

## Verfahrensbewertung

In einem Produktionsexperiment in der LPG Tüchen wurden im Jahr 1981 die wichtigsten durch das Verfahren der Dammvorformung beeinflussten Arbeitsgänge hinsichtlich des DK-Aufwands und der Arbeitszeit gemessen. Aus den Ergebnissen dieser Messungen lassen sich Aufwandseinschätzungen für die verschiedenen Verfahrenskonzeptionen erarbeiten. Unter Berücksichtigung der in Tafel 1 dargestellten Aufwendungen an DK und Maschinenarbeitszeit ergeben sich z. B. beim Vergleich der Verfahrenskonzeptionen 2 und 4 (Bild 1) Einsparungen an DK von rd. 6 l/ha und an Arbeitszeit von 30 min/ha durch Anwendung der Dammvorformung. Diese Einsparungen sind mit höheren Knollenerträgen und geringeren Anteilen ergrüner Knollen verbunden (Tafel 2). Das ist vor allem darauf zurückzuführen, daß durch die Dammvorformung den Kartoffelpflanzen gutstrukturierte Wuchsräume in für Ertragsbildung, Knollenqualität und Erntbarkeit günstigen Dammbereichen zugewiesen werden konnten. Solche Ertrags- und Qualitätsverbesserung als Folge der Frühjahrs-Dammvorformung sind auch in anderen Produktionsexperimenten ermittelt worden [3].

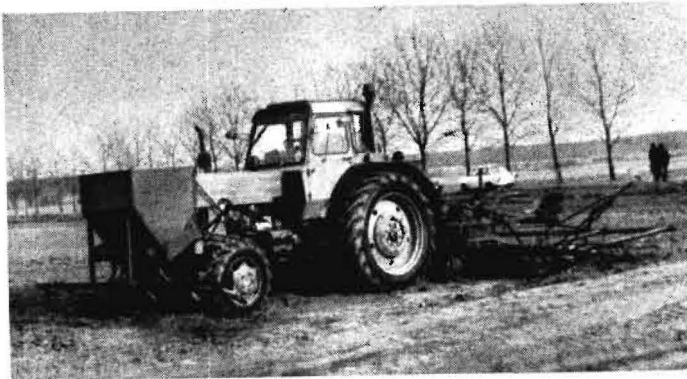
## Schlußfolgerungen

Die Frühjahrs-Dammvorformung verändert das bisherige Anbauverfahren von Kartoffeln besonders hinsichtlich der ökonomisch und pflanzenbaulich günstigeren Einordnung des Häufelns in den Verfahrensablauf. Daraus resultieren ein geringerer DK-Verbrauch sowie eine Verminderung der Arbeitszeit bei gleichzeitiger Erhöhung der Erträge und Verbesserung der Qualität.

Ein Problem des Verfahrensabschnitts Pflügen — Pflanzen, das sowohl beim herkömmlichen Verfahren als auch bei der Dammvorformung

Bild 2

Kombination von Düngerstreuer, Grubber und Häufelgerät zur plazierten N-Düngung mit gleichzeitiger Einarbeitung in den Wuchsbereich der Kartoffeln — Neuerung der LPG(P) Welsickendorf; Az. der Erfindungsanmeldung WPA 01 C 238872-6



Tafel 2. Ertrag und Qualität von Kartoffeln nach Dammvorformung [3] (n = 36)

	herkömmliches Verfahren	Dammvorformung
Ertrag in dt/ha	295,74	334,94
Fraktion 30 bis 60 in dt/ha	227,42	272,15
Anteil ergrüner Knollen in %	7,63	3,59
Anteil braunfauler Knollen in %	6,33	4,69
Rodeverluste in dt/ha	4,76	4,97

auftritt, ist die Einordnung und Ausbringung der N-Düngung [5]. Eine Lösung ist aber durch die Anwendung einer in sozialistischer Gemeinschaftsarbeit mit der Humboldt-Universität Berlin entstandenen Neuerung der LPG(P) Welsickendorf zu erwarten, bei der durch die Kombination von Anbau-Vielfachgerät P437 und Düngerstreuer während des freihigen Häufelns in jeden Damm ein Düngerband von

etwa 30 cm Breite abgelegt und dann in den Wuchsbereich eingearbeitet wird (Bild 2). Dadurch können den o. g. Vorteilen der Dammvorformung noch N-Einsparungen durch plazierte Düngung und ein möglicher Kombinationseffekt hinzugefügt werden.

## Literatur

- [1] Ermich, D.; Hofmann, B.: Möglichkeiten zur Minderung der Schadwirkung des Raddruckes bei der Kartoffelbestellung. *Feldwirtschaft* 23 (1982) H. 1, S. 24—27.
- [2] Petersen, U.: Einfluß des Raddruckes in der Fahrspur auf den Kartoffelertrag. *Feldwirtschaft* 23 (1982) H. 3, S. 130—133.
- [3] Marchand, P.: Dammvorformung auf diluvialen Sandböden. *Feldwirtschaft* 22 (1981) H. 11, S. 494—496.
- [4] Zänker, J.; Winzer, W.: Herbstdammvorformung ermöglicht seit Jahren eine klutenarme Ernte in der LPG Pflanzenproduktion OBmannstedt. *Feldwirtschaft* 22 (1981) H. 7, S. 310—311.
- [5] Marchand, P.; Winzer, R.; Nachtmann, R.: Erfahrungen bei der Anwendung der Frühjahrsdammvorformung auf diluvialen Sandböden. *Feldwirtschaft* 23 (1982) H. 7, S. 326—328.

A 3998

# Bestimmung der Viskosität von vibrierendem Sand mit einem Rotationsviskosimeter

Dr.-Ing. C. Leitholdt, KDT, Kombinat Fortschritt Landmaschinen, VEB Bodenbearbeitungsgeräte Leipzig<sup>1)</sup>

Prof. Dr. sc. techn. P. Jakob, KDT, Martin-Luther-Universität Halle—Wittenberg, Sektion Pflanzenproduktion<sup>1)</sup>

## 1. Einleitung und Problemstellung

Schon bei der Kartoffelaufnahme sind die unerwünschten Beimengungen (z. B. Steine und Kluten) von den Kartoffeln zu trennen. Das Sortieren der Kartoffeln von kartoffelgroßen Beimengungen kann in einem mechanischen Fließbett erfolgen. Unter einem mechanischen Fließbett wird ein Kornhaufwerk, z. B. Sand, verstanden, das durch mechanische Schwingungsenergie angeregt, flüssigkeitsähnliche Eigenschaften annimmt.

Das Sortieren wird u. a. von der Viskosität des Fließbetts beeinflusst [1]. Der Übergang des Sandes in den Zustand einer Flüssigkeit verursacht ein starkes Verringern des Koeffizienten der inneren Reibung, d. h. der Viskosität [2]. Die Viskosität soll im weiteren näher betrachtet werden.

## 2. Theoretische Grundlagen

In [3] wird das rheologische Verhalten von trockenem, vibrierendem Sand bis zu einer Beschleunigung  $a = 2g$  ( $g$  Erdbeschleunigung) untersucht. Dabei wird festgestellt, daß die Viskosität außer von den Parametern der Schwingung noch von der Feuchtigkeit sowie der Art des Sandes abhängt und kein Newtonsches Verhalten aufweist. Um das Fließverhalten nicht-Newtonscher Flüssigkeiten zu beschreiben, werden in der Literatur bevorzugt zwei Ansätze verwendet, das Integral-Sinus-hyperbolicus-Gesetz Prandtl's und das Potenzgesetz Ostwald's. Für die Untersuchung der Viskosität des mechanischen Fließbetts kann das Potenzgesetz Ostwald's herangezogen werden.

Mit einem Rotationsviskosimeter kann über die Eichelrelation die mittlere Schubspannung  $\tau$  als Funktion der Winkelgeschwindigkeit  $\Omega$  der Spindel aufgenommen werden [2, 3]. Nach dem

Potenzgesetz von Ostwald gilt folgender funktioneller Zusammenhang:

$$\Omega = m\tau^n \quad (1)$$

In Gl. (1) sind  $m$  und  $n$  Konstanten für eine jeweils konstante Frequenz und Beschleunigung des mechanischen Fließbetts. Wie in [3] gezeigt wird, ergibt sich das Schergeschwindigkeitsgefälle  $\dot{\gamma}$  an der Spindel des Rotationsviskosimeters nach Gl. (2) dann zu

$$\dot{\gamma} = 2n\Omega \quad (2)$$

wenn vorausgesetzt wird, daß das Gleiten nur im Sand erfolgt. Bei Verwendung von rauen Spindeln ist diese Bedingung näherungsweise erfüllt.

Analog zum Newtonschen Fließgesetz definiert Schöffner [3] die Viskosität  $\eta_{FI}$  nach Gl. (3):

$$\eta_{FI} = \frac{\tau}{\dot{\gamma}} = \frac{\tau(\Omega)}{2n\Omega} \quad (3)$$

<sup>1)</sup> Die Arbeit entstand während der Tätigkeit des Autors an der Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg

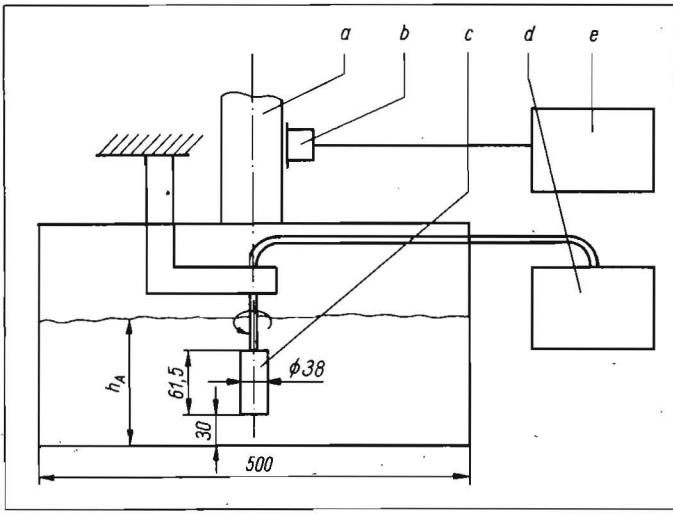


Bild 1. Schema des Versuchsaufbaus:  
 a Aufnahmewerkzeug, b Beschleunigungsaufnehmer BWH 301, c Drehkörper mit biegsamer Welle zum Getriebe, d Getriebe- und Anzeigenteil des Rotationsviskosimeters, e Anzeige- bzw. Registriereinrichtung für das Beschleunigungssignal

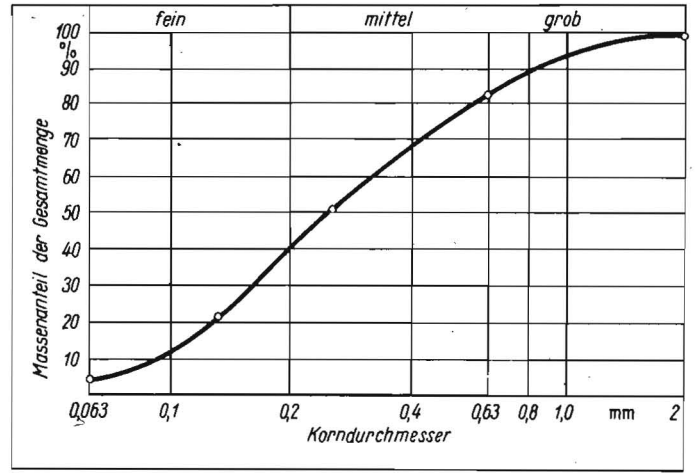


Bild 2. Kornverteilungskurve des verwendeten Sandes

Bild 3. Abhängigkeit der Winkelgeschwindigkeit von der Scherspannung bei verschiedenen Beschleunigungen a, Frequenzen f und Amplituden A des Aufnahmewerkzeugs bei einer Schichthöhe  $h_A = 160$  mm

Bild 4. Abhängigkeit der Viskosität vom Schergeschwindigkeitsgefälle im mechanischen Fließbett bei einer Schichthöhe  $h_A = 160$  mm

Mit dieser Gleichung kann unabhängig von den Gerätegrößen des Rotationsviskosimeters die Viskosität in Abhängigkeit vom Schergeschwindigkeitsgefälle ermittelt werden.

Die Scherspannung ergibt sich nach [4] aus Gl. (4):

$$\tau = A \cdot S \quad (4)$$

Der Schubfaktor A hängt von der Geometrie des Drehkörpers und vom Rotationsviskosimeter ab. Für das verwendete Rotationsviskosimeter mit dem Drehkörper beträgt  $A = 3,64$  [4]. In Gl. (4) ist S die Anzahl der Skalenteile der Anzeige des Rotationsviskosimeters.

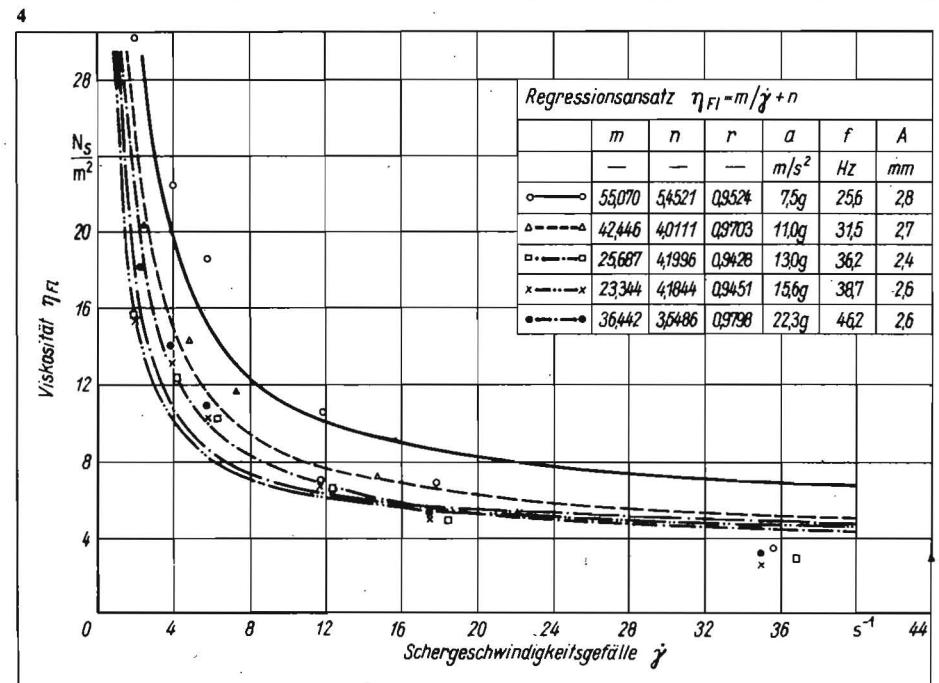
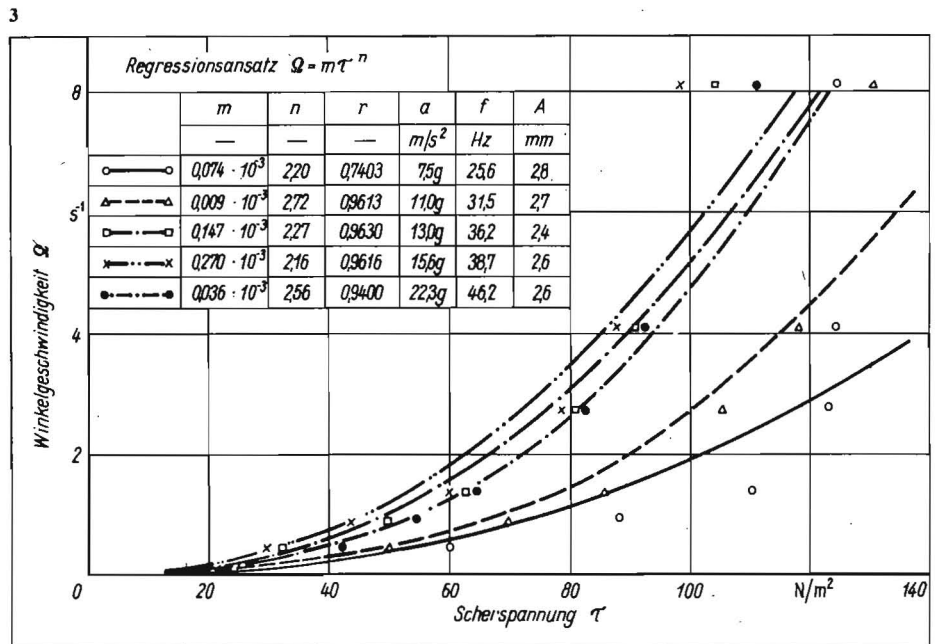
### 3. Versuchsaufbau

Das Schema des Versuchsaufbaus zeigt Bild 1. Der verwendete Drehkörper hatte einen Durchmesser von 38 mm und eine Höhe von 61,5 mm. Der Mantel des Drehkörpers wurde mit Sandpapier beklebt, das der Körnung der Grenzschicht des Sandes entsprach. Als Versuchsmaterial wurde Sand verwendet. Die Kornverteilungskurve des Sandes ist im Bild 2 dargestellt.

Der Ungleichförmigkeitsfaktor betrug 3,4, die Feuchtdichte  $1,52 \text{ kg/dm}^3$ , die Reindichte  $2,64 \text{ kg/dm}^3$  und der Wassergehalt 1,5%. Die Durchführung der Versuche erfolgte so, daß nach Einteilung der entsprechenden Frequenz des Werkzeugs die Winkelgeschwindigkeit des Drehkörpers in fünf Stufen variiert und die entsprechende Skalenanzeige des Rotationsviskosimeters als Maß für die Schubspannung abgelesen wurde. Jeder Versuch wurde mit fünf Wiederholungen durchgeführt.

### 4. Versuchsergebnisse

Im Bild 3 wird die Abhängigkeit der Winkelgeschwindigkeit  $\Omega$  des Drehkörpers von der Scherspannung  $\tau$  bei unterschiedlichen Beschleunigungen des Aufnahmewerkzeugs veranschaulicht. Zur Überprüfung der Brauchbarkeit des Potenzansatzes wird eine Regressionsrechnung durchgeführt. Der Korrelationskoeffizient r im Bild 3 zeigt, daß der Potenzansatz für die Beschreibung des nicht-Newtonschen Fließverhaltens des Sandes geeignet ist. Mit der Regressionsrechnung ergibt sich auch der Exponent n, der für die Bestimmung des Schergeschwindigkeitsgefälles nach Gl. (2) und damit zur Berechnung der Viskosität nach Gl. (3) benötigt wird.



Die Abhängigkeit der Viskosität vom Schergeschwindigkeitsgefälle zeigt Bild 4. Mit zunehmendem Schergeschwindigkeitsgefälle nimmt die Viskosität ab. Bei einem Schergeschwindigkeitsgefälle über  $16\text{ s}^{-1}$  verringert sich die Viskosität nur noch geringfügig. Bei einer Beschleunigung von  $7,5\text{ g}$  ist bei gleichem Schergeschwindigkeitsgefälle die Viskosität signifikant größer als bei den höheren Beschleunigungswerten. Bei Vergrößerung der Beschleunigung von  $11,0$  bis  $22,3\text{ g}$  ändert sich die Viskosität bei gleichem Schergeschwindigkeitsgefälle nur noch gering.

## 5. Zusammenfassung

Das Sortieren der Kartoffeln von den Beimengungen im mechanischen Fließbett wird u. a. von der Viskosität des Fließbetts beeinflusst. In diesem Beitrag wird das Fließverhalten von vibrierendem Sand bei Beschleunigungen des Aufnahmewerkzeugs von  $7,5$  bis  $22,3\text{ g}$  untersucht. Der Sand zeigt bei dieser Beschleunigung nicht-Newtonsches Verhalten.

Die Viskosität des vibrierenden Sandes wird ermittelt. Sie ist vom Schergeschwindigkeitsgefälle abhängig.

## Literatur

- [1] Autorenkollektiv: Verfahrenstechnik. Mechanische Verfahrenstechnik I. Leipzig: VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie.
- [2] Schäffner, H.-J.: Viskosität und Lagerungsdichte vibrierender Kornhaufwerke. Acta Technica Academiae Scientiarum Hungariae 69(1970)H. 3/4, S. 425—432.
- [3] Schäffner, H.-J.: Rheologisches Verhalten von vibrierendem Sand im Rotationsviskosimeter. Acta Technica Academiae Scientiarum Hungariae 60 (1968) H. 3/4, S. 247—256.
- [4] Beschreibung und Gebrauchsanweisung — Rotovisko. Fa. Gebr. Haake. A 3281

# Untersuchungen an schwingenden Hackfruchtaufnahmeelementen

Dr.-Ing. B. Seidel, Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Sektion Mechanisierung der Pflanzenproduktion

## 1. Einleitung

Die weitere Intensivierung der Erzeugung landwirtschaftlicher Produkte erfordert das umfassende Untersuchen der Betriebseigenschaften von Arbeitselementen, die sich aufgrund unzureichender Erkenntnisse über optimale Konstruktions- und Betriebsparameter in Abhängigkeit von den Stoffparametern bisher in der Praxis nicht durchsetzen konnten. Ein typisches Beispiel hierfür ist der Einsatz schwingender Aufnahmeelemente für Hackfrüchte aus dem Wuchsraum. Vorteile schwingender Aufnahmeelemente im Vergleich zu starren Aufnahmeelementen sind u. a. die Senkung der Zugkraft, des Werkzeugverschleißes und der Erntegutbeschädigung sowie die Erhöhung der Intensität der Bodenzerkleinerung [1, 2, 3]. Mit steigender Schwingungsintensität erhöht sich der Einfluß dieser Vorteile bei einem Vergleich mit starren Aufnahmeelementen. Diese steigende Schwingungsintensität hat konstruktive Nachteile zur Folge. Die dynamische Belastung der Bauteile durch Massenkraft steigt an. Es können Resonanzschwingungen auftreten, die zur Beeinträchtigung des Arbeitsvermögens der Bedienkräfte infolge Lärm- und Schwingungserregung und zu Dauerbrüchen führen. Daraus folgt, daß die Entwicklung schwingender Aufnahmeelemente eine Optimierungsaufgabe darstellt. Ziel künftiger Untersuchungen auf diesem Gebiet muß es sein, durch theoretische und experimentelle Untersuchungen den Einfluß der Nachteile schwingender Aufnahmeelemente bei einem

Vergleich mit starren Aufnahmeelementen auf ein Minimum zu reduzieren. Die folgenden Darlegungen sollen hierzu einen Beitrag leisten.

## 2. Theoretische Betrachtungen

### 2.1. Systematik schwingender Aufnahmeelemente

In Anlehnung an Untersuchungen zur Bodenbearbeitung mit schwingenden Werkzeugen können die Aufnahmeelemente für Hackfrüchte in federnde und durch Schwingantrieb aktiv schwingende Elemente untergliedert werden (Bild 1) [1, 2, 3]. Die federnden Aufnahmeelemente sind in der Lage, durch den schwankenden Arbeitswiderstand selbsterregt zu schwingen. Die aktiv schwingenden Elemente werden entweder durch Unwucht, Federkraft und Stützererregung oder durch einen Exzenterantrieb in Schwingungen versetzt. Die Amplitude des Schwingungswegs und die Richtung der Schwingungen sind beim exzenterangetriebenen Element konstant. Die anderen schwingenden Aufnahmeelemente schwingen um eine mittlere statische Federauslenkung, die vom Mittelwert der Komponenten des Arbeitswiderstands abhängig ist (Bild 2). Infolge der statischen Federauslenkung während des Bodeneingriffs stimmen im Normalfall die Richtung der Schwingung, die Neigung der Arbeitselemente gegenüber der Horizontalen und die Arbeitstiefe nicht mit den betreffenden konstruktiven Parametern ohne Bodeneingriff überein.

Unter einem starren Aufnahmeelement wird ein Körper verstanden, der unter Einwirkung von Kräften keine Verformung erfährt [4]. Solche Idealkörper gibt es nicht. Aus diesem Grund müssen alle bekannten, an sich starr ausgebildeten Aufnahmeelemente infolge begrenzter Steifigkeit ihrer Abstützung am Geräterahmen zu den federnden Aufnahmeelementen gerechnet werden.

In den weiteren Darlegungen werden unter einem schwingenden Aufnahmeelement das eigentliche in Wechselwirkung mit dem Wuchsraum stehende Werkzeug, seine Abstützung über Federn, Gelenke und Werkzeugstiele am Geräterahmen einschließlich der Schwingantriebe bei aktiv schwingenden Elementen verstanden.

### 2.2. Forschungsmethoden

Eine Forschungsaufgabe besteht darin, die starren Aufnahmeelemente mit den schwingenden Aufnahmeelementen zu vergleichen. Hierzu müssen die Betriebseigenschaften der schwingenden Aufnahmeelemente untersucht werden. Es sind optimale Varianten zum Abstützen der Werkzeuge gegenüber dem Geräterahmen und zum Einleiten der Schwingungen über einen Schwingantrieb zu ermitteln. Für eine wissenschaftliche Entwicklung schwingender Aufnahmeelemente existieren folgende Methoden [5, 6]:

— systematisches Untersuchen der Konstruktions- und Betriebsparameter von Bauteilen

Bild 1. Schwingungstheoretische Systematik der Aufnahmeelemente für Hackfrüchte

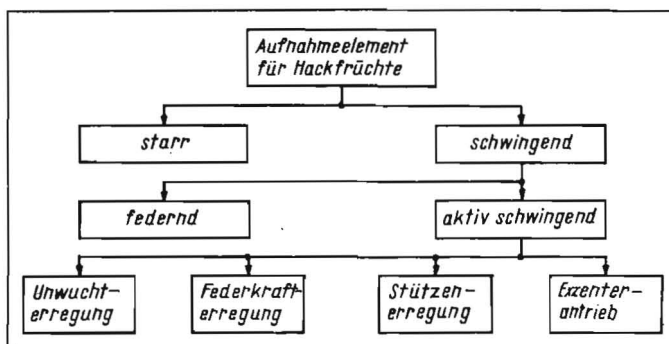


Bild 2. Schwingendes Aufnahmeelement mit Verlauf des Schwingungswegs  $q$  und der Erregerkraft  $F_E$  als Funktion der Zeit  $t$ ; 1 Werkzeug, 2 Schwingrahmen, 3 Feder, 4 Gelenk, 5 Geräterahmen, 6 Schwingungsaufnehmer,  $q_0$  statische Federauslenkung,  $T$  Periodendauer,  $F_{A0}$  Amplitude der Erregung,  $x$ - $y$ - $z$  Koordinatensystem,  $v_f$  Fahrgeschwindigkeit,  $I$  Werkzeugspitze

