

Dr.-Ing. D. RÖSSEL, KDT\*

## Möglichkeiten zur Verringerung des Haftens von Saftfuttermitteln an festen Unterlagen

### 1. Problemstellung

Bei verschiedenen Arbeitselementen in Landmaschinen führt das Anhaften von Gütern zu einer Beeinträchtigung ihrer Funktionsweise oder sogar zum Ausfall des Gerätes. Ob im Mährescher, Häcksler, Bodenbearbeitungsgerät, Futtermischer oder Förderer, überall haftet Gut in größerer oder geringerer Menge an den Arbeitselementen. Eine Zusammenstellung von RIECK /1/ verdeutlicht dies. Zur Zeit ist es nicht möglich, dieses Problem hundertprozentig zu lösen, da die physikalischen Grundlagen der Adhäsion fester Stoffe noch ungeklärt sind.

### 2. Theoretische Grundlagen

#### 2.1. Molekulare Vorgänge in Stoffen

Allgemein muß man bei Kraftwirkungen der verschiedenen Stoffe untereinander davon ausgehen, daß sie auf die Wirkungen der Moleküle und Atome zurückzuführen und elektrischen Ursprungs sind.

Während bei Gasen der mittlere Abstand zwischen den Molekülen so groß ist, daß der Wirkungskreis der Molekularkräfte der Moleküle (Bild 1) sich kaum noch bemerkbar macht, liegen in Flüssigkeiten die Moleküle in der Wirkungssphäre der Molekularkräfte. Moleküle im Innern befinden sich bezüglich der Kräfte im Gleichgewicht, während die äußeren eine Kraftwirkung, senkrecht auf der Oberfläche stehend, nach innen erhalten.

#### — van der Waalsche Kräfte

Moleküle, die im Innern chemisch abgesättigt sind, können mit anderen Molekülen nur noch geringe Bindung eingehen. Sie beruhen auf der Kraftdifferenz der Abstoßung der gleichen Ladung gegenüber der Anziehung gegengerichteter Ladungen (positiver Kern-Elektronenhülle) verschiedener Moleküle.

Sie können durch permanentes Dipolmoment verstärkt werden.

#### — chemische Bindungskräfte

Die chemischen Bindungskräfte treten innerhalb eines Moleküls auf. Es sind die atomaren Bindungen innerhalb desselben. Sie sind etwa hundertmal so groß wie die van der Waalschen Kräfte.

#### — Wasserstoffbrückenbindungen

Die Wasserstoffbrückenbindung ist keine rein chemische Bindung. Sie kann jedoch gegenüber der rein chemischen Bindung häufiger auftreten. Diese Bindung beruht auf der Reaktion von Wasserstoffatomen zweier adhärrierender Stoffe. Die Bindungsenergie der Wasserstoffbrücken liegt zwischen denen der van der Waalschen Bindungen und denen der echt chemischen Valenzbindungen /2/.

#### — Bornsche Abstoßungskräfte

Wie aus den bisherigen Ausführungen ersichtlich ist, üben Moleküle in bestimmtem Abstand zueinander anziehende Kräfte aus. Bis zu einem gewissen Abstand haben diese Kräfte Einfluß. Ist der Abstand jedoch so gering, daß sich die Elektronenhüllen durchdringen, tritt die Abstoßung der Moleküle auf. Infolge der Durchdringung der Elektronen-

hüllen sind die Kerne nicht mehr vollständig durch sie „geschützt“, und die Kerne zweier Moleküle stoßen sich infolge der gleichartigen Ladung ab. Eine weitere Komponente der Bornschen Abstoßungskräfte wird durch das Pauli-Prinzip (Ausschließungsprinzip) bedingt. Die dadurch auftretende Umordnungsarbeit begünstigt die Bornschen Abstoßungskräfte /3/.

#### — Oberflächenspannung

Die beschriebenen zwischenmolekularen Anziehungskräfte verursachen die Oberflächenspannung. Sie ist in einem geschlossenen System konstanten Volumens eine thermodynamische Zustandsgröße. Um die Oberfläche zu vergrößern, muß die Arbeit  $A$  aufgewendet werden, die eine Vergrößerung der Oberfläche  $dO$  bedingt, so daß gilt:

$$dA = \sigma dO \quad (1)$$

Hierbei ist  $\sigma$  Oberflächenspannung.

Liegt außerdem eine weitere Arbeit vor, so gilt

$$dU = T dS + \sigma dO \quad (2)$$

Darin bedeuten:  $T$  thermodynamische Temperatur,  $U$  innere Energie des Gesamtsystems,  $S$  Entropie des Gesamtsystems. Die Differentiation von (2) nach  $O$  mit  $T = \text{const.}$  liefert:

$$\left(\frac{\partial U}{\partial O}\right)_T = T \left(\frac{\partial S}{\partial O}\right)_T = \sigma \quad (3)$$

Durch Einführung der auf die Oberfläche bezogenen Größen

$$u = \left(\frac{\partial U}{\partial O}\right)_T \text{ und } s = \left(\frac{\partial S}{\partial O}\right)_T$$

mit  $u$  Oberflächenenergie,  $s$  Oberflächenentropie ergibt sich

$$u = T s + \sigma \quad (4)$$

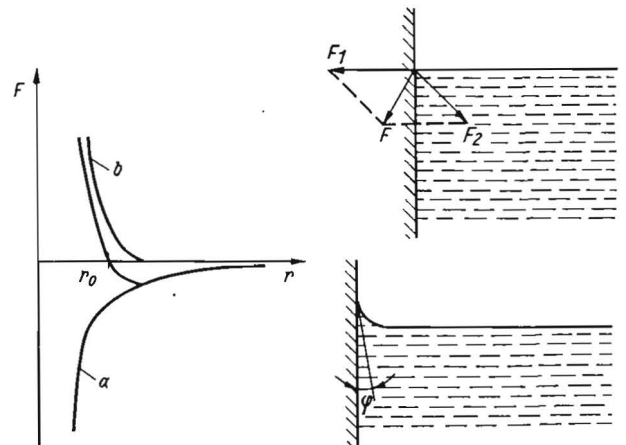
Entsprechend der Definitionsgleichung der freien Energie  $E$  (Helmholtz-Funktion)  $U = T \cdot S + E$  (5)

kann die Oberflächenspannung auch als freie Oberflächenenergie

$$\sigma \rightleftharpoons \left(\frac{\partial E}{\partial O}\right)_T \quad (6)$$

Bild 1. Zwischenmolekulare Anziehungs- und Abstoßungskräfte;  $a$  Anziehung,  $b$  Abstoßung

Bild 2. Benetzen einer Wand durch eine Flüssigkeit



\* Sektion Landtechnik der Universität Rostock  
(Direktor: Prof. Dr.-Ing. habil. CHR. EICHLER)

definiert werden. Das vollständige Differential der freien Energie nach Gleichung (5) lautet

$$dE = dU - S \cdot dT - T \cdot dS$$

Mit Gleichung (2) folgt

$$dE = \sigma dO - S dT \quad (7)$$

Gleichung (7) kreuzweise differenziert ergibt

$$\left(\frac{\partial \sigma}{\partial T}\right)_O = - \left(\frac{\partial S}{\partial O}\right)_T = -s \quad (8)$$

Gleichung (8) in (4) eingesetzt ergibt die Beziehung der Oberflächenenergie, wenn der Index  $O$  weggelassen und statt der partiellen totale Differentialzeichen benutzt werden:

$$u = \sigma - T \frac{d\sigma}{dT} \quad (9)$$

Mit dieser Gleichung (9) kann die Oberflächenenergie errechnet werden — die oft nicht direkt meßbar ist —, wenn die Oberflächenspannung und deren Temperaturgang bekannt sind [4]. Bei Annäherung an den kritischen Punkt werden die beiden Phasen (flüssig, gasförmig) sich immer weiter annähern, und das System verliert dadurch die Fähigkeit, eine Phasengrenzfläche zu bilden. Im kritischen Punkt müssen daher  $\sigma$  und  $u$  Null werden. Nach Gl. (9) bedeutet dies, daß die  $\sigma, T$ -Kurve bei der kritischen Temperatur mit waagerechter Tangente den Wert  $\sigma = 0$  erreicht.

Die Oberflächenspannung fester Stoffe beruht auf den gleichen physikalischen Grundgesetzen. Es bestehen allerdings noch verschiedene zusätzliche ungeklärte Probleme, so daß die Oberflächenspannung fester Körper nicht berechnet werden kann. Eine Ausnahme bilden zum Teil Plastwerkstoffe.

## 2.2. Erscheinungen an der Grenzfläche von Flüssigkeit und festem Körper

Grenzt eine Flüssigkeit an einen festen Körper, so tritt eine gegenseitige Beeinflussung der molekularen Anziehungskräfte ein. Es wirken die Kräfte zwischen den Flüssigkeitsmolekülen und zum anderen die Kräfte zwischen den Flüssigkeitsmolekülen und den Festkörpermolekülen. Hierbei sind zwei Varianten möglich.

Die zwischen den Flüssigkeitsmolekülen wirkenden Kräfte können größer oder kleiner als die zwischen den Flüssigkeits- und Festkörpermolekülen sein (benetzende oder nicht benetzende Flüssigkeiten). Je nachdem wie groß die Kräfte sind, bilden sich zwischen Flüssigkeiten und Festkörpern gerundete Übergänge (Menisken) verschiedener Radien aus. Diese Erscheinung ruft die Wirkung der Adhäsion hervor. Dabei ist die resultierende Kraft auf den Festkörper gerichtet (Bild 2). Wird an dem sich bildenden Meniskus eine Tangente gelegt, so erhalten wir den Randwinkel  $\varphi$ , gemessen zwischen der angelegten Tangente und dem Festkörper. Da die verschiedenen Flüssigkeiten verschiedene Randwinkel ausbilden, können diese als Maß für die Adhäsion — unter Beachtung des Funktionsverlaufs des Randwinkels — benutzt werden. Eine gut benetzende Flüssigkeit

bildet einen kleinen Randwinkel aus. Sie leistet gegenüber dem Festkörper die größere Adhäsionsarbeit. Diese Tendenz bleibt aber nur bis zu einem gewissen Grade erhalten. Wird der Randwinkel sehr klein, nimmt die Oberflächenspannung mit der Kohäsionsarbeit ab. Dadurch geht der innere Zusammenhang der Flüssigkeitsmoleküle verloren, und die Adhäsion sinkt. Die maximale Adhäsionsarbeit ist annähernd erreicht bei einem Randwinkel  $\varphi = 30^\circ$ . Dann ist nämlich die Grenzflächenspannung fest-flüssig noch relativ klein, die Kohäsionsarbeit jedoch relativ groß [5]. Mit den Betrachtungen in 2.1. und 2.2. sind die hauptsächlich die Adhäsion beeinflussenden Kräfte zwischen Stoffen gleichen oder verschiedenen Aggregatzustands dargelegt.

## 2.3. Einflußfaktoren der Adhäsionskraft

### 2.3.1. Einfluß der Temperatur

Die Adhäsion beruht auf den zwischenmolekularen Anziehungskräften. Die Moleküle befinden sich in ständiger Bewegung innerhalb eines Mediums. Durch das Zuführen von Energie (Wärme) werden die Bewegungen der Moleküle sich vergrößern. Infolge dieser erhöhten Bewegung der Moleküle wird ihr Zusammenhang verringert, die Oberflächenspannung sinkt, während der Energieinhalt steigt. Dieses Verhalten ist bis zu einer Temperatur von  $260^\circ\text{C}$  zu beobachten [4]. Den Verlauf zeigt Bild 3. Mit steigender Energie und sinkender Oberflächenspannung steigt das Benetzungsvermögen und somit die Adhäsionskraft.

### 2.3.2. Einfluß der Feuchtigkeit auf die Adhäsionskraft

Den maßgebenden Anteil an der Existenz der Adhäsionskraft hat das Vorhandensein von Wasserbrücken zwischen zwei Stoffen. So üben zwei parallele Platten, die völlig trocken sind, eine sehr kleine Adhäsionskraft aufeinander aus. Erst mit ansteigender Feuchtigkeit steigt die Adhäsionskraft merklich an und die Platten haften aneinander.

Ursache für dieses Verhalten ist die Ausbildung von Wasserbrücken, die aufgrund der zwischenmolekularen Anziehungskräfte die Adhäsion bewirken. Je feuchter die Stoffe sind, desto besser können sich Menisken bilden, die die Adhäsionskräfte hervorrufen (theoretische Grundlagen siehe Punkt 2.2.). Die steigende Tendenz der Adhäsionskräfte in Abhängigkeit der Feuchtigkeit ist jedoch begrenzt. Tritt zuviel Feuchtigkeit in die Grenzschicht zwischen zwei festen Stoffen, dann können nur die Kohäsionskräfte der Flüssigkeit zur Wirkung kommen.

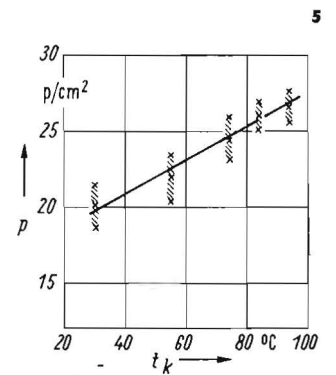
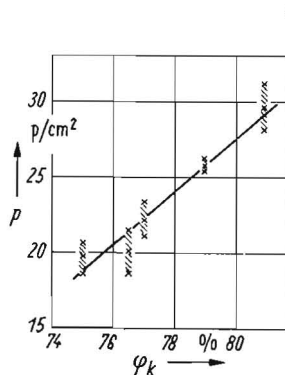
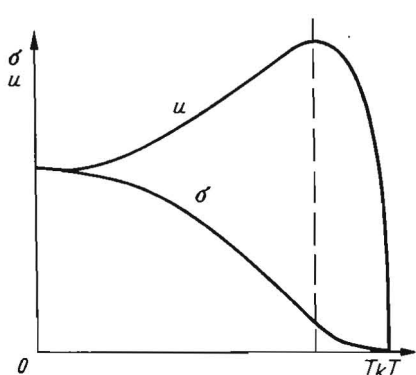
### 2.3.3. Einfluß der in die Flüssigkeit eingelagerten Stoffe auf die Adhäsionskraft (Beispiel: Stärke)

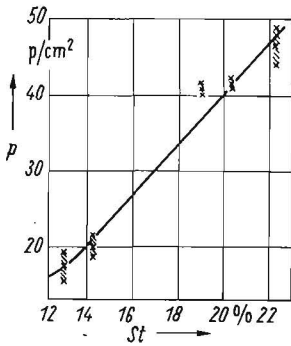
Stärke lagert sich in Form von kleinen weißen Stärkekörnern in der Pflanze ab. Die Stärkekörnchen bestehen aus Amylopektin in der Hüllensubstanz und im Innern aus Amylose. Das Amylopektin macht dabei 80 bis 90 % der gesamten Substanz aus. Es besteht in der Hauptsache aus Glucose-Einheiten (500 bis 2000) [6]. Somit löst sich

Bild 3. Schematischer Verlauf der Oberflächenspannung  $\sigma$  und der Oberflächenenergie  $u$  als Funktion der Temperatur  $T$  zwischen absolutem Nullpunkt ( $T = 0$ ) und kritischem Punkt  $T_k$

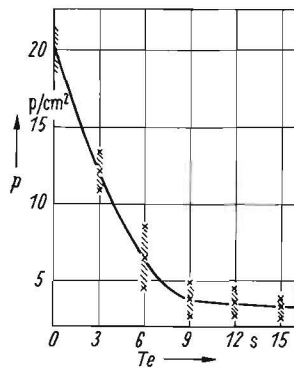
Bild 4. Abhängigkeit der spezifischen Haftkraft von der Feuchtigkeit: Guttemperatur  $30^\circ\text{C}$ , Raumfeuchte 30 %, Raumtemperatur  $20^\circ\text{C}$ , Vorlastdauer 15 s, Vorbelastung 2 kp, Abzugsrichtung  $90^\circ$ , Stärkegehalt 14,3 %, Entlastungsgeschwindigkeit  $300\text{ cm}^3/\text{min}$

Bild 5. Abhängigkeit der spezifischen Haftkraft von der Temperatur; Gutfeuchte 76,64 %, Luftfeuchte 38 %, Lufttemperatur  $20^\circ\text{C}$ , Vorlastdauer 15 s, Vorbelastung 2 kp, Abzugswinkel  $90^\circ$ , Stärkegehalt 14,9 %, Entlastungsgeschwindigkeit  $300\text{ cm}^3/\text{min}$

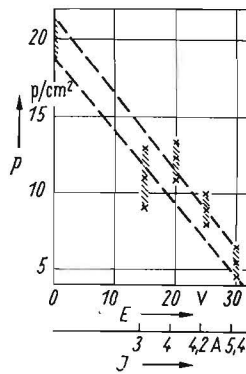




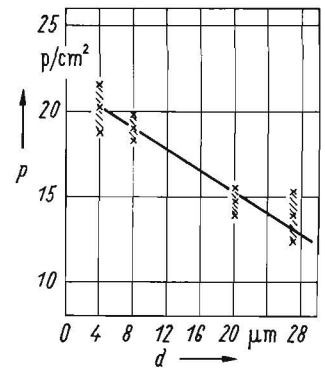
6



7



8



9

Bild 6. Abhängigkeit der spezifischen Haftkraft vom Stärkegehalt; Guttemperatur 30 °C, Lufttemperatur 20 °C, Entlastungsgeschwindigkeit 300 cm<sup>3</sup>/min, Vorbelastung 2 kp, Vorlastdauer 15 s, Abzugsrichtung 90°, Feuchtigkeit des Versuchsgutes 76 %

Bild 7. Abhängigkeit der spezifischen Haftkraft von der Dauer der elektrischen Aufladung (Gut — Anode), Spannung 15 V, Stromstärke 3 A, Gutfeuchte 75,5 %, Guttemperatur 30 °C, Luftfeuchte 30 %, Lufttemperatur 20 °C, Vorbelastung 2 kp, Vorlastdauer 15 s, Abzugswinkel 90°, Stärkegehalt 14,8 %, Entlastungsgeschwindigkeit 300 cm<sup>3</sup>/min

Bild 8. Abhängigkeit der spezifischen Haftkraft von der elektrischen Spannung (Gut — Anode), Lufttemperatur 20 °C, Gutfeuchte 7 %, Guttemperatur 30 °C, Vorbelastung 2 kp, Vorlastdauer 15 s, Abzugsrichtung 90°, Stärkegehalt 14,8 %, Entlastungsgeschwindigkeit 300 cm<sup>3</sup>/min, Wirkungszeit der angelegten Spannung 3 h

Bild 9. Abhängigkeit der spezifischen Haftkraft von der Rauhtiefe der Stempeloberfläche; Gutfeuchte 76,48 %, Guttemperatur 30 °C, Stärkegehalt 15,3 %, Luftfeuchte 24 %, Lufttemperatur 21 °C, Entlastungsgeschwindigkeit 300 cm<sup>3</sup>/min, Vorbelastung 2 kp, Vorlastdauer 15 s, Abzugsrichtung 90°

die Klebeeigenschaft des Zuckers auf die Stärke übertragen. Sie wird hervorgerufen durch freie Aldehydgruppen ( $-C \begin{matrix} H \\ | \\ O \end{matrix}$ ), die Bestandteile der Polysaccharidkette sind [6]. Aufgrund dieser Ausführungen läßt sich erkennen, daß mit steigendem Stärkegehalt die Adhäsionskraft steigen muß.

### 2.3.4. Einfluß der Oberfläche fester Werkstoffe

Die Oberflächenbeschaffenheit ist bestimmend dafür, wie weit sich zwei Körper nähern können und wie groß dabei ihre Berührungsflächen sind. Eine große Oberfläche der festen Unterlage bedeutet, daß der Werkstoff vielseitig Bindungen eingehen kann. Die Wasser-menisken können sich an einer polierten Oberfläche bedeutend besser ausbilden, da ihnen eine große Oberfläche zur Verfügung steht. Das heißt, je geringer die Oberflächenrauigkeit ist, desto größer wird die Haftkraft sein. An einer Fläche mit großer Rauigkeit steht dem Wasser nur ein geringer Anteil der Gesamtläche zur Verfügung, um Menisken ausbilden zu können.

### 2.3.5. Einfluß der elektrischen Spannung auf die Adhäsionskraft

Legt man z. B. an eine austropfende Flüssigkeit eine elektrische Spannung an, so verliert sich der Tropfen so weit, daß ein dünner ausfließender Strahl entsteht. Diese Erscheinung wird dadurch hervorgerufen, daß die elektrische Spannung die Oberflächenspannung der Flüssigkeit abbaut. Die elektrischen Teilchen stoßen einander ab. Dadurch erfährt die Flüssigkeit eine elektrisch hervorgerufene Dehnung, die der Oberflächenspannung entgegenwirkt und diese schließlich ganz aufheben kann.

Eine andere Erscheinung, die durch die elektrische Spannung hervorgerufen wird, ist die Elektroosmose. Bringt man ein Feststoffgemisch hoher Feuchtigkeit zwischen zwei Elektroden eines elektrischen Feldes, so zeigt sich ein Wandern der Flüssigkeitsteilchen im elektrischen Feld zur Kathode hin. Dieser Vorgang kann in gleicher Weise durch die Thermoosmose erreicht werden.

### 2.3.6. Einfluß von Emulgatoren auf die Adhäsionskraft

Schüttet man zwei nicht miteinander mischbare Flüssigkeiten zusammen, so bildet eine von beiden feine Tropfen, die in der Partnerflüssigkeit verteilt schweben, Emulgatoren genannt. Sie bilden sich besonders leicht und sind am beständigsten, wenn die Partnerflüssigkeiten in Dichte und Oberflächenspannung ähnlich sind. Die Aufgabe der Emulgatoren besteht darin, Emulsionen aufzubauen oder beständig zu machen. Sie bewirken in der Flüssigkeit physikalisch-chemische Prozesse (elektrische Aufladungen), so daß sich gleichartige Flüssig-

keitstropfen (bezüglich der elektrischen Aufladung) herausbilden und voneinander abstoßen.

Infolge dieser elektrischen Vorgänge wird die Oberflächenspannung abgebaut, die Flüssigkeiten benetzen besser. Die erhöhte Benetzung führt dann zur gewünschten Erhöhung der Adhäsionskraft.

## 3. Adhäsion realer Wirkpaarungen

Viele Maschinenelemente von Landmaschinen sind infolge der Adhäsionskräfte verschmutzt und damit in ihrer Funktionsweise eingengt. Teilweise kommt es auch zum vollständigen Funktionsausfall. Die größten Adhäsionskräfte entstehen an der Wirkpaarung feste Unterlage — frisch gedämpfte Kartoffeln. An ihr wirken alle unter 2.3. betrachteten Einflußfaktoren. Da es zur Zeit noch keine Berechnungsmethode für die Adhäsionskraft an festen Stoffen gibt, wurden Versuche (jeweils 50 Messungen für einen Diagrammpunkt) mit einer Adhäsionswaage durchgeführt. Daraus resultieren folgende Ergebnisse:

### 3.1. Einfluß der Feuchtigkeit des Gutes auf die Adhäsionskraft

Bild 4 zeigt die Zunahme der Haftkraft mit steigender Feuchtigkeit. Daraus ergibt sich die Gleichung

$$p = 1,765 \varphi_k - 113,5 \text{ [p/cm}^2\text{]}$$

Hierbei ist  $75 \leq \varphi_k \leq 81$

Das Anwachsen der Haftkraft  $p$  mit zunehmender Feuchtigkeit  $\varphi_k$  läßt sich auf die im Abschnitt 2.3.2. dargelegten theoretischen Grundlagen zurückführen.

### 3.2. Einfluß der Temperatur des Gutes auf die Adhäsionskraft

Es wurde sowohl die Temperatur des Gutes als auch der Unterlage gemessen. Bild 5 zeigt einen linearen Anstieg der Haftkraft mit steigender Guttemperatur.

Es ergibt sich folgender mathematischer Zusammenhang:

$$p = 0,109 t_k + 16,53 \text{ [p/cm}^2\text{]}$$

mit  $30 \leq t_k \leq 95$

### 3.3. Einfluß des Stärkegehalts auf die Adhäsionskraft

Mit steigendem Stärkegehalt  $St$  steigt die Haftkraft ebenfalls linear an. Die unterschiedlichen Abweichungen sind auf Feuchtigkeitsunterschiede im Adhäsionsgut zurückzuführen. Bild 6 zeigt die Abhängigkeit der Adhäsionskraft vom Stärkegehalt. Allgemein untermauert die erhaltene Kurve die Erörterungen im Abschnitt 2.3.2.

### 3.4. Einfluß der Dauer der elektrischen Aufladung $T_e$ auf die Adhäsionskraft

Bild 7 zeigt den Verlauf der Abhängigkeit. Bei angelegter Spannung wandert das Wasser zur Kante hin. Der stattfindende Vorgang läßt sich durch die Elektroosmose erklären, der Kurvenverlauf bestätigt dies. Mit zunehmender Aufladungszeit, bis  $T_e = 7$  s, reichert sich stark Wasser

an der Kathode an, es bilden sich soviel Wassermenisken, daß sie sich gegenseitig beeinflussen und die Haftkraft schnell verringern (Zusammenlaufen). Bei großen  $Te$  ( $> 9$  s) wirken nur noch infolge der gebildeten Wasserschicht die molekularen Kräfte zwischen dem Wasser. Der Einfluß des Versuchsgutes wird dabei weitgehend ausgeschaltet.

Wird die feste Unterlage als Anode verwendet, so wandert das Wasser infolge der Elektroosmose ins Innere des Gutes, und die Bruchfläche liegt im Gutstock und nicht an der Wirkpaarung Unterlage — Gut.

### 3.5. Einfluß der elektrischen Spannung auf die Adhäsionskraft

Dieser Einfluß konnte nicht hinreichend ermittelt werden. Da die Adhäsionskraft sehr von der Feuchtigkeit und der Dauer der Spannungseinwirkung abhängt, gelang es nicht, den Einfluß dieser Parameter vollständig konstant zu halten. Bild 8 zeigt den Kurvenverlauf. Die abnehmende Tendenz ist hauptsächlich auf die Elektroosmose zurückzuführen, da an das Gut die Anode angelegt wurde (vergleiche Bild 4, steilabfallender Kurventeil).

### 3.6. Einfluß der Oberflächenrauigkeit auf die Adhäsionskraft

Bild 9 zeigt den Kurvenverlauf. Er läßt sich mathematisch wie folgt formulieren.

$$p = -0,316 d + 21,53 \text{ [p/cm}^2\text{]}$$

mit  $4 \leq d \leq 27$

Die Erörterung im Abschnitt 2.3.4. wurde durch die Versuchsergebnisse voll bestätigt. Außerdem wirken die in den Unebenheiten eingeschlossenen Luftmengen adhäsionsmindernd, da sie sich bei Entlastung wieder entspannen und die gebildeten Adhäsionsbrücken zerstören.

### 3.7. Einfluß des Werkstoffs auf die Haftkraft

Es konnte festgestellt werden, daß die unterschiedlichen Oberflächenspannungen von St 60 und PVC hart zu unterschiedlichen Haftkräften führen. Für die Wirkpaarung St 60 — Kartoffeln wurde eine Haftkraft von  $31 \text{ p/cm}^2$  gemessen, während es für PVC hart nur  $25 \text{ p/cm}^2$  waren. Dies bedeutet, mit steigender Festkörperoberflächenspannung erhöht sich die Adhäsionskraft.

### Zusammenfassung

Anhand theoretischer und praktischer Untersuchungen [7] konnte gezeigt werden, daß die Adhäsionskraft von Stoffen an festen Unterlagen durch Veränderung von Feuchtigkeit, Guttemperatur, Stärkegehalt, Dauer der elektrischen Aufladung, Größe der elektrischen Spannung, Materialauswahl (Oberflächenspannung) und Oberflächenbeschaffenheit (Rauhtiefe) entscheidend in der gewünschten Richtung beeinflußt werden kann.

### Literatur

- 1/ RIECK, G.: Untersuchungen über die Adhäsion zwischen Boden und festen Werkstoffen. Dissertation, Hohenheim 1961
- 2/ SCHÄFER, E.: Zwischenmolekulare Kräfte. Umschau in Wissenschaft und Technik. (1965) H. 12, S. 353 und 354
- 3/ BEYER, H.: Lehrbuch der organischen Chemie. S. Hirzel-Verlag Leipzig (1961) S. 309 und 310
- 4/ GRIGULL, U.: Die Oberflächenspannung und verwandte Zustandsgrößen des Wassers. Brennstoff — Wärme — Kraft (1966) H. 2, S. 73 bis 75
- 5/ WOLF, K. L.: Adhäsion, Randwinkel und Grenzflächenspannung. Umschau in Wissenschaft und Technik (1965) H. 12, S. 356 und 357
- 6/ N. N.: Meyers Neues Lexikon. VEB Bibliographisches Institut Leipzig 1969
- 7/ NEUKAMP, B.: Diplomarbeit: Versuche zur Bestimmung des Adhäsionsverhaltens frisch gedämpfter, zerkleinerter Kartoffeln. Universität Rostock, Institut für Landtechnik 1966 (unveröffentlicht)

A 8325

## Zum Einsatz von Prozeßrechnern in der Landwirtschaft (Teil III)<sup>1</sup>

Dipl.-Ing. H.-G. LIEDTKE, KDT

### 4. Einsatz von Prozeßrechnern in der industriellen tierischen Produktion

#### 4.1. Prozeßparameter

##### 4.1.1. Vorbemerkung

Im Gegensatz zu einem nicht abgeschlossenen Boden-Pflanze-System kann man bei der industriellen tierischen Produktion ein abgeschlossenes System Produktionsanlage — Tier bzw. Produktionsanlage — Tiergruppe voraussetzen (Bild 10).

Das bedeutet, daß alle Prozeßparameter, d. h. alle Signale  $F_1 \dots F_n$  und Systemgrößen  $Z_1 \dots Z_n$ , beeinflussbar sind. Die Faktoren  $F_1 \dots F_n$ , die die Leistung des Tieres  $S_A(t)$  beeinflussen, sind u. a. Luftdruck, Licht, Feuchtigkeit, Strahlung, Temperatur, akustischer Pegel und Nahrung. Systemgrößen sind Gesundheit, Fruchtbarkeit, Tieridentifizierungen u. a.

Trotz dieses Vorteils ist eine allgemeine Behandlung des Problems komplizierter, da wir vom Zweck der Produktion in

- industrielle Mast (Fleisch) und
- industrielle Erzeugung tierischer Produkte (z. B. Milch, Eier)

untergliedern müssen. Jeder Bereich verlangt bestimmte systeminterne Organisationsformen der Produktion, denen

sich eine rechnergesteuerte Prozeßführung unterordnen muß. Gemeinsam ist allen Bereichen, daß die Produktion in Großanlagen stattfindet, was ein sicher funktionierendes System der Kontrolle biologischer und ökonomischer Vorgänge verlangt. Die primäre Forderung an ein solches Kontrollsystem ist die ständige Übersicht über Zustände der Teilsysteme „Tier“ und „Anlage“.

##### 4.1.2. Teilsystem Tier

Die Wichtigkeit von Angaben über den Zustand eines Tieres ist von dessen Art, Geschlecht und der Produktionsform abhängig.

Allgemein sollen folgende Datensammlungen existieren, ständig vervollkommen oder ermittelt werden:

- Konstante Angaben:  
Tiernummer, Geburts- oder Schlupfdatum, Rasse, Zuchtgruppe, Einstellungsdatum
- variable Angaben:  
Stall-Nr., Box-Nr., Leistungskartei, Gesundheitskartei, vet.-med. Behandlungskartei, wenn erforderlich Fruchtbarkeitskartei.

Diese Informationen werden bei einer Prozeßsteuerung so genutzt, daß eine Einteilung in Tiergruppen mit gleichen Eigenschaften möglich ist. Um daraus Forderungen an Meß- und Stellenrichtungen ableiten zu können, müssen die angewendeten Organisationsprinzipien für die Tiere in der Großanlage bekannt sein. Wird z. B. das Tier von seiner

<sup>1</sup> Teil I s. H. 4/1971, S. 174, Teil II s. H. 5/1971, S. 239