem Referat auf der KDT-Tagung vom 8. bis 10. Sept. 1965 in Schwerin

je Stunde beträgt die Strömungsgeschwindigkeit bei einem 1 m hohen Kartoffelstapel 2,78 cm/s. Bei den Laborversuchen wählte man wesentlich höhere Strömungsgeschwindigkeiten von 0,1 bis 0,8 m/s, um die Belüftungsdauer zu verkürzen.

Die Werte in Tafel 2 sowie die Kurven in Bild 2 lassen erkennen, daß bei längster Waschdauer, höchstzulässigen Badtemperaturen und Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit bis zur aus energetischen Gründen vertretbaren Grenze die Belüftungsdauer immer noch 140 s beträgt.

### Mechanisches Trocknen der Kartoffeln

Aus den genannten Gründen galten weitere Forschungsarbeiten der Abtrocknung auf mechanischem Wege — durch Absaugen der an den gewaschenen Kartoffeln haftenden Oberflächenfeuchtigkeit mit Hilfe poröser Materialien.

In Tafel 3 ist die festgestellte Aufsaugfähigkeit der in die Untersuchung einbezogenen Materialien angegeben.

Für Laborversuche wurde der Viskoseschwamm gewählt. Aus den Ergebnissen ging hervor, daß man durch Kombination der mechanischen Abtrocknung (Dauer minimal 5 s) und der pneumatischen Abtrocknung (Dauer von 30 bis 40 s) die in einem angewärmten Bad auf eine Oberflächentemperatur von 30 bis 35 °C gebrachten Kartoffeln trocknen kann. Die Menge der Belüftungsluft überschritt dabei nicht 2000 m<sup>3</sup> auf 1 kg verdampftes Wassers.

### Der Wärmeübergang

Zum Aufstellen einer Energiebilanz wurde im Labor der Wärmeübergang vom Waschbad auf die Knollen untersucht. In Abhängigkeit von der Waschdauer und der Ausgangstemperatur der Knollen ergab sich die Energiemenge, die dem Bad zur Erhaltung seiner Temperatur zugeführt werden muß (Bild 3).

### Lagerungsversuche

Zur Beurteilung der Lagerungsfähigkeit gewaschener Kartoffeln wurden aufbereitete Partien an insgesamt 5 verschiedenen Stellen eingelagert. Dabei hat man den Masseverlust während der Lagerung sowie den Feuchtigkeitsgehalt und die Keimfähigkeit vor Beginn und nach Abschluß der Versuche ermittelt. Temperatur und Luftfeuchtigkeit in den Lagerhäusern wurden laufend kontrolliert.

Der Lagerungsversuch über 203 Tage wurde mit Proben von 6 unterschiedlich behandelten Partien ausgeführt, die Ergebnisse sind in Tafel 4 zusammengefaßt.

Außer den sich aus den in Tafel 4 genannten Werten ergebenden Schlußfolgerungen zeigten die Lagerungsversuche, daß die niedrigsten Masseverluste in den Lagerstätten mit höchster relativer Luftfeuchtigkeit (über 90 %) auftraten; die überhaupt niedrigsten Masseverluste ergaben sich bei einem Versuch mit durchschnittlicher relativer Luftfeuchtigkeit von 92,8 %.

Die mikrobiologische Kontrolle zeigt, daß

- die gesamte Anzahl der Bakterien niedriger bei den gewaschenen und am geringsten bei den gewaschenen nicht beschädigten Partien war;
- in der Zahl der Schimmelstellen kein Unterschied zwischen gewaschenen und nicht gewaschenen (trocknen) Knollen nachweisbar war;
- in Übereinstimmung mit den von WAGGONER durchgeführten Versuchen bei gewaschenen Knollen beider Versuchsorten ein niedrigerer Prozentsatz Schimmelbefall auftrat.

### Betriebsversuche

Zur Maschinenkette gehören folgende Maschinen und Einrichtungen:

- ein System von Transporteinrichtungen zur Aufnahme der Kartoffeln und für den Transport zur Trennanlage

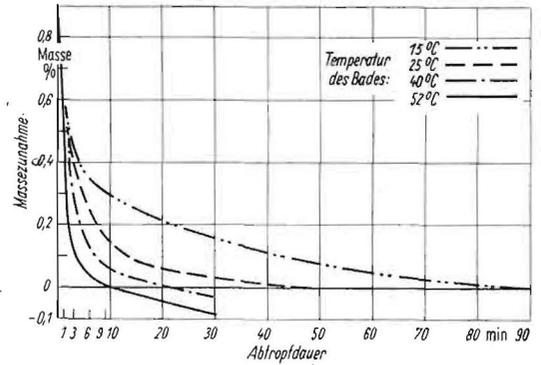


Bild 1. Abtropfdauer in Abhängigkeit von der Temperatur des Bades; Waschdauer der Knollen  $t = 8$  min

Tafel 2. Abtrocknungsdauer [s] bis zum Erreichen der Kartoffelmasse vor dem Waschen

Strömungsgeschwindigkeit der Belüftungsluft [m/s]		0,8		0,4		0,2		0,1	
Waschdauer [min]		1	2	1	2	1	2	1	2
Badtemperatur									
[°C]	40	240	180	540	340	760	480	840	600
	48	190	160	400	250	520	330	620	420
	56	150	140	260	180	340	270	420	340

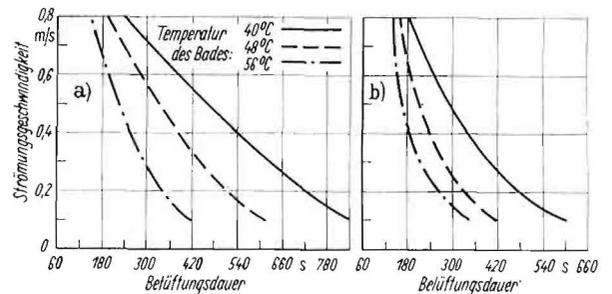


Bild 2. Abtrocknungsdauer in Abhängigkeit von der Strömungsgeschwindigkeit der Belüftung; a) Waschdauer 1 min, b) Waschdauer 2 min

Tafel 3. Saugfähigkeit verschiedener Materialien

Material	Hersteller	Aufsaugfähigkeit als das Vielfache der eigenen Masse
1. Weiches Schaumpolyuretan 0,03 ... 0,05 g/cm <sup>3</sup>	Fatra Breclav	4,5 ×
2. Härterer Schwammgummi	Gumotex Breclav	3,4 ×
3. Weicherer Schwammgummi	Gumotex Breclav	4,5 ×
4. Viskoseschwamm	Ungarn	10,2 ×

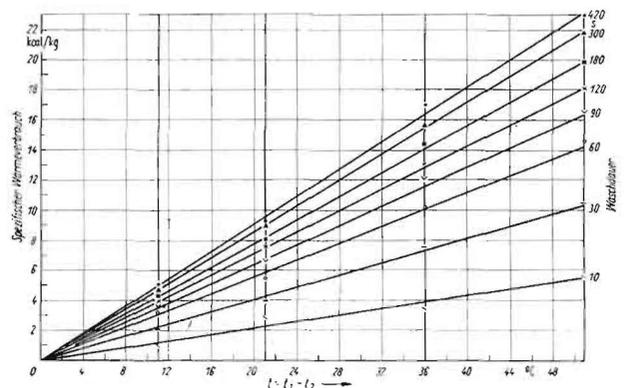


Bild 3. Spezifischer Wärmeverbrauch in Abhängigkeit von der Temperatur der Knollen und der Temperatur des Bades ( $t = t_1 - t_2$ )

Tafel 4. Masseverlust unterschiedlich aufbereiteter Kartoffeln während der Lagerung

Art der Aufbereitung		Sorte	
		Jizera	Susanna
nicht beschädigt	gewaschene	100 <sup>1</sup>	104
	gewaschene und abgespülte	103	118
	nicht gewaschene	121	100 <sup>2</sup>
beschädigt	gewaschene	152	189
	gewaschene und abgespülte	160	204
	nicht gewaschene	232	217

<sup>1</sup> Index 100 = 3,1 %

<sup>2</sup> Index 100 = 3,4 %

Masseverlust während der Lagerung

- b) Kartoffeltrennanlage RB-80-M nach SEDLÁK (Typ 1964)
- c) Dämpfmaschine F 404 als Dampfquelle für die Trennanlage
- d) mechanischer Abtrockner
- e) pneumatischer Abtrockner
- f) Kartoffelsortiermaschine TB-80/3 mit Walzenverlesetisch.

Auf Grund der Laborarbeiten wurde eine notwendige Wärmemenge für die Temperierung des Trennbades von 87 000 kcal für eine Leistung der Kette von 50 dt/h ermittelt, der tatsächliche Wärmeverbrauch betrug 89 000 kcal/h.

Der mechanische Abtrockner bestand aus zehn 1400 mm langen Walzen, von denen sechs mit Viskoseschwamm hoher Saugfähigkeit beschichtet waren. Die Dauer der Abtrocknung der Kartoffeln auf dem mechanischen Abtrockner betrug durchschnittlich 14 s, was den Laborforderungen durchaus genügte. Die Leistung des Elektromotors betrug 0,3 kW.

Zur pneumatischen Abtrocknung wurde ein Walzenverlesetisch verwendet, in einem über dem Verlesetisch aufgebauten Luftkanal waren 3 Axialgebläse SV-800 angeordnet.

#### Technische Daten des Trockners

Breite 1,25 m, Länge 4,00 m, Vorschubgeschwindigkeit 8,2 cm/s, Durchlaufzeit der Kartoffeln 49 s, Luftmenge der Ventilatoren 34 000 m<sup>3</sup>/h, Leistungsaufnahme der Ventilatoren 3,15 kW, Leistungsaufnahme des Trockners 3,6 kW.

Dem Abtrocknen der naßgetrennten Kartoffeln folgte das Sortieren und Verlesen auf der Sortiermaschine TB-80/3, die Einlagerung in die Boxen des Kartoffellagerhauses und die Kontrolle der Lagerung.

Mängel des Versuchsbetriebes waren: die Zeit des Durchganges der Kartoffeln durch die Trennanlage lag unter der ursprünglich vorgesehenen, anstatt 1 bis 2 min Waschzeit betrug sie minimal 32 s. Als nicht ausreichend erwies sich die Waschzeit hinsichtlich der Anwärmung der Kartoffeln (die

Oberflächentemperatur lag bei 24 bis 27 °C, ausnahmsweise 30 °C, statt bei 33 bis 35 °C) und in bezug auf die Abtrocknung, obwohl die Verweildauer der Kartoffeln auf dem mechanischen Abtrockner und die Menge der Belüftungsluft im pneumatischen Abtrockner höher lagen, als es die Laborergebnisse erfordert hätten. Die Knollen verließen also die Abtrocknungskette nicht völlig trocken, die Masse nach der Abtrocknung war durchschnittlich um 0,1 % höher als vor der Trennung. Die Einhaltung der Kartoffelanwärmung ist wesentlich für eine wirksame Abtrocknung.

Die sortierte und verletene Kartoffelmenge von 82,45 dt wurde in die Box des Kartoffellagerhauses eingelagert und nach 165 Tagen Lagerung vom 12. bis 14. April 1965 herausgenommen, 5,7 % Knollen waren oberflächlich leicht von Schimmel befallen, aber verwendbar. Die Lagerungsverluste durch Atmung (Masseabnahme) betragen im Verhältnis zur Masse vor der Einlagerung 7,45 dt = 9,0 %.

Ein paralleler Lagerungsversuch mit derselben Partie, der in Horden durchgeführt wurde, ergab eine Masseabnahme in Höhe von 9,75 %.

Die Kontrollbox, in der 311,5 dt trockene Kartoffeln der Sorte Blanik gelagert wurden, wies nach 170 Tagen Lagerung eine Masseabnahme von 11,9 % auf, mehr also als bei den auf nassem Wege getrennten Kartoffeln.

Die Schlußkontrolle ergab, daß die nasse Trennung und das Abspülen der Knollen mit reinem Wasser Schimmelstellen- und Bakterienanzahl wesentlich herabsetzte und zwar bei Schimmel gegenüber den nicht gewaschenen Kartoffeln auf die Hälfte, bei Bakterien auf den fünften Teil. Die Keimfähigkeit der gewaschenen Partie blieb erhalten.

#### Zusammenfassung

Die Problematik der Kartoffellagerungsfähigkeit ist sehr kompliziert und greift in mehrere Wissenschaftsgebiete ein, deshalb kann man heute noch keine endgültigen Schlußfolgerungen für die auf nassem Wege durchgeführte Nacherntebearbeitung ziehen.

Man kann aber die praktische Einführung der Nacherntebearbeitung durch nasses Trennen in einem temperierten Bad bei Speisekartoffeln mit einer kürzeren Lagerungszeit fortsetzen und nach ausreichender Erfahrung diese Methode auch auf Saatkartoffeln ausdehnen. Die Erhöhung der Arbeitsproduktivität, sowohl bei der Ernte als auch bei der Nacherntebearbeitung, erfordert die weitere Forschung auf diesem Gebiet.

A 6317

Dipl.-Ing. R. THAER\*

## Luftkühlung gedämpfter Kartoffeln vor dem Einsäuern<sup>1</sup>

Versuche von ZIMMER über die Konservierung gedämpfter Kartoffeln haben ergeben, daß die Siliverluste beträchtlich zurückgehen, wenn die Kartoffeln kalt statt heiß in den Silo gefüllt werden [1]. Im gewogenen Mittel erniedrigten sich die Verluste von 16 auf 8 %. Im Anschluß daran wies WEISE in Laborversuchen nach, daß kalt eingefülltes Gut auch eine Silage höherer Qualität erbringt [2]. Als günstigste Einlagerungstemperatur stellten sich 30 °C heraus.

#### Kühlverfahren

Auf Grund dieser Feststellungen sind am Institut für Landmaschinenforschung der FAJ, zunächst Überlegungen angestellt worden, auf welche Weise eine solche Kühlung

zweckmäßigerweise vorgenommen wird. Hierbei sind Wasser- und Luftkühlung erwogen worden. Es lagen Vorschläge vor, die Austrageorgane der Dämpfanlage — Schnecke, Rohr oder dergleichen — von Wasser durch- oder unspülen zu lassen. Dieser Weg erschien aber nicht erfolgversprechend, weil die zur Verfügung stehenden Wärmedurchgangsfächen klein sind, sich ferner mit Kartoffelbrei zusetzen können. Bringt man die gedämpften Kartoffeln unmittelbar mit Wasser in Berührung, so sind Auswaschverluste zu befürchten; ferner wird der Wassergehalt des Gutes erhöht, was unerwünscht ist. Generell ist jede Art der Wasserkühlung durch ihren Wasserverbrauch kostenmäßig vorbelastet. Alle diese Nachteile lassen sich bei Luftkühlung vermeiden.

#### Versuche

Um die Möglichkeiten der Luftkühlung näher zu untersuchen, wurde eine mit Luft betriebene Kühlanlage gebaut, groß genug für praxisnahe Versuche. Mit dieser Anlage wur-

\* Institut für Landmaschinenforschung der Forschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig-Völkenrode (Kommisarischer Institutsdirektor: Prof. Dr.-Ing. F. WIENEKE)

<sup>1</sup> Vortrag auf der KDT-Tagung vom 8. bis 10. Sept. 1965 in Schwerin