

Schwerter entwickelt und erprobt. Mit der neuen Schwertform konnte gegenüber der herkömmlichen Form eine durchschnittliche Zugkräftesparung von 38% erreicht werden. Sie war bei der Arbeitstiefe von 60 cm und 30 cm Schwertabstand am Findlingsroder höher (49,7%) als bei der Arbeitstiefe von 70 cm und 80 cm Schwertabstand am Tieflockerer (32,0%). Durch eine größere Vertikalkraft an

den neuen Schwertern verbesserten sich das Einziehen in den Boden und die Tiefenhaltung der Arbeitswerkzeuge. Insgesamt wurde bei der Findlingsrodung und Tieflockerer eine höhere Arbeitsproduktivität bei verbesserter Arbeitsqualität erreicht.

Literatur

[1] Forbriger, U.; Hess, H.: Entwicklung des Find-

lingsroders B 373 und Einsatzverfahren. agrartechnik 26 (1976) H. 7, S. 340—343.
 [2] Schulte, K.-H.; Lindner, H.: Tieflockerer in neuer Qualität mit dem Allradtraktor K-700. Dt. Agrartechnik 22 (1972) H. 5, S. 214—216.
 [3] Schulte, K.-H.: Wissenschaftlich-technische Untersuchungen zur Entwicklung effektiver Geräte und Werkzeuge mit geringem Zugkraftbedarf zur Tieflockerer und gleichzeitigen Einbringung bodenverbessernder Materialien. FZB Müncheberg, Promotion B 1973. A 1671

Zur Nutzung der Rotorabdeckung einer Bodenfräse als Arbeitsorgan¹⁾

Dr.-Ing. W.-D. Kalk, KDT, Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg der AdL der DDR

1. Problemstellung

Das grundlegende Ziel jeder landtechnischen Maschinenforschung besteht darin, für die Bearbeitung von Stoffen bestimmter Eigenschaften Arbeitselemente mit Konstruktions- und Betriebsparametern zu entwickeln, die einen optimalen Arbeitserfolg garantieren. Für die Bodenbearbeitung müssen z. B. Werkzeuge gefunden werden, die mit minimalem Energieaufwand den geforderten Arbeitseffekt sichern, wodurch ein Beitrag zur Senkung der Kosten in der Landwirtschaft erreicht wird. Wichtig für das Erreichen des minimalen Energieaufwands sind die genaue Kenntnis der Energiebilanz und der an den Arbeitsorganen ablaufenden Vorgänge sowie die optimale Nutzung aller Energieanteile. Diesen Zielen waren Untersuchungen an der Schar-Fräse [1] [2] gewidmet. Nach der Energiebilanz [3] wurden die Arbeitsorgane Vorlockerungswerkzeug, Fräse rotor und Rotorabdeckung [1] [2] hinsichtlich der Konstruktions- und Betriebsparameter untersucht. An der Rotorabdeckung einer Bodenfräse kann die kinetische Energie der auf die Abdeckung prallenden Bruchkörper für die weitere Zerkleinerung des Bodens genutzt werden. Diese Energie erhöht sich durch an der Abdeckung zugeführte Zugenergie [3]. Insgesamt können an der Rotorabdeckung etwa 10% der am Rotor und an der Abdeckung zugeführten Energie genutzt werden.

Gegenstand dieses Beitrags ist die Frage, ob durch Änderung der Konstruktions- und Betriebsparameter bei unterschiedlichen Bodenparametern infolge anderer Beanspruchungsbedingungen die Nutzung der zur Verfügung stehenden Energie verbessert werden kann, d. h., ob sich das Verhältnis von Zerkleinerungsgrad zu aufgewendeter Energie, nach Regge [4] als Zerkleinerungserfolg definiert, vergrößert.

2. Versuchsmethodik

In theoretischen Untersuchungen [5] wurden zunächst die für den Zerkleinerungsvorgang an der Rotorabdeckung charakteristischen Einflußparameter analysiert (Bild 1). Die Zerkleinerung des Bodens beim Einsatz einer Fräse

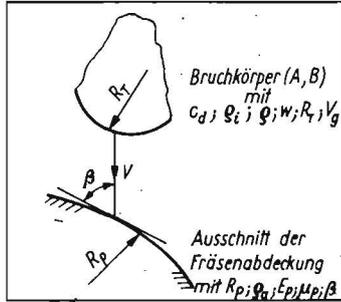
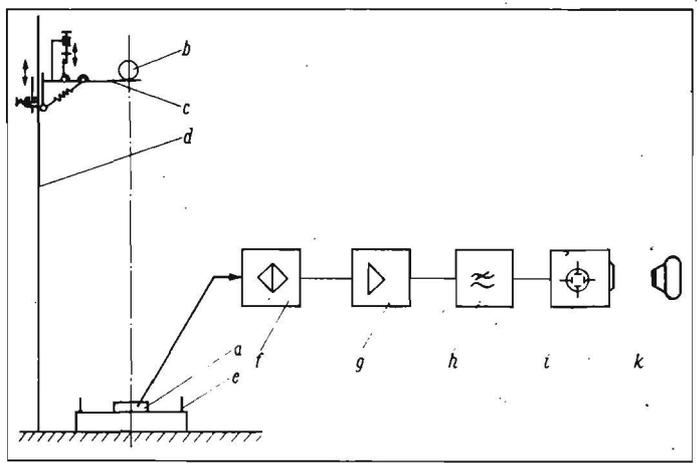


Bild 1. Schematische Darstellung der Wirkpaarung Bodenbruchkörper-Fräsenabdeckung;
Bodenkennwerte
 c_d dynamische Kohäsion
 e_i innerer Reibwinkel
Bodenparameter
 A, B Bodenart
 ρ Bodendichte
 w Bodenfeuchte
 R_T Krümmungsradius
 V_g Bruchkörpergröße
Konstruktionsparameter
 R_p Krümmungsradius
 e_a äußerer Reibwinkel
 E_p Elastizitätsmodul
 μ_p Poissonsche Konstante
 β Aufprallwinkel
Betriebsparameter
 v Relativgeschwindigkeit

unter Feldbedingungen wird von einer großen Anzahl stochastischer Größen beeinflusst. Deshalb mußte die systematische Klärung der Wirkungen der abgeleiteten Konstruktions-, Betriebs- und Bodenparameter auf den Zerkleinerungsgrad und auf den Zerkleinerungserfolg unter Laborbedingungen erfolgen.

Die systematische Änderung der Konstruktions-, Betriebs- und Bodenparameter erforderte die Entwicklung eines Modells der Wirkpaarung Bruchkörper-Fräsenabdeckung. Als Modell der Abdeckung wurden Prallplatten mit einem Durchmesser von 100 mm gewählt, die eine einfache Änderung der Konstruktionsparameter zuließen. Der Kraftmeßgeber erforderte die Wahl des angegebenen Durchmessers. Zur Erleichterung der Kraftmessung wurden die Prallplatten feststehend angeordnet. Die Bruchkörper wurden zu kugelförmigen Modellbruchkörpern idealisiert, die gegenüber den Prallplatten mit bestimmten Geschwindigkeiten bewegt wurden. Die Grenzen und Schrittweiten für die planmäßig zu variierenden Parameter (Bild 1) sollen im Rahmen dieses Beitrags im einzelnen nicht begründet werden. Da die vorgesehenen Modelluntersuchungen in erster Linie einen Vergleich des Zerkleinerungserfolgs bei unterschiedlichen Konstruktionsparametern zum Ziel hatten, wurde als

Bild 2
 Schema der Versuchseinrichtung;
 a Prallplatte, b Modellbruchkörper, c Abwurf-einrichtung, d Stahlrohr, e Auffangeinrichtung, f Vollbrücke zur Aufnahme des Kraftverlaufs, g Gleichspannungverstärker, h Tiefpaß, i Kathodenstrahlzillograph, k Fotoapparat



Bodenart hauptsächlich der sandige Lehm der Bodenrinne der TU Dresden verwendet. Die systematische Veränderung der Konstruktionsparameter geht aus der Darstellung der Versuchsergebnisse (Bild 3) hervor. Einziger Betriebsparameter bei der Prallzerkleinerung homogener Bodenkugeln ist die Geschwindigkeit. Mit Hilfe von kinematografischen Aufnahmen der von Winkelmessern abgeworfenen Bruchkörper wurde eine maximale Prallgeschwindigkeit von 10 m/s ermittelt. Die untere Geschwindigkeitsgrenze für eine Zerkleinerung des Bodens war eine Funktion der jeweiligen Untersuchungsparameter und mußte für jede Versuchsreihe experimentell ermittelt werden. Die Prallgeschwindigkeiten wurden durch den freien Fall der Modellbruchkörper aus unterschiedlichen Höhen erreicht.

Hauptelemente der Versuchseinrichtung (Bild 2) waren die Abwurfvorrichtung und die Pralleinrichtung mit dem Kraftmeßgeber. Durch Änderung der Anordnung der an einem Stahlrohr geführten Abwurfvorrichtung wurde die Prallgeschwindigkeit der Bruchkörper variiert. Die Änderung der Konstruktionsparameter erfolgte durch Auswechseln der auf dem Meßgeber befestigten Prallplatte. Der Kraftverlauf beim Aufprall der Modellbruchkörper wurde mit Hilfe der Meßanordnung registriert.

3. Versuchsergebnisse

Ohne zunächst auf den Einfluß der Konstruktionsparameter einzugehen, kann festgestellt werden, daß der Zerkleinerungsgrad, d. h. die bei der Zerkleinerung entstehende Bruchkörperoberfläche, mit der Prallgeschwindigkeit linear zunimmt (Bild 3b). Die Zerkleinerung der Modellbruchkörper ist erst ab einer bestimmten Geschwindigkeit möglich. Im vorliegenden Beispiel liegt diese Grenze bei 4,1 m/s. Nimmt man an, daß unterhalb der Zerkleinerungsgrenze die infolge der Bildung von Rissen in den Bruchkörpern gebildete Oberfläche ebenfalls einen linearen Zusammenhang zwischen Zerkleinerungsgrad und Prallgeschwindigkeit zur Folge hat (gestrichelter Bereich im Bild 3b), läßt sich das Verhalten der Modellbruchkörper in Abhängigkeit von der Prallgeschwindigkeit erklären. Bei den vorliegenden Bodenparametern tritt unterhalb einer Prallgeschwindigkeit von 1,3 m/s noch keine Rißauslösung ein, die Energie reicht lediglich zur Verformung der Modellbruchkörper. Bis $v = 3,6$ m/s tritt in allen Modellbruchkörpern eine der jeweiligen Energiezufuhr entsprechende Rißbildung auf. Ein Übergangsbereich besteht bei Prallgeschwindigkeiten von 3,6 m/s bis 4,1 m/s. In einem Teil der Modellbruchkörper werden nur Risse gebildet. Er gehört zum Geschwindigkeitsbereich mit Rißbildung. Der andere Teil wird bereits entsprechend dem folgenden Bereich zerkleinert. Da die bei der Rißbildung in den Rissen entstandene Oberfläche nicht gemessen werden kann und dadurch nicht in die Meßwerte des Übergangsbereichs eingeht, liegen die Meßwerte unterhalb des extrapolierten Bereichs.

Mit dem experimentell bestimmten und dem extrapolierten Zerkleinerungsgrad läßt sich der Verlauf des Zerkleinerungserfolgs als Funktion der Prallgeschwindigkeit angeben (Bild 3a). Daraus ergibt sich, daß der maximale Zerkleinerungserfolg nicht im Bereich der Zerkleinerung der Modellbruchkörper, sondern im Bereich der Rißbildung liegt. An der unteren

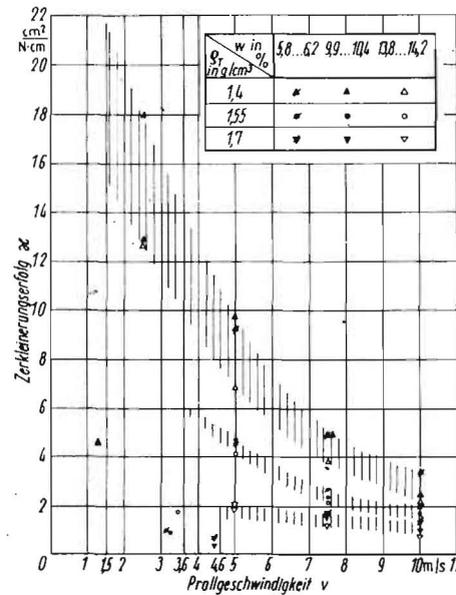
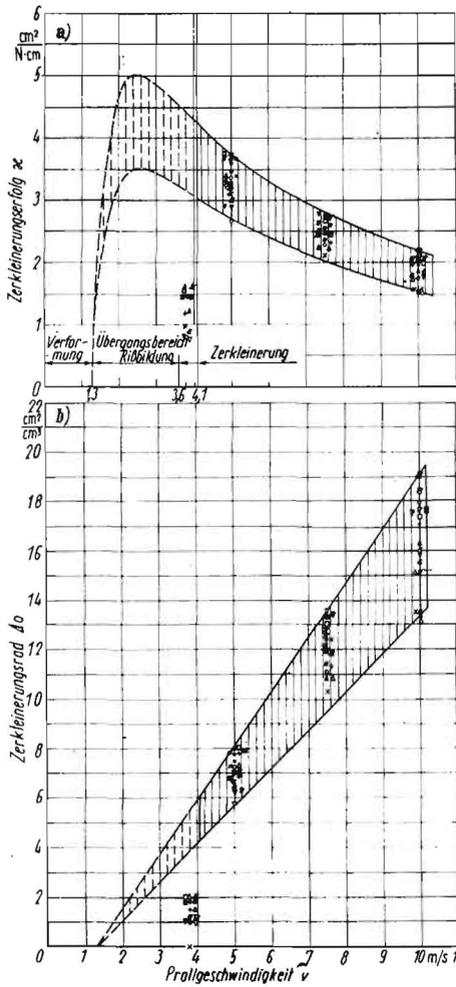


Bild 4. Einfluß von Bodendichte, Bodenfeuchte und Prallgeschwindigkeit auf den Zerkleinerungserfolg (Bodenart: sandiger Lehm)

Grenze des Zerkleinerungsbereichs ist, das günstigste Verhältnis von Zerkleinerungsgrad und aufgewendeter Energie bereits überschritten. Mit zunehmender Prallgeschwindigkeit nimmt der Zerkleinerungserfolg ab. Bei den Bodenparametern (Bild 1) war ein Einfluß von Krümmungsradius und Bruchkörpergröße nicht nachweisbar. Deshalb wurde bei den Hauptversuchen ein Modellbruchkörper

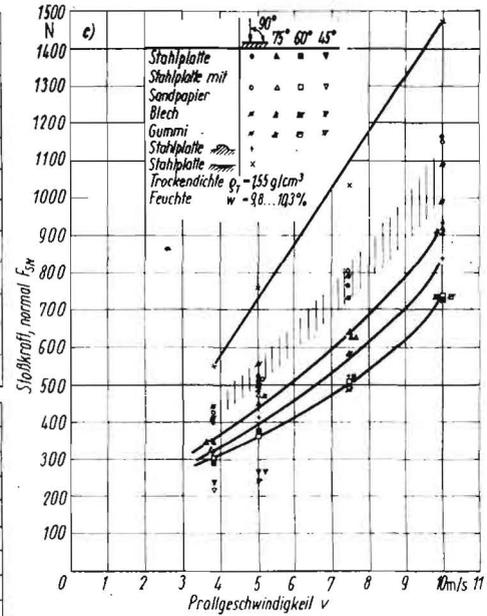


Bild 3. Zerkleinerungserfolg, Zerkleinerungsgrad und Stößkraft als Funktion der Prallgeschwindigkeit bei unterschiedlichen Konstruktionsparametern (Bodenart: sandiger Lehm)

mit einem Durchmesser von 50 mm verwendet, dessen Größe aus kinematografischen Untersuchungen der von Winkelmessern abgeworfenen Bruchkörper abgeleitet wurde. Die Bodeneinfluß auf die Größe des Zerkleinerungserfolgs und auf die untere Grenze des Zerkleinerungsbereichs (Bild 4). Von wesentlichem Einfluß auf den Zerkleinerungserfolg ist bei gegebener Bodenart neben der Prallgeschwindigkeit die Dichte des Bodens.

Die Veränderung der Konstruktionsparameter hat lediglich eine Wirkung auf die Stoßkräfte (Bild 3c). Auf den Zerkleinerungsgrad und auf den Zerkleinerungserfolg ist die Variation aller Konstruktionsparameter einer geschlossenen Fräsenabdeckung ohne Einfluß. Der Zerkleinerungserfolg liegt bei allen Konstruktionsparametern im Bereich des relativen Fehlers der Modelluntersuchungen. Diese Erkenntnis wurde bei anderen Bodenparametern bestätigt [5]. Durch Veränderung der Konstruktionsparameter können die Beanspruchungsbedingungen der Bruchkörper nicht so verändert werden, daß sich eine bessere Energieausnutzung und damit ein besserer Zerkleinerungserfolg ergibt.

4. Schlußfolgerungen für die Anwendung der Ergebnisse

Relativgeschwindigkeiten bis zu 10 m/s zwischen den von den Fräswerkzeugen abgeworfenen Bruchkörpern und der Abdeckung einer Fräse [3] ermöglichen die Nutzung der Fräsenabdeckung als Arbeitsorgan. Die untere Geschwindigkeitsgrenze für die Zerkleinerung der Bruchkörper schwankt in Abhängigkeit von den Bodenparametern, insbesondere der Dichte

des Bodens, zwischen 2 m/s und 5 m/s. Oberhalb dieser Grenze nimmt in Abhängigkeit von der Prallgeschwindigkeit der Zerkleinerungsgrad linear zu, während der Zerkleinerungserfolg, d. h. die Ausnutzung der Energie, abnimmt. Durch Veränderung der Konstruktionsparameter einer geschlossenen Fräsenabdeckung kann eine Verbesserung des Zerkleinerungserfolgs nicht erreicht werden. Selbst bei Veränderung der Aufprallrichtung zwischen 90° und 45° liegen die Zerkleinerungsergebnisse noch im Fehlerbereich der Untersuchungen. Die konstruktive Gestaltung und Anordnung

der Fräsenabdeckung kann deshalb ohne Beachtung spezieller Forderungen der jeweiligen Maschinenkonzeption angepaßt werden.

Literatur

- [1] Kalk, W.-D.; Lucius, J.; Plötner, K.: Diskussion zum Arbeitsprinzip der Schar-Fräse. agrartechnik 25 (1975) H. 1, S. 9—11.
- [2] Lucius, J.; Kalk, W.-D.: Experimentelle Untersuchung zur Zuordnung des Vorlockerungswerkzeuges zum Fräsrotor in einer Schar-Fräse. agrartechnik 25 (1975) H. 1, S. 11—14.

- [3] Kalk, W.-D.: Zur Energiebilanz an der Bodenfräse unter besonderer Berücksichtigung der Rotorabdeckung. agrartechnik 26 (1976) H. 4, S. 183—185.
- [4] Regge, H.: Der Zerkleinerungserfolg als Bewertungsmaßstab für Bodenbearbeitungsgeräte und -maschinen. Dt. Agrartechnik 15 (1965) H. 8, S. 376.
- [5] Kalk, W.-D.: Untersuchung des Einflusses der Abdeckung einer Bodenfräse auf das Arbeitsergebnis der Fräse. TU Dresden, Dissertation 1972 (unveröffentlicht). A 1572

1) Erarbeitet an der Technischen Universität Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik

Zum Arbeitsprinzip eines Kurzpfluges auf der Grundlage des Wendens von Bodenbalken mit parallelogrammförmigem Querschnitt

Dipl.-Ing. S. Anisch, KDT/Dipl.-Ing. R. Richter, KDT
Technische Universität Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik

1. Einleitung

Die Entwicklung industriemäßiger Produktionsmethoden in der sozialistischen Landwirtschaft erfordert auch bei der Bodenbearbeitung den Einsatz von modernen Maschinen und Geräten, die höchste Erträge und eine hohe Effektivität gewährleisten.

In der Direktive zum Fünfjahrplan [1] wird die Bereitstellung leistungsfähiger und funktions-sicherer Geräte für die Bodenbearbeitung und die Saatbettbereitung, vor allem für die Traktoren K-700 und T-150 K, als wichtiger Beitrag zur komplexen Mechanisierung hervorgehoben.

Neben der Vergrößerung der Arbeitsbreite, der Erhöhung der Arbeitsgeschwindigkeit und der Kombination mehrerer Arbeitsgänge wird als wesentlicher Weg zum Überwinden gegenwärtig vorhandener Schwierigkeiten die Entwicklung neuartiger Bodenbearbeitungswerkzeuge angesehen. Diese müssen hinsichtlich

Arbeitsgeschwindigkeit, Arbeitsqualität, Energieaufwand und Einordnung in neue Konstruktionslösungen Vorteile bringen [2].

Für die Grundbodenbearbeitung, d. h. für das tiefe Bearbeiten der Ackerkrume durch Lockern und Wenden des Bodens sowie für das Unterbringen von Bewuchs und Dung, ist nach wie vor das Pflügen erforderlich.

Konventionelle Pflüge erreichen wegen der gestaffelten Anordnung der Pflugkörper bei der Auslegung für leistungsstarke Traktoren mit einer Motorleistung von über 100 kW eine sehr große Baulänge. Die dadurch auftretenden Probleme (schlechte Anpassung an Bodenunebenheiten, schlechte Manövrierfähigkeit u. a.) können nur durch erhöhte technische Aufwendungen beseitigt werden.

Die Verkürzung der Baulänge der Pflüge läßt sich durch folgende Forderungen begründen:

- Verringerung des Materialaufwands
- bessere Anpassung an das Bodenrelief

- bessere Kombination mit Nachbearbeitungs- und Saatbettbereitungsgeräten
- bessere Manövrierfähigkeit des Systems Traktor—Pflug
- Einsatz der Pflugkörper in kombinierten Aggregaten zur Grundbodenbearbeitung und zur Saatbettbereitung.

In Patenten und in der einschlägigen Fachliteratur sind verschiedene Lösungen zur Verringerung des Stafflungsabstands¹⁾ von Pflugkörpern dargestellt, die sich aber zum großen Teil aufgrund funktioneller Mängel in der Praxis nicht durchsetzen konnten.

Die Analyse möglicher Arbeitsprinzipien für einen Kurzflug ergibt als vorteilhafte Variante das Ausschneiden von Bodenbalken mit einer parallelogrammförmigen (oder dieser nahekommen) Querschnittsform und Wenden in die Nachbarfurche.

2. Stand der Wissenschaft und Technik

Die Stafflung der Pflugkörper als Voraussetzung für ein verstopfungsfreies Wenden wird hauptsächlich von folgenden Gesichtspunkten bestimmt:

- Geometrische Form der zu wendenden Bodenbalken
- Abmessungen und Gestaltung der Pflugkörper (Dicke von Streichblech, Rumpf und Grindel, Größe der Anlage)
- Anbringung von Vor- und Nachbearbeitungswerkzeugen
- Veränderung des Bodenbalkenquerschnitts beim Wenden
- Menge und Beschaffenheit von unterzubringenden Pflanzenrückständen und Dung.

Aus der Darstellung verschiedener Phasen des Wendevorgangs zweier benachbarter Bodenbalken mit rechteckiger Querschnittsform (Bild 1a) ist erkennbar, daß sich die Bodenbalken in verschiedenen Bereichen überdecken. Um ein ungehindertes Wenden zu ermöglichen, ist ein kinematisch bedingter Nachlauf des

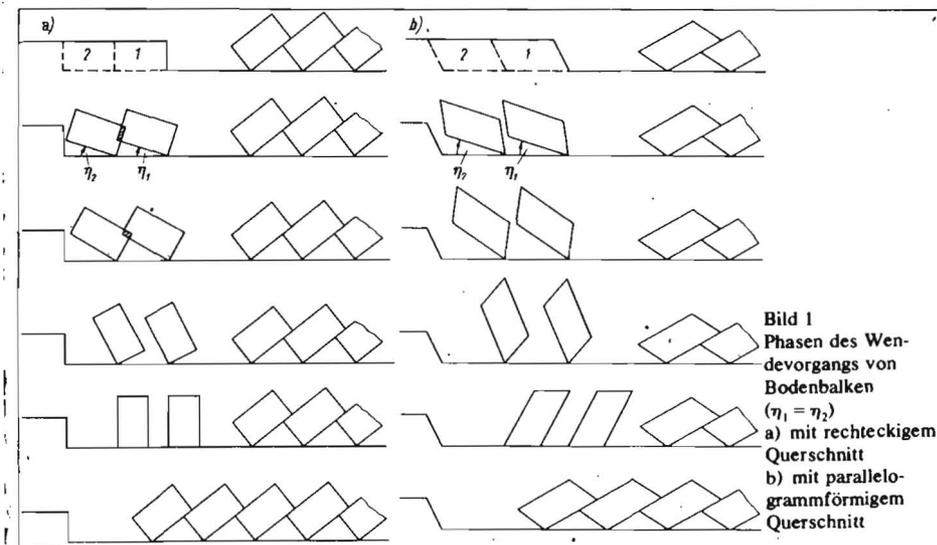


Bild 1
Phasen des Wendevorgangs von Bodenbalken ($\eta_1 = \eta_2$)
a) mit rechteckigem Querschnitt
b) mit parallelogrammförmigem Querschnitt