

Anwendungsmöglichkeiten für Schwingssysteme in der Landtechnik

1 Einleitung

Der technische Fortschritt, der mit Hilfe der Schwingungstechnik auf den verschiedensten Gebieten, wie z. B. der Förder- und Siebtechnik, in der Bau- und Montan-Industrie erzielt wurde, veranlaßte die Fachleute der Landtechnik zu der Überlegung, daß bei sinnvoller Übertragung bzw. Abwandlung der einzelnen Schwingungssysteme es möglich sein müßte, analoge Erfolge zu erzielen¹⁾. Es müßte möglich sein, mit Hilfe der Schwingungstechnik z. B. den Wirkungsgrad von Bodenbearbeitungsgeräten zu verbessern, die vielfältigen, noch anstehenden Probleme der Fördertechnik in der Landwirtschaft zu lösen und weiterhin auf dem Gebiete der Absiebung verschiedenster landwirtschaftlicher Güter eine „Erhöhung der Siebleistung bei schonendster Behandlung des Siebgutes zu erreichen. Es mag vielleicht ungewöhnlich erscheinen, daß die vorgenannten Probleme mit Hilfe der Schwingungstechnik gelöst werden sollen, obwohl bisher für den Maschinenbauer Schwingungen nur unerwünschte Erscheinungen waren, die es nach Möglichkeit zu vermeiden galt.

Das Gebiet der technischen Schwingungen hat jedoch in den letzten Jahrzehnten eine rasante Ausweitung erfahren. Hand in Hand mit der fortschreitenden Entwicklung der Elektrotechnik und ihrer Spezialgebiete, wie Hochfrequenz-, Fernmelde- und Meßtechnik, sowie den wachsenden wissenschaftlichen Erkenntnissen der Physik auf den Gebieten des Schalles, der Wellenlehre und Elektronik ergaben sich analoge Momente bei den kinematischen und hierbei besonders bei den phoronomischen Vorgängen fast aller Maschinen und Geräte.

Diese fanden zumeist wenig Beachtung oder wurden hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Festigung und Lebensdauer unterschätzt. Daraufhin durchgeführte wissenschaftliche Untersuchungen ergaben teilweise völlig neue Aspekte und Perspektiven. Für einzelne Zweige des klassischen Maschinenbaues, z. B. für den Turbinenbau und Triebwerksbau, entstand direkt eine neue Wissenschaft, die sich mit den hierbei auftretenden Schwingungen, kritischen Drehzahlen, Resonanzerscheinungen usw. befassen mußte [1]. Das wirkte wiederum befruchtend auf viele andere Richtungen der Technik, so daß es z. B. heute selbstverständlich ist, alle schnellaufenden Maschinen oder Teile derselben, vollständige Bauobjekte, wie Flugzeuge, Schiffe, ja sogar Industriebauten, in denen sich schnellaufende Maschinen befinden, schwingungstechnisch zu untersuchen und entsprechend zu gestalten.

Andererseits lag es nahe, diese Schwingungsvorgänge bzw. Effekte für technische Zwecke nutzbar zu machen bzw. sie zur Verbesserung bereits bestehender Systeme zu verwenden, obwohl eine grundsätzliche Abneigung fast aller Konstrukteure gegen die bisher nur lästigen Schwingungen oder deren Folgeerscheinungen in der Form von Resonanz, Dauerbrüchen usw. bestand.

Es würde nun zu weit führen, alle Maschinen und Geräte aufzuzählen, bei denen bereits ein schwingendes Arbeitsprinzip Anwendung findet, da, physikalisch betrachtet, kein grundsätzlicher Unterschied zwischen elektrischen und mechanischen Schwingungen besteht, zudem auch die Erregung der-

selben wechselseitig erfolgt. Auch besteht bisher, von der Unterteilung des Schalles in Infra-Schall (bis 16 Hz), Schall (16 Hz bis 20 kHz) und Ultra-Schall (über 20 kHz) abgesehen, keine strenge oder gar genormte Klassifikation der Schwingungstechnik, z. B. in Vibration, Oszillation, Pulsation.

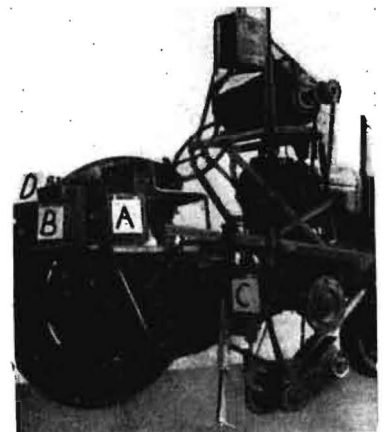
2 Praktische Anwendungsmöglichkeiten in der Landtechnik

2.1 Bodenbearbeitungsgeräte

Verschiedene wissenschaftliche Institute und hier besonders das Landwirtschaftliche Institut der Kalifornia-Universität in Davis haben durch lange Versuchsreihen festgestellt, daß es möglich ist, durch die Verwendung schwingender Bodenbearbeitungsgeräte Zugkraft einzusparen. In einer Arbeit von Jack T. GUNN und V. N. TRAMONTINI [4] wurde festgestellt, daß eben durch die Verringerung der sonst benötigten Zugkraft die Verwendung leichterer Schlepper möglich ist (Bild 2 und 3). Diejenige Kraft, die nicht für den Zug gebraucht wird, kann auf diese Weise als Schwingungsantriebskraft der bodenbearbeitenden Teile landwirtschaftlicher Maschinen verwendet werden, wodurch wiederum die erforderliche Zugkraft verringert wird. Bei angestellten Versuchen mit einem pflugscharähnlichen Gerät (Bild 1), das in horizontaler Richtung zum Schwingen gebracht wurde, stellte man fest, daß die Zugkraft in Abhängigkeit von der Frequenz des Gerätes im Gegensatz zum Nichtschwingen erheblich abnahm. Die Messung erfolgte mittels Zugstangen-Dynamometer mit Federskala. Der Gesamtkraftbedarf dagegen wird durch das Schwingen des Gerätes kaum vermindert, trotzdem der Zugkraftbedarf sehr herabgesetzt ist (Bild 4). Es verbleiben aber zwei mögliche Vorteile einer Schwingungseinrichtung:

1. Die Verminderung des Zugkraftbedarfes kann einen kleineren Schlepper in die Lage versetzen, die volle Kraft seines Motors anzuwenden, wie es grundsätzlich bei allen zapfwellenangetriebenen Maschinen der Fall sein kann. Außerdem besteht die Möglichkeit, Anhängen-Geräte mit Aufbau-Motor zu verwenden. Auf diese Art wird es ebenfalls kleineren Schleppern ermöglicht, Arbeiten zu verrichten, die sonst nur von größeren bewältigt werden können (Gärtner-Schlepper).
2. Mit Hilfe von schwingenden Bodenbearbeitungswerkzeugen ist bei gegebener Kraft die Bodenbearbeitungsleistung größer als bei starren Werkzeugen. Bei den Versuchen hat es sich klar gezeigt, daß die Erde mit schwingenden Geräten viel besser zerkrümelt bzw. zerkrümelt wird als ohne. Ob dieses ein

Bild 1. Das am Schlepper angebrachte Versuchsgerät mit Belastungsregistriergeräten (ABD), dem Belastungsmesser (C) und dem oben angebrachten Elektromotor zum Antrieb des Pflugschares. (Der Übersichtlichkeit halber ist das rechte Hinterrad entfernt worden.)



*) Aus der Arbeit des Instituts für Landmaschinen- und Traktorenbau, Leipzig (Leiter: Dr.-Ing. E. FOLTIN).

¹⁾ Siehe auch Deutsche Agrartechnik (1955) H. 4, S. 109 und H. 5, S. 156: A. WICHA „Vibrations-, Förder- und Siebmechanismen im Landmaschinenbau“; H. 7, S. 250: N. MOGILENKO „Ein Pflug mit vibrierendem Untergründlocker“; H. 7, S. 251: E. FOLTIN „Die Schwingungstechnik und ihre Anwendungsmöglichkeit im Landmaschinenbau“.

Vor- oder Nachteil ist, müßte allerdings erst noch von agrobiologischer Seite her genau untersucht werden.

Im Landwirtschaftlichen Institut von Kischinew wurden ebenfalls Versuche mit Untergrundlockern und Kultivatorzinken hinsichtlich der Verwendung von schwingenden Werkzeugen durchgeführt. Hierbei wurde auch eine Verringerung des Zugwiderstandes der entsprechenden Geräte festgestellt. MOGILENKO [5] gibt an, daß bei einer Schwingungsfrequenz von 1000 bis 1400/min und bei Schwingungsamplituden von 3 bis 4 mm der Zugwiderstand eines Pfluges, dessen Werkzeug 5 bis 15 cm in den Boden eindringt, sich bis zu 30% verringert. Weiter wurde festgestellt, daß die Verringerung des Zugwiderstandes zum Teil erheblich von der Erregerfrequenz, von der Bodenart und von der Fahrgeschwindigkeit abhängig ist. Versuche in dieser Richtung wurden ebenfalls am Landmaschinen-Institut der Universität München durchgeführt, worüber aber noch keine abschließenden Berichte vorliegen.

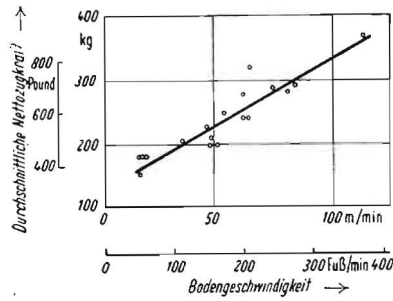


Bild 2. Schaubild der geradlinigen Zug-Geschwindigkeitsfunktion des Versuchsschares (n. GUNN-TRAMONTINI)

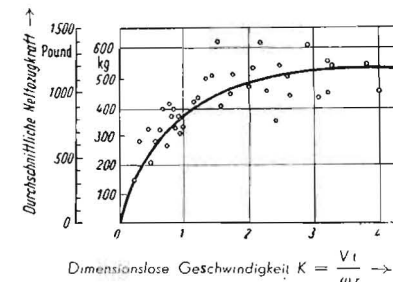


Bild 3. Abnahme des Zugkraftbedarfes bei ansteigender Schwingungszahl des Gerätes (Kleinere K-Werte)

Ein etwas entfernteres Anwendungsgebiet hinsichtlich der Bodenbearbeitung mittels Schwingungen stellt die Verwendung der sogenannten WELLER-Vibrationswalzen dar. Hierbei handelt es sich um normale Walzen, deren Walzenkörper durch eine darüber befindliche Erreger-Welle in Kreisbewegungen von hoher Frequenz versetzt wird. Durch sinnreich konstruierte Speziallager wird eine Übertragung der Schwingungen auf den Aufbau verhindert. Während nun bei den bisher üblichen Walzen lediglich das Gewicht der Walze allein für den Verdichtungsvorgang im Boden wirksam werden konnte, wird durch das Vibrieren des Walzenkörpers die Verdichtungsleistung multipliziert, so daß auf diesem Wege der Walzeffekt einer schwereren Walze erreicht wird. Allerdings sind diese Walzen vorerst hauptsächlich für Untergrund- und Unterbauarbeiten, Bodenstabilisierungen, für Abwalzen und Verdichten von Sand, Kies, Schotter, Asche und anderen Materialien auf Park- und Sportplätzen sowie im ländlichen Straßen- und Wegebau gedacht, jedoch müßte es auch möglich sein, nach diesem Prinzip Walzen von relativ geringem Gewicht für die Bodenbearbeitung herzustellen.

2.2 Förderung mittels Schwingungen

Auf diesem Gebiete der Fördertechnik hat sich in den letzten fünf Jahren immer mehr die Vibrations-Förderung in den Vordergrund geschoben, während man im herkömmlichen Sinne unter „Schwingförderung“ bis dato nur die Schüttelrutschenförderung verstand.

Während das Prinzip der Schüttelrutsche darin besteht, daß durch den Antriebsmotor eine Rinne in hin- und hergehende Bewegung versetzt wird, und zwar derartig, daß das Fördergut in einer Richtung gefördert wird, ist die Vibrationsförderung insoweit abgewandelt, daß hier nach dem Mikrowurf-Prinzip ge-

arbeitet wird und ein Fördern auch in beiden Richtungen möglich ist. Da nun leicht der Eindruck entstehen könnte, daß doch kein grundsätzlicher Unterschied zwischen beiden Fördersystemen bestehen würde, sei noch kurz darauf eingegangen.

Schüttelrutschen-Förderung:

Hierbei handelt es sich darum, die das Fördergut aufnehmende Rinne derartig hin und her zu bewegen, daß eine in der Förderrichtung überwiegende Bewegung des Fördergutes zustande kommt. Dabei muß dem Fördergut eine in der Förderrichtung wirkende Kraft erteilt werden, die es befähigt, seine Bewegung in dieser Richtung eine Zeitlang gegen die hemmende Wirkung der Reibung fortzusetzen und die in ihre Anfangslage zurückkehrende Rinne frei zu halten. Der Bewegungsvorgang besteht also aus dem Hingang, der dem Gut eine gewisse Geschwindigkeit und damit kinetische Energie (Wucht) erteilt und beide (Rinne und Gut) sich zusammen in der Förderrichtung bewegen, und dem Rückgang, bei dem die Rinne entgegen der Förderrichtung in die Ausgangsstellung zurückgezogen wird, wobei das Gut infolge der ihm innewohnenden kinetischen

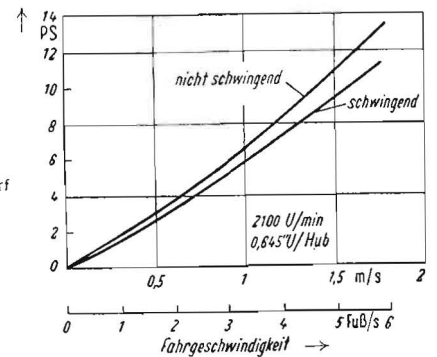


Bild 4. Gesamtkraftbedarf

Energie in der Förderrichtung weiterschleßt, bis es durch die Reibung gegenüber der Rinne zum Stillstand kommt. Die Übertragung der Wucht auf das Fördergut kann auf zwei Arten erfolgen:

- 1) Durch das Beschleunigungs-Verfahren, bei dem die Übertragung der Wucht bzw. des Förderimpulses von der Antriebsmaschine aus durch die Reibung zwischen Gut und Rinne zwangsweise erfolgt,
- 2) durch das Schwerkraft-Verfahren, bei dem das Fördergut seine Wucht lediglich durch die Wirkung der Gravitation erhält, die beim Hingang Rinne und Gut gleichmäßig beschleunigt, d. h., die Rinne muß in vertikaler Richtung mit einem zusätzlichen Richtungsvektor in der zu fördernden Richtung bewegt werden.

Zu 1)

Die Größe der dem Fördergut während des Hinganges von der Antriebsmaschine erteilten Wucht wird durch die Größe der Reibung zwischen Gut und Rinne begrenzt, wobei in Betracht gezogen werden muß, daß die Reibungszahl der Ruhe gegenüber derjenigen der Bewegung erheblich größer ist. Daraus folgt, daß während des Hinganges das Fördergut in bezug auf die Rinne in Ruhe verharren muß, wenn ein Höchstmaß von Wucht auf das Gut übertragen werden soll.

Wenn nun die Rinne am Ende des Hinganges plötzlich angehalten wird, so gleitet das Fördergut vermöge seiner Wucht $k = \frac{m \cdot v^2}{2} = s \cdot G \cdot \mu$ weiter, und zwar beginnt seine Gleitbewegung gegenüber der Rinne in dem Augenblick, in dem die Verzögerung der letzten den Wert $-\mu \cdot G$ überschreitet. Von diesem Augenblick an gleitet das Gut in der Rinne mit der Anfangsgeschwindigkeit, die im Idealfall v entspricht, die aber unter der verzögernden Wirkung der Gleitreibung $\mu_1 \cdot G$ abnimmt. Bei der Rückwärtsbewegung der Rinne, die nach Möglichkeit schneller als die Vorwärtsbewegung erfolgen soll, muß sich das Gut noch in der Förderrichtung bewegen, da

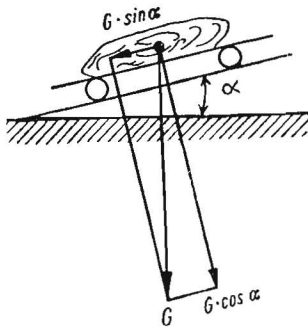


Bild 5. Erläuterung im Text

sonst wieder analog der Vorwärtsbewegung der Rinne entsprechend $G \cdot \mu$ ein Rücktransport folgen würde.

Zu 2)

Während bei dem Beschleunigungs-Verfahren die Beschleunigung der Rinne und des Gutes durch den Antriebsmechanismus und durch die Schwerkraft hervorgerufen wurde, wird bei der reinen Schwerkraftförderung diese ausschließlich durch die Schwerkraft erzeugt. Eine Schwerkraftförderung tritt ein, wenn

$$G \cdot \sin \alpha \geq G \cdot \cos \alpha \cdot \mu; \quad \text{tg } \alpha \geq \mu.$$

d. h., wenn der tg des Neigungswinkels gleich oder größer als μ ist. Die dem Fördergut hierbei erteilte Beschleunigung ist für jede Neigung verschieden groß, aber nach den Fall- und Neigungsgesetzen unveränderlich. Die erste Vorbedingung für die Möglichkeit des Schwerkraft-Verfahrens ist also das Vorhandensein eines Gefälles für den Hingang. Ist dieses Gefälle nicht durch das natürliche Einfallen vorhanden (Bild 5), so muß es durch eine geeignete Führung künstlich erzeugt werden. Bei waagerechter Förderung könnte dieses z. B. durch keilförmige, unter dem Winkel α geneigte Laufbahnen erfolgen. Man läßt also die mit dem Fördergut beladene Rutsche unter dem Einwirken der Erdanziehung auf Rollen oder auch an Pendeln nach unten fallen, fängt sie am unteren Hubende, nachdem sie ihre höchste Geschwindigkeit erreicht hat, plötzlich auf und bringt sie wieder in ihre Anfangslage zurück. Der Reibungsschluß wird durch die plötzliche Verzögerung am Hubende durchbrochen und das Gut schießt eine gewisse Strecke in der Rinne voran. Während des Hochziehens der Rutsche bewegt sich das Gut außer unter der ihm mitgeteilten kinetischen Energie noch unter der potentiellen Energie der weiteren Schwerpunktsenkung. Die Geschwindigkeit der Rinne und damit des Fördergutes am Hubende wird $v = \sqrt{2g \cdot h}$, das heißt aber andererseits, diese Geschwindigkeit ist lediglich von der Fallhöhe h abhängig, also vom Einfallswinkel α oder der Hublänge s .

Abschließend kann man zur Schüttelrutschenförderung sagen, daß bei dieser das Schwerkraft-Verfahren für den Hingang unter allen Umständen ein Gefälle verlangt. Das Beschleunigungs-Verfahren ist dagegen überall anwendbar, wobei aber

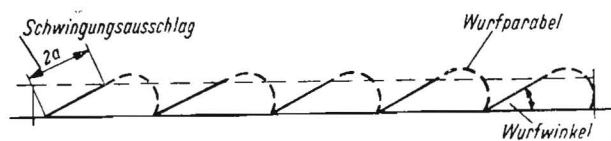


Bild 6. Prinzip des Mikrowurfes

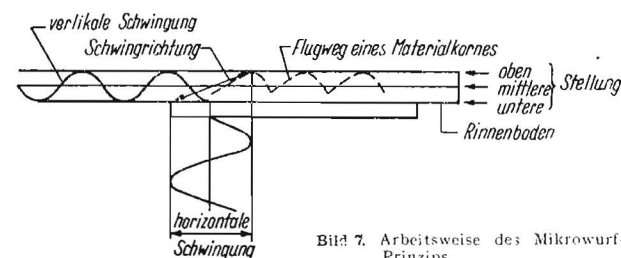


Bild 7. Arbeitsweise des Mikrowurf-Prinzips

die erreichbare Fördergeschwindigkeit von der auf das Gut übertragbaren Höchstbeschleunigung abhängt, die wiederum von der Größe der Reibung zwischen Gut und Rinne abhängt.

Bei der sogenannten Vibrations- oder Schwingförderung, die nach dem Prinzip des Mikrowurfes arbeitet, bestehen nun im Gegensatz zur Schüttelrutschenförderung folgende Unterschiede:

Während bei der Schüttelrutschenförderung die Schwingfrequenz auf Grund der vorher beschriebenen Notwendigkeit des Reibungsschlusses zwischen Gut und Rinne relativ gering sein muß, ist diese bei der Vibrationsförderung wesentlich höher. Durch den Schwingungserreger werden der Förderrinne und damit dem Fördergut Impulse in dem gewünschten Wurfwinkel erteilt. Dadurch, daß der Schwingungsausschlag sehr gering ist und die Frequenz entsprechend hoch, ergibt sich trotzdem je Zeiteinheit ein zur Förderung ausreichender Arbeitsweg. Auf diese Art und Weise kommt das Schüttgut durch die schnell aufeinanderfolgenden Impulse kaum mit dem Rinnenboden in Berührung, was sich sowohl auf die Abnutzung des Rinnenbodens als auch auf die Beschädigung des Fördergutes vorteilhaft auswirkt.

Der Schwingungserreger kann weiter so gewählt werden, daß die Förderrinne neben linearen auch elliptische Schwingbewegungen ausführen kann, die z. B. die Schüttgüter lockern. Aus Bild 6 und 7 ist die Arbeitsweise des Mikrowurf-Prinzips näher ersichtlich.

Der wesentlichste Unterschied zwischen der herkömmlichen Schüttelrutschenförderung und der neuen Schwingförderung besteht jedoch im Prinzip der Schwingung selbst bzw. in der neuen Definition derselben.

Während man früher jede Bewegung, die einen Körper zwischen bestimmten Grenzen längs eines Weges periodisch hin- und herführte, als Schwingung bezeichnete (d. h. praktisch jede hin- und hergehende Bewegung), macht man heute in der neu entstandenen Schwingungstechnik bzw. Schwingungslehre, und hier besonders auf den Gebieten der Förder- und Siebtechnik, Unterschiede. Einfache hin- und hergehende Bewegungen, die zwischen starren Lagern (nicht elastischen Pendeln) mit konstantem Hub erfolgen, z. B. bei einem Schubkurbelbetrieb, gelten nicht mehr als Schwingungen; vielmehr werden darunter die Bewegungen einer, zwischen elastischen Mitteln aufgehängten Masse, die durch eine lose Kopplung erregt, deren Hub jedoch durch die entgegenwirkenden Kräfte der elastischen Mittel begrenzt wird, verstanden. Deshalb spricht man auch von Hubbegrenzung und Kraftbegrenzung. Im ersten Falle wird also die Wucht der hin- und herbewegten Masse durch starre, Verluste bedingende Lager und Gestänge aufgenommen, während im zweiten Falle die Massenwucht periodisch durch elastische Mittel aufgenommen und nahezu verlustlos zurückgegeben wird. Dadurch erklärt sich auch der relativ geringe Kraftbedarf der nach diesem Prinzip arbeitenden Vibrations- oder Schwingförderer.

Je nach der Art des zu fördernden Schüttgutes und nach den speziellen Gegebenheiten der verschiedensten Betriebe werden folgende Erregersysteme verwendet:

Bei der Erregung durch das Unwucht-Prinzip (Bild 8 und 9) werden durch Elektromotore umlaufende Unwuchtmassen angetrieben, die so aufeinander abgestimmt sind, daß sich die Fliehkraftkomponenten nur in der Horizontal-Richtung auswirken. Zu diesem Zweck sind die Unwuchtmassen zumeist durch ein Spezialgetriebe gekuppelt, das bei einem Übersetzungsverhältnis von 1:1 eine Gegenläufigkeit der Unwuchten bewirkt, deren vertikale Kräfte sich gegenseitig aufheben, während die horizontalen addiert werden und der angeschlossenen Förderrinne die Schwingbewegung aufzwingen.

Ein weiteres Erregersystem stellt das elektromagnetische Prinzip dar (Bild 10). Bei diesem werden in einfacher Weise durch einen oder mehrere Elektromagneten über eine Gegenschwingmasse und ein Federsystem die Schwingungen durch den Anschluß an eine Wechselspannung erzeugt.

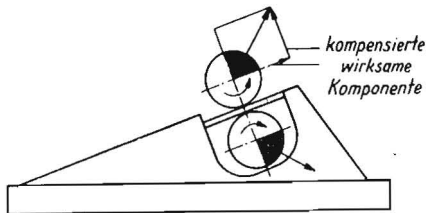


Bild 8. Massenkompensierter Unwuchtantrieb

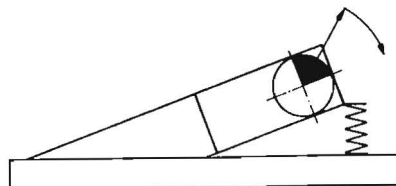


Bild 9. Durch Blattfedern gerichteter Unwuchtantrieb

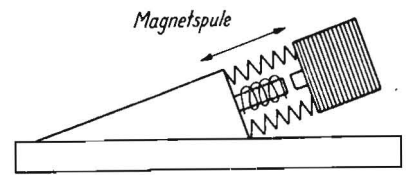


Bild 10. Elektromagnetischer Vibrator

Der Vorteil der Magneterregung besteht in der stufenlosen Regelbarkeit der Schwingbreite während des Betriebes und des praktisch verschleißlosen Arbeitens. Hierzu wird die an den Klemmen der Erregerspule liegende Wechselspannung durch einen Ohmschen oder induktiven Widerstand gedrosselt. Diese Vorzüge machen den Magnetantrieb hauptsächlich für Dosier- und Abzugsrinnen sowie für kürzere Förderstrecken geeignet.

Unter dem Namen „Wuchtförderer“ bzw. „Wuchtspeiser“ (Bild 11) gibt es bereits eine ganze Reihe von Schwingförderanlagen für die vielfältigsten Verwendungszwecke [6].

Die Einfachheit des Prinzips sowie die Strapazierfähigkeit des für die Förderrinnen bzw. Förderrohre verwendeten Materials machen die Schwingförderer zu einem universellen Fördergerät für fast alle Schüttgüter bis zu Temperaturen von 700° C. Man findet Schwingförderer in der Grundstoffindustrie für den Transport von Kalksteinen, Koks, Erzen, aggressiven Düngemitteln, glühendem Sintergut, Zuckerrüben (Bild 12), Grubensand, Braunkohle, Getreide usw. Besonders geeignet erscheinen Schwingförderer für Schüttgüter, die der menschlichen Ernährung dienen und demgemäß nicht beschädigt werden dürfen.

Wie schon erwähnt, kann durch geeignete Ausbildung der Förderrinne weitgehend Rücksicht auf das zu fördernde Material genommen werden. Bei staubenden Gütern bzw. solchen, die nicht mit der Außenluft und den damit verbundenen Verunreinigungen in Berührung kommen sollen, können die Rinnen oben verschlossen bzw. ganz als Rohre ausgebildet werden.

Für die Senkrecht-Förderung sind Wendel-Wuchtförderer entwickelt, bei denen das Schüttgut auf einer Spirale nach oben wandert (Bild 13). Ein weiterer großer Vorteil der Schwingförderer ist die Umsteuerbarkeit, d. h. also, daß Fördern in beiden Richtungen möglich ist. Da das Arbeiten in der Resonanzlage einen besonders geringen Kraftaufwand erfordert, sind viele Förderrinnen als sogenannte Resonanzförderer ausgelegt. So z. B. benötigt eine Resonanzfördererinne von 4,50 m Länge bei 6° ansteigender Neigung nur 0,2 kW bei einer Stundenleistung von 8 m³.

Nun ist es denkbar, daß auch für die Zwecke der Landtechnik Schwingförderanlagen mit Erfolg verwendet werden können. Gerade in der Innenwirtschaft, die im Rahmen der Gesamttechnisierung der Landwirtschaft noch immer stiefmütterlich

behandelt wird, harren eine ganze Reihe von Förderproblemen der Lösung. Hierbei ist vor allen Dingen an die Förderung von Hackfrüchten und Getreide nach und in Silos gedacht.

Weiter könnte es möglich sein, das Problem des Heranbringens von Futter auf diese Art der Lösung näher zu bringen, abgesehen von weiteren Möglichkeiten, die sich hierbei eröffnen könnten.

2.3 Absiebung mittelst Schwingungen

Schwingsiebe sind wohl die älteste Form der Anwendung von Schwingungen in der Technik, die von der hin- und hergehenden Bewegung der Handsieberei abgeleitet wurde. Die ersten

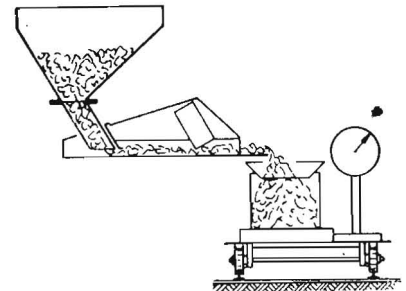


Bild 11. Wuchtspeiser zur Beschickung von Waagen, Regelung von Hand, halb- oder vollautomatisch (SCHENCK, Darmstadt)

Schwingsiebe hatten dieses Prinzip auch regelrecht übernommen, während dann im Verlauf der Entwicklung das moderne Schwingsieb unter Berücksichtigung aller Erkenntnisse der Schwingungstheorie entstand, so daß man heute das Problem der Anwendung von Schwingungen für die Siebtechnik in seinen Grundzügen als gelöst betrachten kann [3]. Hinsichtlich der Frage der Verwendung von Schwingungsmechanismen in der Landtechnik sind aber doch gewisse Überlegungen, von der Verschiedenheit und Empfindlichkeit landwirtschaftlicher Siebgüter ausgehend, anzustellen. Da nun, wie unter 2.2 bereits festgestellt, durch das Prinzip des Mikrowurfes bei der Schwingförderung eine weitgehende Schonung des Förder-

Bild 13. Wendel-Wuchtförderer (SCHENCK, Darmstadt)

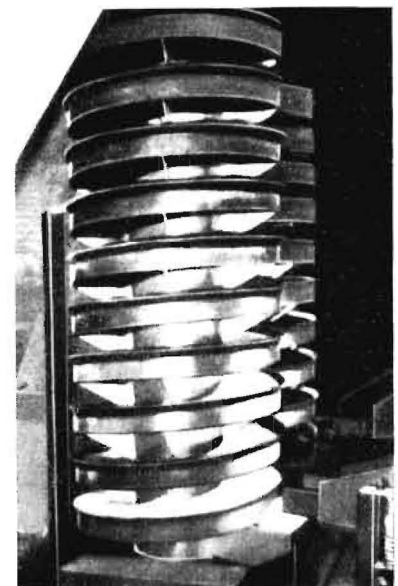
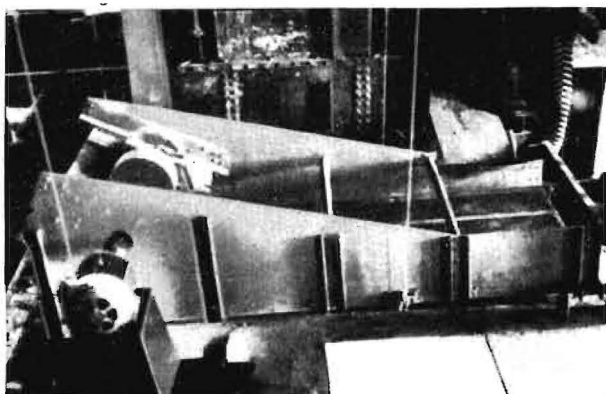


Bild 12. Siebwuchtrinne zum Entwässern von Zuckerrüben während des Förderns von der Waschmaschine zu einem Becherwerk (SCHENCK, Darmstadt)



gutes erreicht werden kann, lag es nahe, dieses Prinzip auch für die Absiebung von Gütern, die der menschlichen bzw. tierischen Ernährung dienen, vorteilhaft zu verwenden.

Der Hauptgrund für die Verwendung von Schwingsieben gegenüber solchen mit Hubbegrenzung ist jedoch die Einsparung von Antriebsenergie bzw. die Erhöhung der Leistung bei gegebener Siebfläche und gegebenem Antrieb. Während die Wucht der hin- und hergehenden Siebkastenmasse bei nicht schwingenden Sieben (genau wie bei Wuchtförderern) durch starre, verlustbedingte Lager und Gestänge aufgenommen wird, wird die Massenwucht bei Schwingsieben periodisch durch elastische Mittel aufgenommen und nahezu verlustlos zurückgegeben. Zudem erfolgt die Regelung bzw. der Antrieb über eine lose Kopplung, die ebenfalls zur Verringerung dieser Verluste beiträgt. Genau wie bei Schwingförderanlagen ist es bei Schwingsieben möglich, diese in der Resonanzlage arbeiten zu lassen, mit entsprechender Verminderung der Antriebskräfte.

Bei eigenen Versuchen mit einem Schwingsystem an einem Kartoffelsortierer wurden durch Verwendung desselben gegenüber der bisherigen Ausführung über 50% an Antriebsenergie eingespart bei geringerer Beschädigung des Siebgutes als vorher.

In der Landtechnik werden, im Gegensatz zur Montan-Industrie, bis jetzt sehr wenig Schwingsiebsysteme verwendet. Am bekanntesten ist der Saatgutreiniger „Vibraklon“ der westdeutschen Firma Meyer & Cie. (Bild 14), bei dem durch Anwendung des Schwingungsprinzips die Leistung des Sieb-

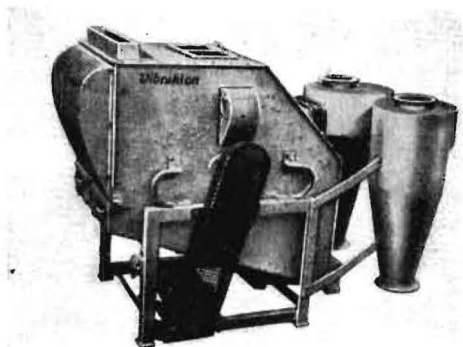


Bild 14. Saatgutreiniger „Vibraklon“ (MEYER & Cie., Heumar)

werkes bei gleicher Siebfläche vier- bis fünfmal größer ist. Durch den entsprechend angelegten Wurfwinkel findet weiter eine Selbstreinigung der Siebe statt, wodurch die bisher üblichen Bürsten überflüssig werden.

Bei Hackfrüchtermaschinen machen sich Konstrukteure der verschiedensten Firmen schon seit längerer Zeit Gedanken, inwieweit durch die Anwendung eines Schwingsystems die Absiebung der Kartoffeln verbessert werden kann.

Die bisher von unserem Industriezweig hergestellten sogenannten Schwingsiebroder dürften jedoch, im Sinne der modernen Schwingungstechnik (siehe 2.2) betrachtet, nicht mehr als solche bezeichnet werden, da die wesentlichsten Elemente eines echten Schwingsystems, wie lose Kopplung oder Kraftbegrenzung der Amplitude, nicht vorhanden sind. Demnach wäre zum Beispiel der bekannte „Schatzgräber“ mit seinem hubbegrenzten Siebsystem (starr mit dem Exzenter verbunden, siehe 2.2) bestenfalls als Rüttelsiebroder bzw. Siebroder anzusprechen.

Andererseits ist es bisher noch nicht erwiesen, ob es überhaupt zweckmäßig ist, für die Zwecke der Absiebung bei Hackfrüchtermaschinen Schwingsysteme zu verwenden. Voraussetzung für das Funktionieren von Schwingsystemen beim Fördern und Absieben ist nämlich, daß durch das Gewicht des Förder- bzw. Siebgutes die Amplitude und Frequenz der Schwingung nicht wesentlich verändert werden darf, d. h. also, daß entweder die Masse des Siebkastens oder der Förder-

einrichtung im Verhältnis zu der des Förder- bzw. Siebgutes groß sein muß oder daß das Schwingsystem von vornherein nur auf den Belastungsfall ausgelegt ist, wobei noch die Einschränkung gemacht werden muß, daß diese Belastung nicht ungleichmäßig sein darf. Weil nun bei Hackfrüchtermaschinen, die ja auf den vielfältigsten Bodenarten eingesetzt werden, wobei zusätzlich noch mit verschiedenen Roderiefen gerechnet werden muß, die Siebbelastung dementsprechend sehr unterschiedlich ist, dürfte es sehr schwierig sein, ein geeignetes Schwingsystem zu entwickeln. Auch verbietet sich von selbst der Weg über eine relativ große Masse der Siebanordnung, da eine der Hauptforderungen an Landmaschinen geringes Gewicht ist. Soweit bekannt, brachten bisher durchgeführte Versuche mit neu entwickelten Unwucht-Schwingsiebrodern auch keine durchweg positiven Ergebnisse. Dieser Roder, der von der hinteren Zapfwelle des Schleppers über eine Gelenkwelle und ein Kegelradgetriebe sowie eine Antriebswelle angetrieben wurde, von der wiederum die Drehbewegung über zwei Keilriemen auf zwei Unwuchten übertragen wurde, konnte zwar auf Grund der zu erwartenden Antriebskraft-einsparung leichter gebaut werden, hatte aber noch eine Reihe von Funktionsmängeln, die es z. Z. noch nicht ratsam erscheinen lassen, die Weiterentwicklung nach diesem Arbeitsprinzip zu betreiben.

Es zeigte sich z. B. bei der Kartoffelernte, daß durch die unterschiedliche Belastung der Hub des Siebes und damit die Siebleistung verändert wurden, daß ein Einwühlen des Roders erfolgte usw. Bei der Rübenerte dagegen, bei der weit weniger Erde auf das Sieb kommt und dementsprechend keine so große Schwankung der Belastung auftrat, war die Funktion weit besser, wodurch die vorher ausgesprochene Vermutung bestätigt wurde.

2.4 Schwingungsverdichtung

Die Anwendung von schwingenden Geräten als Verdichter ist in der Bauindustrie seit Jahren eine Selbstverständlichkeit. Sogenannte Vibrationsverdichter werden zur Herstellung von Beton-Fertigteilen, zur Verdichtung des Untergrundes im Erd- und Straßenbau, zur Verdichtung von geschütteten Böden, Beton- und Schwarzdecken und für Fundamentierungsarbeiten mit Erfolg verwendet [2].

Grundsätzlich erfolgt die Verdichtung in der Form, daß durch die schwingenden Massen des Verdichters ein kurzer, aber hoher Druck ausgeübt wird, der die Körner des zu verdichtenden Gutes eng aneinanderpreßt. Dadurch, daß der Druck nur einen sehr kurzen Moment erfolgt, prallen die Körner im nächsten Augenblick voneinander ab, wodurch die gegenseitige Reibung stark vermindert wird und die Körner gleichzeitig die Möglichkeit haben, ihre Lage zu verändern. Das wiederum führt zu einem immer engeren Verband, d. h. zur Abnahme der Hohlräume mit dem Ergebnis einer größeren Lagerungsdichte.

Entsprechend den vielfältigen Spezialaufgaben der Verdichter gibt es nun eine Vielfalt von verschiedenen Verdichtern in der Form von Stampfern, Vibrierbohlen, Schlittenverdichtern, Vibrationswalzen, die grundsätzlich aber alle nach dem gleichen Prinzip arbeiten. Da sie andererseits meist nur für einen bestimmten Spezialzweck vorgesehen sind, wird auf die Aufzählung bzw. Beschreibung der verschiedenen Bauarten verzichtet.

Grundsätzlich dürfte es kein Problem sein, Schwingverdichter bei analogen Verhältnissen im Rahmen der Landtechnik einzusetzen. Andererseits wäre es aber von vornherein illusorisch, z. B. elastische, d. h. langfaserige Güter wie Heu, Stroh oder Rübenblätter usw. verdichten zu wollen, da die vom Verdichter erzeugten Druckimpulse elastisch aufgenommen und zurückgegeben werden, so daß keine Verdichtung erfolgen kann. Das heißt also, daß es kaum möglich sein wird, mittels Schwingverdichtern z. B. Silogut verdichten zu wollen. Hier wird man voraussichtlich bei mechanischen oder Wasserpressen bleiben müssen.

3 Zusammenfassung

Es wurden, nach einem einführenden Überblick, das Problem der Schwingungstechnik und die praktischen Anwendungsmöglichkeiten für Schwingsysteme in der Landtechnik betrachtet.

Bei der Bodenbearbeitung mit schwingenden Werkzeugen ist eine Verringerung des Zugkraftbedarfes gegenüber nicht-schwingenden Geräten zu erwarten, wobei feststeht, daß der Gesamtkraftbedarf nicht wesentlich geringer ist, da die an Zug eingesparte Kraft zur Erzeugung der Geräteschwingung gebraucht wird. Es bleiben dadurch aber Möglichkeiten zur besseren Ausnutzung kleinerer Schlepper bei allen zapfwellenangetriebenen Maschinen, was im Hinblick auf die Verringerung des Bodendruckes von erheblicher Bedeutung sein dürfte.

Obwohl sich die Entwicklung von Schwingsystemen in der Fördertechnik noch im Fluß befindet, kann heute schon festgestellt werden, daß durch diese ein erheblicher technischer Fortschritt erzielt wurde. Durch das Prinzip des Mikrowurfes kommt das Fördergut kaum noch mit dem Boden der Förderrinne in Berührung, so daß beide – z. B. im Gegensatz zur herkömmlichen Schüttelrutschenförderung – äußerst geschont werden.

Durch die Verwendung elastischer Mittel ist der Kraftbedarf wesentlich geringer als bei Förderanlagen anderen Systems bei gleicher Leistung.

Durch Verwendung temperaturbeständiger Materialien für Schwingförderrinnen bzw. -rohre ist die Förderung auch heißer Materialien bis zu 700° C möglich.

Bei der Absiebung mittels Schwingungen wird ebenfalls nach dem Mikrowurf-Prinzip gearbeitet. Die Vorteile gegenüber anderen Siebssystemen sind neben der Verschleißminderung des Siebbodens und geringerer Beschädigung des Siebgutes ebenfalls die Ersparnisse an Antriebsenergie.

Für die Verdichtung werden seit längerer Zeit, allerdings hauptsächlich in der Bauindustrie, sogenannte Vibrationsverdichter mit Erfolg eingesetzt.

Verdichtung langfaseriger landwirtschaftlicher Erzeugnisse mit Hilfe von Vibrationsverdichtern verspricht keinen Erfolg.

Natürlich sind auch Kombinationen einzelner Schwingmechanismen möglich. So wäre es z. B. denkbar, Förder- und Siebaufgaben durch ein Gerät lösen zu lassen, wie es bei Saatgutreinigern, Saatguttrocknern und ähnlichen Geräten möglich ist.

Auf die Betrachtung von Prüfgeräten bzw. -einrichtungen, die auf Schwingsystemen aufgebaut sind, wurde verzichtet, da es sich hierbei schon allein um ein so umfangreiches Spezialgebiet handelt, daß es nicht im Rahmen eines kurzen Aufsatzes behandelt werden kann und das auch mehr in den Bereich der Werkstoff- und Funktionsprüfung hineingehört.

Abschließend wäre demnach festzustellen, daß es durchaus sinnvoll erscheint, sich mit der Problematik der Anwendung von Schwingsystemen auch in der Landtechnik auseinanderzusetzen.

Literatur

- [1] BERG: Gestaltfestigkeit, Versuche mit Schwingern. VDI-Verl. Düsseldorf 1952.
- [2] GARBOTZ: Untersuchungen der Verdichtungsvorgänge bei der Fertigung von Betonstraßendecken mittels Oberflächenrüttler. Straße und Autobahn (1953) H. 1.
- [3] GLATZEL: Untersuchungen über die Aufstellung von Leistungskennlinien an neuzeitlichen, schnellaufenden Schwingensieben. Diss. THAachen.
- [4] GUNN-TRAMONTINI: Oscillation of Tillage Implements. Z Agricultural Engineering, Nov. 1955.
- [5] MOGILENKO: Pflug mit Vibrations-Untergrundlockerern. MTS Moskau (1955) H. 15.
- [6] SCHENCK: Druckschrift Schenck-Wuchtspeiser. Darmstadt 1956. A 2745

Dipl.-Landw. S. UHLMANN, Leipzig*)

Einige Ergebnisse aus der Werkserprobung der Kartoffelvollerntemaschine E 372

Die 1956 zur Erprobung gestellte Kartoffelvollerntemaschine E 372 ist das Produkt einer jahrelangen Entwicklungs- und Erprobungsarbeit. Sie wurde unter den verschiedensten Ernteverhältnissen, zum Teil in Vergleichseinsätzen mit anderen Fabrikaten, gefahren, um Leistungsvermögen, Betriebstüchtigkeit, aber auch soweit wie möglich die zukünftig zu erschließenden, jetzt aber noch bestehenden Grenzen des Einsatzes von Kartoffelvollerntemaschinen kennenzulernen. Es besteht daher wohl ein berechtigtes Interesse der Landwirtschaft, die Erprobungsergebnisse dieser Maschine zu erfahren, zumal von dem vorgestellten Maschinentyp eine größere Stückzahl bereits zur diesjährigen Ernte der Praxis zur Verfügung gestellt werden soll.

Darüber hinaus soll mit dieser Veröffentlichung aber auch erreicht werden, der Praxis die Problematik des Kartoffelvollerntemaschineneinsatzes sowie dessen Grenzen klar vor Augen zu führen, damit von ihr, aber auch von einer Reihe zuständiger Stellen nicht ständig bestimmte, als unbillig zu bezeichnende Forderungen, die wohl nur aus Unkenntnis der genauen Zusammenhänge entstanden sein können, immer und immer wieder vertreten werden. Die Entwicklungs- und Erprobungsarbeit der einschlägigen Industrie in der ganzen Welt bringt Jahr für Jahr bessere technische Lösungen der Kartoffelernte. Neben der Berichterstattung über die Kartoffelvollerntemaschine E 372 wird daher immer wieder auf Probleme im Kartoffelvollerntemaschineneinsatz schlechthin eingegangen werden müssen.

1. Allgemeines zur Maschine

Die Kartoffelvollerntemaschine E 372 (Bild 1 und 2) arbeitet zweireihig und kann als Sammelroder mit Wagenablage definiert werden. Sie wurde in dem Bestreben entwickelt, eine robuste, leistungsfähige Kartoffelvollerntemaschine für die unter unseren Verhältnissen oft erschwerten Einsatzbedingungen bereitzustellen. Als Aufnahmeorgane finden sogenannte Muldenschare Verwendung. Hierbei kann zwischen Ausführungen *) VEB BBG Landmaschinen-Erprobungsstelle, Leipzig.

für leichte und normale Böden gewählt werden. Die Erdabsiebung und Kartoffelförderung wird mit einer Kombination, bestehend aus einer Siebkette und zwei Siebrosten, erreicht. Zur Klutenzerstörung befinden sich unmittelbar hinter dem Schwingsiebsatz zwei Pneuwalzen. Eine dritte Walze kann zur Erhöhung des Klutenzertrümmerungseffektes auf schweren Böden über der Siebkette eingebaut werden. Die Krauttrennung wird mit Hilfe der unmittelbar hinter den Klutenwalzen angeordneten langen Krauttrennkette erreicht. Diese