

# Untersuchungen zum mechanischen Oberflächenwasserreduzieren naßaufbereiteter Kartoffeln

Dr.-Ing. G. Jünemann/Prof. Dr. agr. S. Scheibe, KDT

## Verwendete Formelzeichen

a	Formabstand
g	Fallbeschleunigung
$\rho_k$	kapillärer Zug
r	Kartoffelradius
w	Filmgeschwindigkeit
$W_A$	Adhäsionsarbeit
$\gamma_{la}$	Grenzflächenspannung (flüssig – gasförmig)
$\Theta$	Randwinkel
v	kinematische Viskosität
$\rho_l$	Dichte der Flüssigkeit

## Einleitung

Verfahrenstechnische Untersuchungen in Aufbereitungs-, Lager- und Vermarktungsanlagen (ALV-Anlagen) ergaben, daß die zentrale Naßaufbereitung überlagerter Speisekartoffeln für die Abpack- und Schällinie eine Vorzugslösung darstellt. Beim Naßaufbereiten wird das im Kreislauf geführte und grob geklärte Wasser mehrfach genutzt. Durch den hohen Leitgütegrad beim Hydrosortieren mit dem Hydrosortierer HDS600 und den guten Reinigungseffekt beim schonenden Naßreinigen mit der Bürstenwalzen-Düsen-Waschmaschine BDW 1200 werden saubere, beimengungsfreie und fäulegeminderte Kartoffeln bereitgestellt. Das führt zu einer guten Mängelerkennung beim Verlesen – verbunden mit einer erhöhten Lagergutausbeute und einer Qualitätsverbesserung abgepackter Kartoffeln – bei gleichzeitiger Reduzierung der spezifischen Aufwendungen [1]. Um negative Auswirkungen auf die Haltbarkeit der gewaschenen, mit Frischwasser abgespülten Kartoffeln zu vermeiden, ist eine ausreichende Reduzierung des Oberflächenwassers sofort nach dem Naßreinigungssprozeß notwendig. Deshalb wurden Untersuchungen zum mechanischen Oberflächenwasserreduzieren naßaufbereiteter Kartoffeln durchgeführt, über deren Ergebnisse nachfolgend berichtet wird.

## Theoretische Überlegungen

Wird die Oberflächenwasserreduzierung hinsichtlich der in ihrem Verlauf wirksamen

Triebkräfte klassifiziert, so kann zwischen mechanischer und thermischer Stofftrennung unterschieden werden. Die mechanische Oberflächenwasserabtrennung stellt eine billige und sehr wirksame Vorstufe der Kartoffelabtrocknung dar. Bei der mechanischen Fest-Flüssig-Trennung kann durch folgende Kräfte auf das Stoffsystem eingewirkt werden:

- mechanische Kräfte
- Kräfte an Phasengrenzflächen
- elektrische oder magnetische Kräfte.

Durch systematische Erarbeitung und Bewertung von Lösungsvarianten zum mechanischen Oberflächenwasserreduzieren wurde die im Bild 1 dargestellte Lösungsvariante gewählt. Der Walzenförderer mit Zuführgitterrutsche verfügt über beschichtete Walzen und Andrückrollen, und der Bandförderer ist mit saugfähigem Fördergurt und Ausdrückrollen ausgerüstet.

Das Abfließen von Waschwasser an den Kartoffeln auf der Zuführgitterrutsche und den vorderen Walzen des Walzenförderers stellt den ersten Abschnitt des Fest-Flüssig-Trennprozesses dar. Zur näherungsweisen Berechnung des Abfließvorgangs wird der laminare Strömungszustand vorausgesetzt. Es wird angenommen, daß die Filmdicke im Vergleich zum Kartoffelradius klein ist und die Filmgeschwindigkeit nur eine Komponente in Umfangsrichtung hat. Unter Berücksichtigung der genannten Bedingungen kann von der Rieselfilmströmung mit schleichender Bewegung an einer ebenen und rauhen Wand ausgegangen werden, die durch Gl. (1) beschrieben wird [2]:

$$\frac{\gamma_{la}}{\rho_l} a'''(x) + g + v \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} = 0. \quad (1)$$

Die zur Haftung des Oberflächenwassers an den Kartoffeln führenden Vorgänge sowie die Oberflächenwasserreduzierung beim Abrollen der nassen Kartoffeln auf den mit wasserannehmendem Werkstoff beschichteten Walzen lassen sich durch das Phänomen der Adhäsion beschreiben.

Die Ursachen der Adhäsion sind die intermolekularen Wechselwirkungen in der Grenzflächenschicht. Infolge des nicht abgesättigten Kraftfeldes der Oberflächenmoleküle der Walzenbeschichtung bleibt beim Abrollen der nassen Kartoffeln auf den Walzen Wasser durch die stärkere Adhäsion der Walzenoberfläche haften. Aus der Young-Dupreschen Gleichung ist erkennbar, daß die Adhäsionsarbeit und damit die Bindung der Adhäsionsflüssigkeit je Einheit Feststoffoberfläche von der Grenzflächenspannung der Flüssigkeit und dem Randwinkel bestimmt wird:

$$W_A = \gamma_{la} \cdot (1 + \cos \Theta). \quad (2)$$

Zur Walzenbeschichtung ist ein Werkstoff hoher Oberflächenenergie zu verwenden. Bei der Herstellung der Walzenbeschichtung sollte eine Umverteilung von ungesättigten Dipolen zur Walzenoberfläche hin angestrebt werden. Durch Aufrauen der Walzenbeschichtungsoberfläche im Mikrobereich kann die Benetzung verbessert werden. Die Flüssigkeit spreitet verstärkt auf

Feststoffoberflächen mit ausgeprägten Längs- und möglichst geringen Querriefen [3].

Eine weitere Oberflächenwasserreduzierung kann durch kapillaren Flüssigkeitstransport beim Abrollen der Kartoffeln auf mit saugfähigem Werkstoff beschichteten Walzen und auf dem saugfähigen Fördergurt des Bandförderers erreicht werden.

Die Ursache des kapillaren Flüssigkeitstransports sind die durch den kapillaren Zug am Meniskus in der Flüssigkeitssäule hervorgerufenen Druckunterschiede:

$$p_k = \frac{2 \gamma_{la} \cos \Theta}{r}. \quad (3)$$

Die Kraftwirkungen und die Bewegungsabläufe der Kartoffeln sind wichtige Größen für die Wahl von Konstruktions- und Betriebsparametern für Walzen- und Bandförderer. Um einen hohen Effekt beim mechanischen Oberflächenwasserreduzieren zu erzielen, ist ein mehrfaches und gutschonendes Abrollen der Kartoffeln auf dem Walzen- und Bandförderer zu gewährleisten.

## Ergebnisse experimenteller Untersuchungen

Aus den durchgeführten Laborversuchen und Untersuchungen an Forschungsmustern in verschiedenen ALV-Anlagen lassen sich folgende wesentliche Aussagen für den Einsatz eines Walzenförderers mit beschichteten Walzen treffen [4, 5]:

- Ein vollständiges Abspülen des Brauchwassers von den Kartoffeln durch den Einsatz von ausreichend Frischwasser wirkt sich vorteilhaft auf die Oberflächenwasserreduzierung aus.
- Durch die Gestaltung und Anordnung der Zuführgitterrutsche ist der Effekt des Abfließens von Waschwasser an den Kartoffeln bestmöglich zu nutzen.
- Jede Walze des Walzenförderers ist mit einer Andrückrolle auszurüsten. Eine Verbesserung des Abscheideverlaufs durch zusätzliche Abstreifer an den Andrückrollen war nicht erkennbar.
- Ein vielfaches Abrollen der Kartoffeln auf den Walzenoberflächen und auf dem Fördergurt ist für die Oberflächenwasserreduzierung durch Adhäsion und kapillare Flüssigkeitsbewegung unbedingt erforderlich, ein Abheben der Kartoffeln ist durch die Walzendrehzahleinstellung zu vermeiden.
- Das Bewegungsverhalten der Kartoffeln auf dem Walzenförderer wird weiterhin wesentlich durch den Massestrom bedingt. Bei zunehmendem Massestrom erhöht sich die Belegungsdichte bis hin zu einer Mehrfachbelegung der Kartoffeln, wodurch sie sich gegenseitig beim Abrollen auf den Walzenoberflächen behindern. Ein optimaler Massestrom ist gewährleistet, wenn sich der Kartoffelverband nach den ersten Walzen auf dem Walzenförderer auflöst, so daß die Kartoffeln durch einen Impuls der nachfolgenden Kartoffeln unbehindert zum nächsten Walzenspalt verlagert werden.

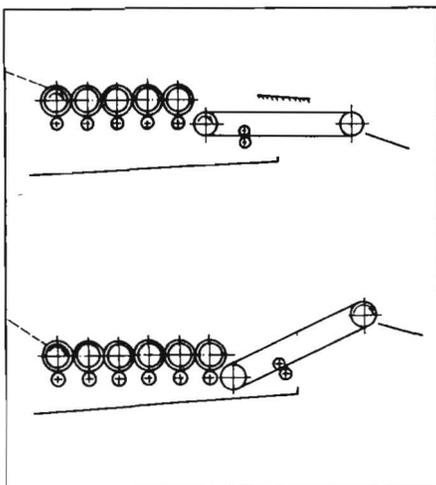


Bild 1. Vorzugslösung zum mechanischen Oberflächenwasserreduzieren naßaufbereiteter Kartoffeln

- Beim Einsatz des Walzenförderers mit weichgummibeschichteten Walzen ist eine Oberflächenwasserabnahme bis auf rd. 0,4% (Masseanteil) erreichbar.
- Durch kapillare Flüssigkeitsbewegung kann die bei der Oberflächenwasserreduzierung durch Adhäsion erreichte Restfeuchte weiter vermindert werden. Die Werkstoffe Viskoseschwamm Tuch und Filz zeigten die besten Ergebnisse in bezug auf die Abnahme des Oberflächenwassers. Durch die Kombination von weichgummi-, filz- und viskosebeschichteten Walzen wurde eine besonders geringe Restfeuchte erreicht. Unter Berücksichtigung des Verschleißverhaltens und aus fertigungstechnischer Sicht sind die saugfähigen Werkstoffe Schwammgummi (Qualität A53) und bedingt Filz (F4) zur Beschichtung der letzten Walzen des Walzenförderers geeignet.

Ein Walzenförderer, der mit Zuführgitterrutsche und beschichteten Walzen ausgerüstet ist, kann als praxisreife Lösung zum Einsatz in der Maschinenkette zur Kartoffelnaßaufbereitung empfohlen werden. Das Bild 2 zeigt die Oberflächenwasserabnahme bei überlagerten Kartoffeln durch den Walzenförderer mit beschichteten Walzen (Durchsatz 20 t/h) im Vergleich mit anderen Arbeitsmitteln.

Aus den Untersuchungen zum Oberflächenwasserreduzieren am genutzten Bandförderer geht hervor, daß bei seinem waagerechten Einsatz ein Abrollen der Kartoffeln auf dem saugfähigen Fördergurt durch Abdeckelemente erzielt werden kann. Ein gleichmäßiges und gutschonenderes Abrollen der Kartoffeln auf dem Fördergurt wurde durch eine in Förderrichtung geneigte Anordnung des Bandförderers erreicht. Dabei wird die Rollbewegung der Kartoffeln durch die Wirkung der Hangabtriebskraft bedingt und bei einem Neigungswinkel von rd. 16° gewährleistet.

Die Werkstoffe Viskoseschwamm Tuch und Filz zeigten ebenfalls die besten Ergebnisse bezüglich der Oberflächenwasserabtrennung, wobei nur Filz die entsprechende Verschleißfestigkeit aufwies. Ein als Fördergurt verwendeter endlos umlaufender Nadeltrockenfilz hat sich beim Einsatz zur Oberflächenwasserreduzierung bewährt. Die Flüssigkeit kann schnell in das Porensystem des Werkstoffs eindringen. Der Filz vermag es, viel Flüssigkeit aufzunehmen und hat nach dem Entfeuchten eine sehr geringe Restfeuchte. Bei den dem Bandförderer zuge-

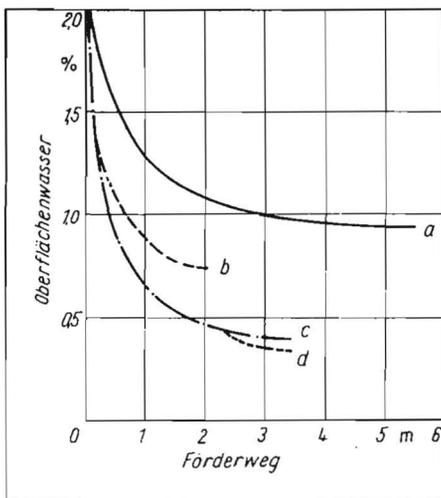


Bild 2. Abnahme des Oberflächenwassers in Abhängigkeit vom Förderweg beim Walzenförderer mit beschichteten Walzen im Vergleich mit anderen Arbeitsmitteln; a Stabkettenförderer; b Stahlglattwalzenförderer; c Walzenförderer, alle Walzen mit Weichgummi der Qualität Q814 beschichtet [ $y = 1,6498/(1 + 0,21218 x)$ ]; d Walzenförderer, die letzten Walzen mit Schwammgummi Qualität A53 beschichtet [ $y = 0,8549/(1 + 0,06543 x)$ ]

führten Kartoffeln mit einem Oberflächenwasseranteil von mehr als 0,4% (Masseanteil) konnte eine gesicherte Abnahme des Oberflächenwassers nachgewiesen werden (Bild 3).

Mit einer Restfeuchte von 0,3% (Masseanteil) anhaftendem Oberflächenwasser sind die Möglichkeiten des mechanischen Oberflächenwasserreduzierens im wesentlichen ausgeschöpft.

Geringe mechanische Beanspruchungen der Kartoffeln belegen, daß die technische Ausführung der Maschinen der Forderung nach einer schonenden Gutbehandlung gerecht wird.

Die Kombination von Walzen- und Bandförderer zum mechanischen Oberflächenwasserreduzieren hat sich besonders bei Kartoffelpartien bewährt, die für eine längere Lagerung vorgesehen sind. Damit sind wesentliche technische Voraussetzungen gegeben, die Haltbarkeit der Kartoffeln und die Arbeitsbedingungen für die Werk tätigen zu verbessern.

#### Zusammenfassung

Die nach dem Naßaufbereiten an den Kartoff-

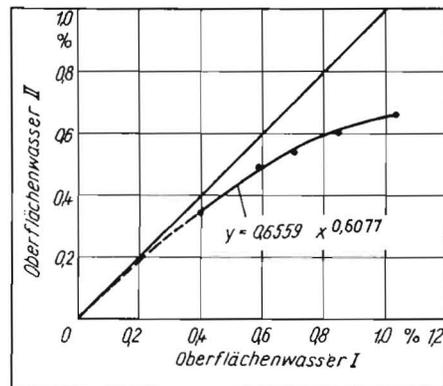


Bild 3. Oberflächenwasserabnahme an Kartoffeln (I zugeführte Kartoffeln, II abgeführte Kartoffeln) beim Einsatz eines geeigneten Bandförderers mit Filzfördergurt und Ausdrückrollen

fehl haftende Feuchtigkeit kann sich negativ auf die Haltbarkeit auswirken. Deshalb ist eine schnelle und möglichst vollständige Oberflächenwasserabtrennung unbedingt erforderlich. Auf der Grundlage theoretischer Überlegungen und experimenteller Untersuchungen werden Ergebnisse zum mechanischen Oberflächenwasserreduzieren dargestellt. Als Vorzugslösung werden ein Walzenförderer mit Zuführgitterrutsche, beschichteten Walzen sowie Andrückrollen und ein nachgeordneter Bandförderer mit saugfähigem Fördergurt sowie Ausdrückrollen vorgeschlagen.

#### Literatur

- [1] Autorenkollektiv: Verfahrenstechnische Untersuchungen zur Naßaufbereitung von Speisekartoffeln. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Forschungsbericht 1984 (unveröffentlicht).
- [2] Lilienblum, W.: Rieselfilme an rauen Wänden. Technische Hochschule „Otto von Guericke“ Magdeburg, Dissertation 1972.
- [3] Schulze, R.-D.; Possart, W.; Kamusewitz, H.: Ermittlung des Gleichgewichts-Randwinkels an realen Festkörperoberflächen. Institut für Polymerchemie Teltow-Seehof, Tagungsbericht 1986.
- [4] Jünemann, G.: Untersuchungen zum mechanischen Oberflächenwasserreduzieren naßaufbereiteter Speisekartoffeln. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Dissertation 1987.
- [5] Jünemann, G.; Scheibe, S.; Schneider, M.: Untersuchungen zum mechanischen Oberflächenwasserreduzieren naßaufbereiteter Kartoffeln. agrartechnik, Berlin 37(1987)8, S. 358-359.

A 5712

## Grundsätze zum Entwerfen und Gestalten von Standausrüstungen

Prof. Dr. sc. techn. D. Rössel, KDT/Dr.-Ing. K. Wetzel

#### Verwendete Formelzeichen

c	Federkonstante
$E_{kin}$	kinetische Energie
F	Stoßkraft
$F_0$	Kraft bei statischer Gleichgewichtslage
g	Erdbeschleunigung
m	Masse
$P_t$	Erwartungswahrscheinlichkeit

t	Zeit
v	Stoßgeschwindigkeit
W	Arbeit
x	Weg
$x_e$	spezifischer Weg
k	Stoßzahl
$v'$	dynamischer Beiwert
$\sigma$	flächenbezogene Gewichtskraft
$\omega$	Frequenz

Die gegenwärtig produzierten Standausrüstungen für die Rinderhaltung sind größtenteils fest mit dem Baukörper verbunden, und die Mehrzahl dieser Ausrüstungen ist im Fußboden einbetoniert. Am Übergang der Standsäulen und Stützkonstruktionen in den Fußboden ist die Korrosion am größten. In diesem Bereich kommt es gleichfalls durch die auftretenden Betriebsbelastungen zu den