

Grubber mit schwingenden Werkzeugen

Von Alfred Eggenmüller

Mit schwingenden Gänsefußscharen, Hackmessern und auch Modellwerkzeugen in Gruppenanordnung wurden in früheren Versuchen in der Bodenrinne und in natürlich gelagerten, leichten Böden größere Zugkraftverringierungen bis zu 75% gegenüber starren Werkzeugen und eine Verbesserung der Krümelung erzielt [1]. Dabei wurden auch die günstigsten Bewegungsbahnen der Werkzeuge ermittelt.

Mit einer Gruppe schwingender Werkzeuge wurde bei gegenläufiger Bewegung der nebeneinanderliegenden Werkzeuge eine sehr gute Krümelung des Bodens erzielt. Bei starren Werkzeugen in derselben Anordnung traten häufig Verstopfungen auf, die durch Einschalten des Schwingantriebes beseitigt werden konnten, bei schwingenden Werkzeugen dagegen gar nicht erst entstanden. Eine gestaffelte Anordnung, wie sie bei starren Werkzeugen wegen der Gefahr des Verstopfens üblich ist, ist also bei schwingenden Werkzeugen nicht notwendig, sondern im Hinblick auf ein günstiges Aufbrechen des Bodens sogar unvorteilhaft.

Schwingende Werkzeuge sind vorzugsweise für Grubber und Hackgeräte geeignet. In deutschen Patentschriften erscheinen schon früh solche Geräte, vor allem Grubberschare oder Hackwerkzeuge [2]. Die einzige dem Verfasser bekannte praktische Anwendung machte bisher die englische Firma Ransomes mit ihrer „Vibro-Hoe“ [3]. Diese Motorhacke mit angetriebenem Laufrad besitzt zwei gegeneinander schwingende Hackmesser (Bild 1). Sie wird für das Hacken in Reihenkulturen verwendet, wobei die Arbeitsbreite durch Verstellen der Werkzeuge verändert werden kann; mit 15 cm breiten Messern kann ein Bereich von 25 bis 30 cm und mit 22 cm breiten Messern ein Bereich von 36 bis 45 cm bearbeitet werden.

Laufrad und Werkzeuge werden von einem 98 cm^3 Benzinmotor angetrieben. Die Werkzeugträger, an denen die Werkzeuge verschiebbar befestigt sind, sind in Gummi (Schwingmetall) gelagert und werden von einem Exzenter angetrieben. Die Schwingungsamplitude beträgt 2,7 cm. Die Frequenz ist von der Fahrgeschwindigkeit abhängig und beträgt bei einer Fahrgeschwindigkeit von 1,6 km/h 10 Hz und bei 2,9 km/h 18 Hz. Somit ist die Schwingungslänge mit 4,4 cm konstant. Schwingungslänge, Frequenz und Amplitude liegen nach den früheren Untersuchungen [1] in einem günstigen Bereich. Nur die Schwingungsrichtung ist mit 0° nicht optimal. Nach unseren Messungen sind mit den vorliegenden Schwingungsdaten im leichten und mittelschweren Boden

Zugkraftverringierungen um 50 bis 60% gegenüber starren Werkzeugen möglich. Eine Schwingungsrichtung von 30° hätte gegenüber der von 0° die Krümelung weiterhin verbessert und die Zugkraft noch mehr verringert.



Bild 1. Vibro-Hacke von Ransomes (England).

Da es bislang ein entsprechend diesen Erfahrungen gebautes Gerät mit schwingenden Werkzeugen noch nicht gibt, wurde ein für Feldversuche geeignetes Gerät entworfen, bei dem acht schwingende Gänsefußschare mit einer Schnittbreite von jeweils 20 cm angebracht sind (Bild 2). Jedes Werkzeug wird von einem Exzenter angetrieben und ist einzeln am Zentralrohr gehalten. Das Gerät wird von der Zapfwelle des Schleppers angetrieben ¹⁾.

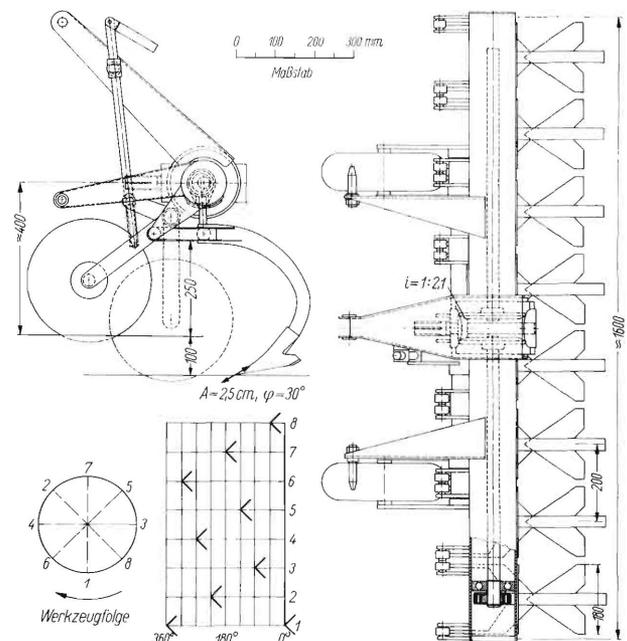


Bild 2 Grubber mit schwingenden Werkzeugen mit Schema der Werkzeugfolge.

¹⁾ Die Firma Gebr. Eberhardt, Ulm, hat freundlicherweise das Versuchsgerät nach diesem Entwurf gebaut, wofür ihr auch an dieser Stelle gedankt sei.

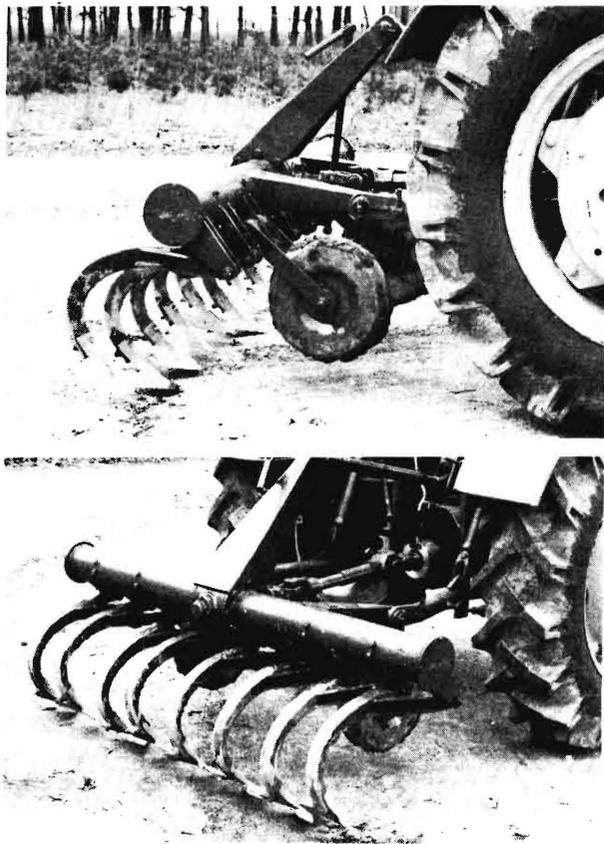


Bild 3 und 4. Grubber mit schwingenden Werkzeugen an der Dreipunktaufhängung und Antrieb über Zapfwelle.

Die Schwingungsfolge der Werkzeuge ist so ausgelegt, daß einmal ein guter Massen- und Kräfteausgleich um die Längs- und Hochachse erzielt wird und zum anderen die Kurbelversetzung benachbarter Werkzeuge möglichst 180° beträgt, was nach den früheren Untersuchungen für das Aufbrechen des Bodens vorteilhaft ist. Es folgen dem Werkzeug 1 das Werkzeug 8, dann Werkzeug 3, 5, 7, 2, 4 und 6. Bei der Abwicklung der Schwingungsfolge ergibt sich dabei ein abwechselndes Einschlagen von rechts und links liegenden Werkzeugen und dadurch ein guter Ausgleich der Momente um die Längs- und Hochachse des Gerätes. Das Gerät wird am Dreipunktanbau des Schleppers befestigt (**Bild 3 und 4**), zwei Stützräder dienen zum Einstellen des Tiefganges. Das Winkelgetriebe liegt hoch, wodurch die Abwinkelung der Gelenkwelle klein ist. Die Kurbelstangen für den Antrieb jedes einzelnen Werkzeuges ragen aus dem Zentralrohr und sind dort durch Gummimembranen abgedichtet, so daß die Antriebs-elemente gekapselt sind. Die außerhalb der Lagergehäuse befindlichen Lagerstellen an den Werkzeugen und an den Kurbelstangen sind aus Schwingmetall, wobei die beiden Werkzeuglager einen möglichst großen Abstand voneinander haben, um die seitliche Werkzeugbewegung gering zu halten.

Die ersten Versuche mit diesem Gerät wurden auf einem lehmigen Sandboden mit 15% Feuchtigkeit und einem Porenanteil von 38,5% i. M. durchgeführt. Auf dem Stoppelacker war Stallung gestreut.

Dabei wurden die Zugkräfte in der Dreipunktaufhängung und das Drehmoment in der Zapfwelle mit Dehnungsmeßstreifen gemessen. Die Zugkräfte der nicht schwingenden Werkzeuge ($f = 0$ Hz) lagen im Bereich von 700 bis 1300 kg (**Bild 5**), das entspricht einer spezifischen Zugkraft von 28 bis 50 kg/dm^2 . Bei einer Frequenz von $f = 20$ Hz konnten die Zugkräfte bei kleiner Fahrgeschwindigkeit auf 200 bis 400 kg verringert werden. Bei höheren Fahrgeschwindigkeiten nahmen die Zugkräfte der schwingenden Werkzeuge wieder zu. Die Messung der Zugkraft der nicht schwingenden Werkzeuge machte gewisse Schwierigkeiten, weil nach kurzer Fahrstrecke das Gerät infolge des Stallunges und der relativ langen Stoppel verstopft war. Dieser Mißstand machte sich besonders bei der größeren Arbeitstiefe von 14 cm bemerkbar ²⁾. Durch Einschalten des Schwingantriebes konnte die Verstopfung jeweils schnell wieder beseitigt werden.

Vergleicht man den Zugkraftbedarf der schwingenden Werkzeuge mit dem der starren Werkzeuge, so verringert er sich bei kleineren Fahrgeschwindigkeiten von 0,4 m/s und bei den angegebenen Schwingungsdaten um 60 bis 70% (**Bild 6**); bei einer doppelt so großen Fahrgeschwindigkeit von 0,8 m/s beträgt die Verringerung etwa 40%. Für die angegebenen Schwingungsdaten sollte, um eine Zugkraftverringering um mindestens 50% zu erreichen, die Fahrgeschwindigkeit nicht höher als 0,6 m/s sein.

Das erforderliche Zapfwellendrehmoment, und damit der Leistungsbedarf für das Gerät ist noch sehr hoch (**Bild 7**). Schon die reine Leerlaufleistung be-

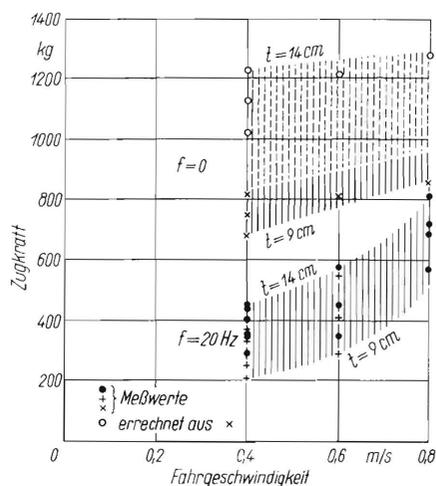


Bild 5. Zugkräfte des Grubbers mit schwingenden Werkzeugen in einem lehmigen Sandboden (Stoppelacker) ohne ²⁾ und mit Schwingungsantrieb.

Schwingungsamplitude $A = 25 \text{ mm}$
Schwingungsrichtung $\varphi = 30^\circ$
Schwingungsfrequenz $f = 0$ bzw. 20 Hz
Wassergehalt des Bodens 15% i. M.
Porenanteil des Bodens 38,5% i. M.
Arbeitstiefe 9 und 14 cm ²⁾

²⁾ Die in Bild 5 eingezeichneten Werte für starre Werkzeuge ($f = 0$) bei 14 cm Arbeitstiefe sind unter der Voraussetzung eines linearen Zusammenhangs zwischen Arbeitstiefe und Arbeitswiderstand aus den Meßwerten für 9 cm Arbeitstiefe errechnet (Faktor 14/9).

trägt rund 10 PS. Eine Reduzierung dieser Leerlaufleistung müßte durch Verbesserung von Antrieb und Lagerung der Werkzeuge versucht werden. Bei einer Arbeitstiefe von 9 cm beträgt der Leistungsbedarf 20 bis 25 PS und bei 14 cm maximalem Tiefgang des Gerätes 25 bis 30 PS. Der Leistungsbedarf steigt mit der Fahrgeschwindigkeit an.

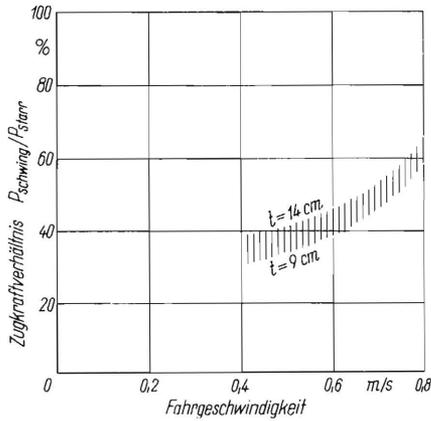


Bild 6. Relative Zugkraft des Grubbers mit schwingenden Werkzeugen in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit in einem lehmigen Sandboden. (Versuchsdaten wie in Bild 5)

Der Arbeitserfolg in Bezug auf Krümelung und Lockerung war gleich einer intensiven Fräsarbeit (Bild 8 bis 10). Der Boden machte bei kleiner Fahrgeschwindigkeit einen pulverförmigen Eindruck, bei höherer Fahrgeschwindigkeit war die Arbeit weniger intensiv. Bei der hohen Fahrgeschwindigkeit von 0,8 m/s traten infolge der langen Stoppel und des aufgebrachtten Stalldunges häufig Verstopfungen auf (Bild 10). Für diese Fahrgeschwindigkeit hätte die Frequenz der Werkzeuge noch höher sein müssen.

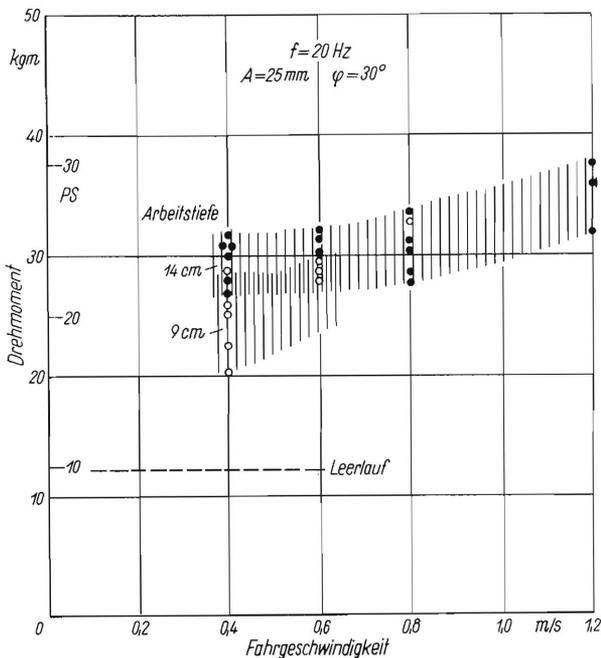


Bild 7. Drehmomente an der Antriebswelle des Grubbers mit schwingenden Werkzeugen. (Versuchsdaten wie in Bild 5)



Bild 8 bis 10. Bodenoberfläche nach der Bearbeitung mit dem schwingenden Grubber bei einer Fahrgeschwindigkeit von 0,4, 0,6 und 0,8 m/s.

Der konstruktive Aufwand eines solchen schwingenden Grubbers mit Einzelantrieb jedes Werkzeuges ist relativ hoch. Es wurde bei der Konstruktion dieses Gerätes Wert darauf gelegt, daß einmal ein richtiger Massen- und Kräfteausgleich erzielt wird, und weiter sollte die Möglichkeit vorhanden sein, Drehmomente von Einzelwerkzeugen bei verschiedenen Randbedingungen zu messen.

Es sind jedoch wesentliche Vereinfachungen im Antrieb und der Werkzeugaufhängung eines Grubbers mit schwingenden Werkzeugen möglich. So zeigt z. B. Bild 11 den Antrieb von zwei hintereinanderliegenden Werkzeugen mit nur einem Exzenter. Dabei sind zwei Schubstangen an dem einen Exzenter

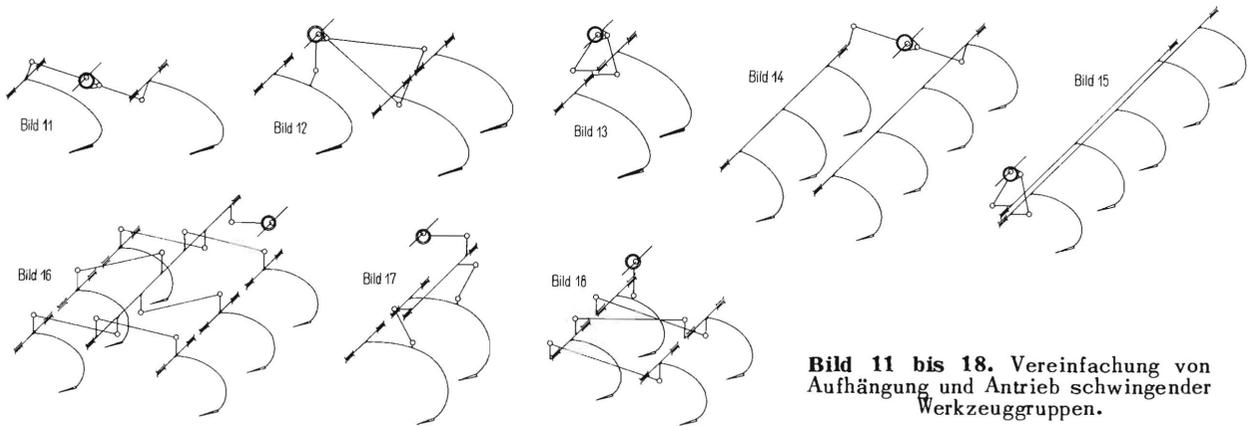


Bild 11 bis 18. Vereinfachung von Aufhängung und Antrieb schwingender Werkzeuggruppen.

angelenkt und die beiden Werkzeuge schwingen gegeneinander. Bei zweireihigen Geräten kann dieses Prinzip auch zum Antrieb von drei Werkzeugen verwendet werden (Bild 12). Auch bei einem einreihigen Grubber können beispielsweise zwei Werkzeuge durch einen Exzenter angetrieben werden, wie dies in Bild 13 gezeigt ist.

Man kann auch durch einen Exzenter mehrere auf einem Torsionsrohr angebrachte Werkzeuge antreiben und durch Anordnung von zwei Torsionsrohren mit einem Exzenter mehrere Werkzeugreihen gegeneinander schwingen lassen (Bild 14 und 15). Weiter kann über einen Exzenter und ein zentrales Torsionsrohr eine weitere Reihe von Werkzeugen so angetrieben werden, daß jeweils die benachbarten gegeneinander schwingen, daß also immer das benachbarte Werkzeug mit einer Kurbelversetzung von 180° schwingt (Bild 16 und 17). Eine weitere Möglichkeit besteht durch Hintereinanderschalten mehrerer Werkzeuge bei zweireihiger Anordnung mit Hilfe von Schubstangen (Bild 18).

Diese Zusammenstellung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit der Möglichkeiten der getriebemäßigen Vereinfachung. In gleicher Weise, wie in den meisten Fällen die Zahl der Exzenter und Kurbelstangen verringert werden kann, ist meist auch eine Verringerung der Lagerstellen möglich.

Entscheidend ist jedoch die Beachtung der Erfahrungen, daß benachbarte Werkzeuge möglichst mit einer großen Kurbelversetzung gegeneinander schwingen und daß ferner ein guter Massen- und Kräfteausgleich um die Hoch- und Längsachse dadurch erzielt wird, d. h., daß immer abwechselnd rechte und linke Werkzeuge mit möglichst gleichmäßigem Abstand von der Längsachse einschlagen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß bei einem Grubber mit schwingenden Werkzeugen bei kleinen Fahrgeschwindigkeiten im leichten Boden erhebliche Zugkraftverringernungen möglich sind. Bei

höheren Fahrgeschwindigkeiten müßte die gewählte Frequenz ($f = 20 \text{ Hz}$) erhöht werden, um die Verbesserung der Krümelung auch bei höherer Geschwindigkeit zu gewährleisten. Allerdings ist der Leistungsaufwand für den Antrieb der schwingenden Werkzeuge noch erheblich; er muß ebenso wie der konstruktive Aufwand durch geeignete Antriebe und Lagerungen und durch Vereinfachung des Gesamtaufbaues verringert werden.

Schrifttum

- [1] Eggenmüller, A.: Versuche mit Gruppen gegeneinander schwingender Hackwerkzeuge.
In: 15. Konstrukteurheft. Düsseldorf: VDI-Verlag 1958. S. 70 bis 88. (Grundlagen d. Landtechn. H. 10).
- [2] Deutsche Patente:
1878: D.P. 3 155: Ackergrabemaschine mit Dampfbetrieb.
Erfinder: Thomas Churchman, Darby, Essex/England.
An Gelenkviereck aufgehängte Werkzeuggruppe mit Antrieb von selbstfahrender Dampfmaschine.
1882: D.P. 23 873: Neuerungen an Grabemaschinen.
Erfinder: James Parker, Stevenage, England.
Werkzeuggruppe mit gegeneinanderschwingenden Gänsefußscharen.
1891: D.P. 64 043 und 67 565: Dampfgerät zur Bodenbearbeitung.
Erfinder: Darby und Stevenson, England.
Gruppe schwingender Hackwerkzeuge, angetrieben mit Dampfzylinder.
1894: D.P. 84 710: Selbstregelung der Arbeitstiefe für Bodenbearbeitungsgeräte mit Dampfbetrieb.
Erfinder: Th. Cooper, England. Schwingende Werkzeuggruppe in Viergelenkanordnung.
1907: D.P. 205 364: Bodenaufhackvorrichtung mit schwingenden Haken. Erfinder: Koeszegi, Böhm und Gelb in Budapest. Schwingende Werkzeuggruppe mit Exzenterantrieb, Werkzeuge schwingen um reellen Drehpunkt.
1910: D.P. 238 615: Bodenbearbeitungsmaschine mit schwingenden Sägen zum Aufreißen des Bodens.
Erfinder: Heinrich Kerrenis, Dom. Ramberg/Ostpr.
Vor rotierenden Werkzeugen laufen in senkrechter Richtung schwingende Sägen voraus.
1922: D.P. 390 209: Cultivator mit Motorantrieb.
Erfinder: Colin und Spreng, Schweiz
Schwingende Werkzeuggruppe mit Kurbelantrieb.
1950: D.P. 864 477: Tragbare Motorhacke mit schwingend bewegten Messern.
Erfinder: Paul Kull, Stuttgart.
Schwingende Werkzeuggruppe mit Kurbelantrieb.
- [3] Hephherd and Allen: Report on test of Ransomes „Vibro-Hoe”.
National Institute of Agric. Engng. Silsoe Report No. 103. (1954).

Institut für landtechnische Grundlagenforschung
der Forschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode

Anschrift des Verfassers: Dr.-Ing. Alfred Eggenmüller, (jetzt: Bayerische Pflugfabrik A. G., Landsberg/Lech)