

# Landtechnische Forschung

HERAUSGEBER: KURATORIUM FÜR TECHNIK IN DER LANDWIRTSCHAFT  
FACHGEMEINSCHAFT LANDMASCHINEN IM VDMA  
MAX EYTH-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER LANDTECHNIK

Heft 6/1957

MÜNCHEN

7. JAHRGANG

Dipl.-Landw. W. Richarz:

## Zur Technik des mechanischen Ausdünnens bei Zuckerrüben

*Institut für Landtechnik, Bonn*

In einer früheren Arbeit [7] wurden die neuen Methoden des als Ausdünnen bezeichneten Querverhackens von Rübenreihen mit schnell bewegten, schmalen Hackmessern behandelt. Bei der damaligen Untersuchung standen die Geräte mit rotierenden Hacksternen („Sternausdünnern“) im Vordergrund, wobei insbesondere die Unterschiede herausgestellt wurden, die sich beim Zapfwellen- und Bodenantrieb ergeben.

In der folgenden Arbeit sollen ähnliche Untersuchungen nachgetragen werden, für die Geräte, die mit hin- und herpendelnden Hackmessern arbeiten („Pendelausdünnern“).

In den Abbildungen 1 und 3 sind noch einmal Geräte beider Systeme in der Arbeit gegenübergestellt. Während sich beim Sternausdünnern parallele Hackschläge ergeben, die abwechselnd mit den entsprechenden Schonstreifen schräg zur Pflanzenreihe liegen, durchfährt das pendelnde Hackmesser den Boden in einer Sinuskurve (Abb. 2). Diese Arbeitsweise zeigt manche Vorteile. Die ständige Richtungsänderung der Hackmesser vermeidet ein Zusammenkehren von Steinen und Kluten. Ein weiterer Vorteil dieser Pendelbewegung liegt darin, daß an Stelle eines ganzen Hacksterns mit 8 bis 16 Messern hier nur ein oder zwei Messer je Hackelement benötigt werden.

Vorweg muß noch einiges gesagt werden über die Anforderungen, die an die Arbeit solcher Ausdünnegeräte heute gestellt werden. Vielfach wird in der Praxis die Ansicht vertreten, daß einige wenige Verstellmöglichkeiten des Gerätes genügen und daß dem Landwirt eine Schätzung nach Augenmaß — etwa wie beim Auslichten mit leichten oder schweren Eggen — überlassen bleiben könne. Infolgedessen sei auch die Frage, ob Zapfwellen- oder Bodenantrieb, von untergeordneter Bedeutung. Diese Ansicht ist aber, wie im Folgen-



Abb. 2: Arbeitsbild des Pendelausdünners

den gezeigt wird, nicht richtig, wenn man bedenkt, daß die auszdünnenden Bestände sehr verschieden dicht sind. Vielmehr muß ein gezielter Einsatz möglich sein, bei dem der Landwirt in der Lage ist, die im Einzelfall notwendige und gewünschte Ausdünnwirkung zu erzielen. Das setzt voraus, daß eine feine und gleichmäßige Abstufung in der Einstellung des Gerätes möglich ist. Nach den bisherigen Erfahrungen darf man mit dem Ausdünnen nur so weit gehen,

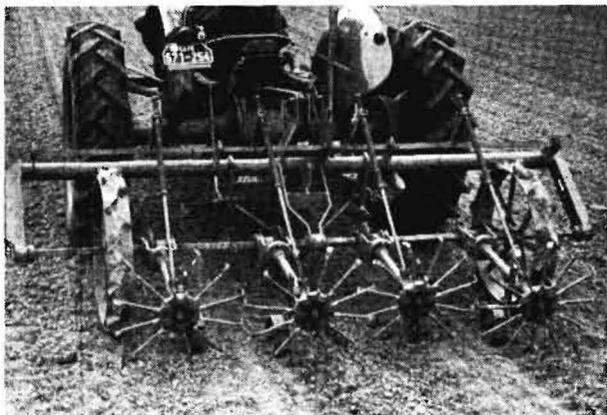


Abb. 1: Ausdünnern mit rotierendem Messerstern (Sternausdünnern)



Abb. 3: Ausdünnern mit hin- u. herpendelnden Messern (Pendelausdünnern)

daß je Meter Reihenlänge im Durchschnitt noch acht bis zehn mit einer oder mehreren Pflanzen besetzte „Zoll“-Strecken (2,5 cm) vorhanden sind, wenn man einen vollen Endbestand gewährleisten will. Wird diese Grenze, bis zu der man ausdünnen kann, überschritten, so ist selbst trotz größter Sorgfalt beim Nachvereinzeln mit der langen Hacke kein voller Endbestand mehr zu erzielen. Erreicht man dagegen diese Grenze nicht, so verzichtet man auf einen Teil der möglichen Arbeitersparnis. Um diese Ausdünnungsgrenze möglichst sicher zu erreichen, wird in den USA, wo diese Ausdünnverfahren entwickelt wurden, allgemein empfohlen, den vor dem Ausdünnen vorhandenen Pflanzenbestand zahlenmäßig aufzunehmen. Entsprechend dem Ausgangsbestand wird die Messerkombination ausgewählt. Man unterstellt dabei, daß ein Weghacken eines gewissen Prozentsatzes der Pflanzenreihe einer ebensolchen Verminderung in der Pflanzenzahl entspricht. Das wäre genau genommen nur der Fall bei einer völlig gleichmäßigen Verteilung der Pflanzen in der Reihe, die in der Praxis aber nie vorliegt. Dennoch ist mit dieser Prämisse im großen Durchschnitt eines Feldbestandes eine genügende Annäherung an das gewünschte Ergebnis zu erreichen, vor allem, da nicht mit einzelnen Pflanzen, sondern mit pflanzenbesetzten Kurzstrecken von je 2,5 cm (1 Zoll) Länge gerechnet wird. Diese Kurzstrecken werden in der amerikanischen Literatur als „beet-containing-inches“ bezeichnet.

Ob der rübenbauende Landwirt in der Praxis der ursprünglichen amerikanischen Empfehlung folgen wird, den Pflanzenbestand vor dem Ausdünnen durch eine vielfach wiederholte Auszählung zahlenmäßig aufzunehmen, mag dahingestellt bleiben. Es ist zu vermuten, daß auch der amerikanische Farmer sich hier häufig genug auf eine Schätzung nach Augenmaß verläßt. Wenn aber ein Landwirt auf Grund dieser Schätzung zu dem Schluß kommt, daß er z. B. 30, 50 oder 70 % des noch vorhandenen Bestandes heraus schlagen muß, so sollte man ihm ein Gerät in die Hand geben, mit dem er diese erstmals geschätzte Zahl auch tatsächlich sicher erreicht, das ihm also einen gezielten Einsatz ermöglicht.

Die Frage, ob das mechanische Ausdünnen im deutschen Rübenbau nur zu einer Erleichterung des Vereinzelnhackens in aufrechter Haltung mit der langen Hacke führen soll, oder ob auch bei uns ein vollmechanisches Vereinzeln in der Art des amerikanischen „Windsor Systems“ empfohlen werden kann, mag hier dahingestellt bleiben. Technisch stellt dieses vollmechanische Vereinzeln nichts weiter dar als ein mehrfaches gezieltes Ausdünnen der Pflanzenreihe. Dabei bleibt nur noch ein kleiner Prozentsatz der Reihe und damit der Pflanzen verschont (etwa 3 bis 4 besetzte Zollstrecken je Meter). Auch die Amerikaner wenden dieses ins Extreme getriebene Ausdünnen nicht ohne Bedenken an und nur dort, wo der Rübenbau aus Mangel an Arbeitskräften auf anderem Wege überhaupt nicht mehr gehalten werden kann. Generell gilt aber auch für unsere Verhältnisse, daß in dichten Ausgangsbeständen mehrere Arbeitsgänge aufeinander folgen können. In weniger starken Beständen wird im allgemeinen ein einmaliges Ausdünnen schon ausreichen.

Zusätzlich zu diesen eigentlichen Ausdünnmessern werden bei den meisten Fabrikaten auch federnde Stahlzinken angeboten. Diese Federzinken dienen in erster Linie dem Krustenbrechen und der Unkrautbekämpfung in der Pflanzenreihe. Neben ihrer unkrautvernichtenden und bodenlockernden Wirkung lichten diese Federzinken auch die Pflanzenreihen schon etwas auf; besonders dann, wenn ihr Einsatz bereits im Zweiblattstadium erfolgt. Ihre auflichtende Wirkung ist natürlich in sehr dichten Pflanzenbeständen am stärksten. Je dünner der Ausgangsbestand, desto mehr beschränkt sich ihre Wirkung auf die Bodenlockerung in der Reihe. Während in sehr dichten Beständen bis zu 20 % der Pflanzen durch die Federzinken ausgedünnt werden können, verringert sich ihr Ausdünnereffekt in bereits aufgelockerten Beständen auf weniger als 10 %. Für die weitere Ausdünnung werden statt der Federzinken Hackmesser verwendet.

### Kurbelbetrieb oder Taumelscheibe

Bei allen Ausdüngeräten mit pendelnden Hackwerkzeugen muß die gleichförmig rotierende Antriebsbewegung, sei es

vom Bodenrad oder von der Zapfwelle her, in eine hin- und herschwingende Bewegung umgeformt werden. Hierfür bieten sich zwei Möglichkeiten: Der Kurbelbetrieb mit Exzenter und Schubstange oder der Antrieb durch die Taumel- oder Doppeltaumelscheibe. Durch diese Umwandlung wird aus der ursprünglich gleichförmig rotierenden Bewegung eine rhythmisch beschleunigte und verzögerte Pendelbewegung. Das bedeutet also, daß die Bewegungsbahn des einzelnen Pendelmessers eine Sinuskurve darstellt, die in den Werten  $0^\circ$ ,  $180^\circ$  und  $360^\circ$  die Pflanzenreihe trifft. Die sinusförmige Messerbewegung vollzieht sich nach der Gleichung:

$$y = A \sin \frac{x n \delta}{v} \quad (1)$$

Darin bedeuten:

- $y$  = Augenblickswert der Amplitude in cm
- $x$  = zurückgelegte Fahrstrecke in cm
- $A$  = Amplitudenlänge in cm
- $n$  = Drehzahl der Messerantriebswelle in U/min
- $v$  = Fahrgeschwindigkeit in cm/s

Für den Kurbeltrieb trifft diese sinusförmige Bewegung des Hackmessers jedoch nicht ganz zu. Je nach Abstand des Exzenters vom Drehpunkt der Antriebswelle und je nach Länge der Schubstange ergeben sich geringe Abweichungen. Diese sind im allgemeinen so unbedeutend, daß sie in den nachfolgenden Betrachtungen vernachlässigt worden sind. Ein Nachteil bei Verwendung eines Exzenters als Antrieb für die Pendelmesser liegt darin, daß alle Messer die gleiche Bewegungsrichtung haben. Das bedeutet, daß einmal alle Messer des Gerätes gleichzeitig die Pflanzenreihe von rechts nach links durchschlagen und anschließend von links nach rechts. Hierdurch ist es leicht möglich, daß ein unerwünschter Seitenschub im Gerät entsteht.

Beim Antrieb durch die Taumelscheibe läßt sich der unerwünschte Seitenschub im Gerät dadurch vermeiden, daß die einzelnen Scheiben auf der Antriebswelle abwechselnd jeweils beispielsweise um  $90^\circ$  gegeneinander versetzt sind. Durch diese Anordnung werden auch alle im Antrieb befindlichen Widerstands- und Massenkräfte gleichmäßig verteilt und wirken sich daher weniger ungünstig auf Bodenantrieb und Schlupf aus.

Unabhängig von der Art des Antriebs der einzelnen Hackelemente kann der Gesamtantrieb entweder durch Bodenräder oder über die Schlepperzapfwelle erfolgen. Während bei den rotierenden Ausdüngeräten der Bodenantrieb allgemein bevorzugt wird, arbeiten die wenigen bisher auf dem Markt befindlichen Pendelausdünger ausschließlich mit Zapfwellenantrieb. Vor- und Nachteile beider Antriebsarten sollen im Folgenden näher untersucht werden. Dabei ist in den Berechnungen der theoretisch schlupffreie Einsatz der Geräte unterstellt worden. Im praktischen Feldeinsatz wird man stets mit einem gewissen Schlupf (10—20 %) rechnen müssen, der sich je nach Antriebsart sehr verschieden auf die Ausdünnarbeit auswirken kann. Der Einfluß des Schlupfes ist beim Stern- und Pendelausdünger gleich. Da bereits in einer früheren Arbeit [7] das Problem des Schlupfes ausführlich behandelt wurde, sei an dieser Stelle auf weitere Erörterungen verzichtet.

### Beeinflussung des Ausdünngrades bei Zapfwellenantrieb

Beim Zapfwellenantrieb schwankt die Schlagdichte des einzelnen Hackmessers in weiten Grenzen, je nach Zapfwelldrehzahl und Gangabstufung des jeweils vorgespannten Schleppers und je nach Gangwahl durch den Fahrer. Aus der Gleichung (1), die die Bewegungsbahn des Hackmessers in jedem Punkte charakterisiert, ist zu ersehen, daß mit zunehmender Fahrgeschwindigkeit bei konstanter Zapfwelldrehzahl die Wellenlänge der Sinuskurve sich vergrößert, also die Zahl der Hockschläge auf einer bestimmten Strecke abnimmt. Umgekehrt wird die Wellenlänge bei abnehmender Fahrgeschwindigkeit und gleichbleibender Zapfwelldrehzahl verkleinert und die Hackschlagzahl je Meter entsprechend erhöht. Sinngemäß das gleiche gilt auch für

die Zapfwellendrehzahl, nur mit umgekehrter Wirkung. Je größer die Zapfwellendrehzahl bei konstanter Fahrgeschwindigkeit, desto kleiner die Wellenlänge der Messerbewegung und umgekehrt. Diese Zusammenhänge lassen sich rechnerisch an Hand der Konstruktionsdaten ermitteln.

Dazu dient folgende Formel:

$$L = \frac{v \cdot 10 \cdot 6}{n_z \cdot \tau_z} \quad (2)$$

Darin bedeuten:

- $L$  = Wellenlänge in cm
- $v$  = Fahrgeschwindigkeit in cm/s
- $n_z$  = Zapfwellendrehzahl in U/min
- $\tau_z$  = Übersetzungsverhältnis im Zapfwellenantrieb

Wellenlänge und Messerklingenlänge, oder anders ausgedrückt, Schlaghäufigkeit und Schlagbreite, bestimmen die Höhe des jeweiligen Ausdünneffektes der sich aus Gleichung (2) leicht ableiten läßt:

$$\varepsilon = \frac{2 \cdot l \cdot 10}{L} \quad (3)$$

$$\varepsilon = \frac{2 \cdot l \cdot n_z \cdot \tau_z}{v \cdot 6}$$

Darin bedeuten:

- $\varepsilon$  = Ausdünneffekt in %
- $l$  = Messerklingenlänge in mm
- $n_z$  = Zapfwellendrehzahl in U/min
- $\tau_z$  = Übersetzungsverhältnis im Zapfwellenantrieb
- $v$  = Fahrgeschwindigkeit in cm/s

Aus diesen Überlegungen geht hervor, daß die Höhe des jeweiligen Ausdünnggrades bei zapfwellengetriebenen Pendelgeräten durch eine ganze Reihe von Faktoren beeinflusst und variiert werden kann. Im einzelnen sind es, wenn man vom Schlupf absieht:

1. Messerklingenlänge,
2. Fahrgeschwindigkeit,
3. Zapfwellendrehzahl,
4. Übersetzung im Zapfwellentrieb.

Die Messerklingenlänge kann nicht beliebig verändert werden. Sie ist nach oben hin begrenzt und sollte 50 mm in keinem Falle überschreiten. Durch Einsatz größerer Klingenslängen würde das Prinzip des Ausdünnens, nämlich auf dem späteren Pflanzenabstand mehrere kleine Hörstchen stehen zu lassen, verfälscht. Der Ausdünneffekt kann also bei zapfwellengetriebenen Pendelgeräten nur durch Einsatz schmalerer Messerklingen als 50 mm beeinflusst werden. Dadurch liegt in der Variation der Messerklingenlänge keine ausreichende Anpassungsfähigkeit an verschiedenen dichte Pflanzenbestände. Die Länge des von jedem Messer aus der Pflanzenreihe herausgehackten Stückes hängt nicht nur von der Klingenslänge sondern auch von ihrer Winkelstellung zur Bewegungsebene ab. Diese Zusammenhänge wurden an anderer Stelle [7] für den rotierenden Hackstern ausführlich erläutert. Sinngemäß das gleiche gilt auch für das Pendelmesser, nur mit dem Unterschied, daß hier die Messerklinge selbst senkrecht zur Bewegungsebene steht, aber da sie nach zwei Richtungen hin arbeiten muß, die Form eines Dreiecks hat, das mit seiner Spitze in Fahrtrichtung zeigt. Durch diese Messerform wird erreicht, daß das jeweils aus der Pflanzenreihe herausgehackte Stück in etwa der tatsächlichen Klingenslänge entspricht.

Weit größere Möglichkeiten als durch die Veränderung der Messerklingenslängen bietet die Variation in der Fahrgeschwindigkeit, die sich bei gleicher Zapfwellendrehzahl und entsprechend auch gleicher Messerschwingungszahl je nach Schleppertyp und Gangwahl in weiten Grenzen bewegen kann. Der Ausdünngsgrad wird also hier nicht durch das Gerät selbst, sondern durch den jeweils vorgespannten Schlepper bestimmt. Er muß daher von Schlepper zu Schlepper je nach Gangabstufung sehr verschieden sein. In Abbildung 4 ist dargestellt, in welchem Bereich bei den derzeit auf dem Markt befindlichen Schleppertypen zwischen 12 und 30 PS die Fahrgeschwindigkeiten bei voller Motordrehzahl in

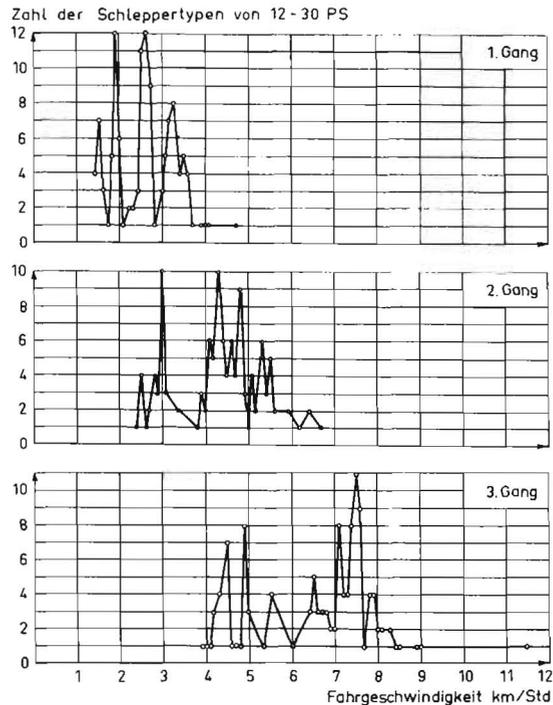


Abb. 4: Geschwindigkeitsabstufung in den drei untersten Gängen der auf dem deutschen Markt befindlichen Schleppertypen von 12 bis 30 PS

den drei untersten Gängen liegen. Aus der Darstellung ist ersichtlich, wie unterschiedlich die einzelnen Schleppergänge bei den verschiedenen Fabrikaten in ihren Fahrgeschwindigkeiten abgestuft sind. Da nun ein Ausdünngerät nicht für einen bestimmten Schlepper gebaut ist, sondern hinter den verschiedensten Schleppertypen eingesetzt wird, ist eine klare Einsatzanweisung von seiten des Geräteherstellers zur Vorherbestimmung des Ausdünnggrades nicht mehr möglich. Außerdem ist bei der groben Abstufung der einzelnen Schleppergänge die notwendige Anpassung an verschiedene Pflanzenbestände nicht mehr gegeben.

Diese Schwierigkeiten werden weiterhin noch dadurch vergrößert, daß auch die Zapfwellendrehzahlen der zur Zeit auf dem deutschen Markt befindlichen Schlepper bei weitem nicht alle der Normdrehzahl entsprechen. In Abbildung 5 sind die Zapfwellendrehzahlen der verschiedenen Schleppertypen von 12 bis 30 PS anteilmäßig aufgetragen. Aus dieser Darstellung geht hervor, daß etwa zwei Drittel aller Fabrikate in ihrer Zapfwellendrehzahl der Norm von 540 U/min entsprechen. Das restliche Drittel liegt jedoch mit der Zapfwellendrehzahl unter oder über der Norm und streut in einem Bereich von 520 bis 722 U/min.

Da, wie weiter unten noch näher erläutert wird, die gewünschte Periodenzahl in der Sinusbewegung des Hackmessers bei Zapfwellenantrieb je nach Fahrgeschwindigkeit teils niedriger und teils höher als die Zapfwellendrehzahl liegt, ist ein Unter- oder Übersetzungsverhältnis  $\tau$  im Zapfwellenantrieb erforderlich. Es wäre denkbar, hier durch

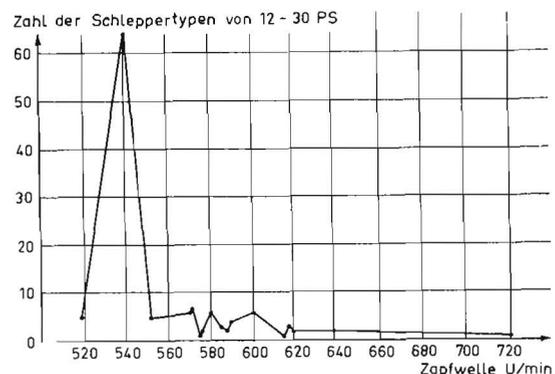


Abb. 5: Zapfwellendrehzahl (bei voller Motordrehzahl) der auf dem deutschen Markt befindlichen Schleppertypen von 12 bis 30 PS

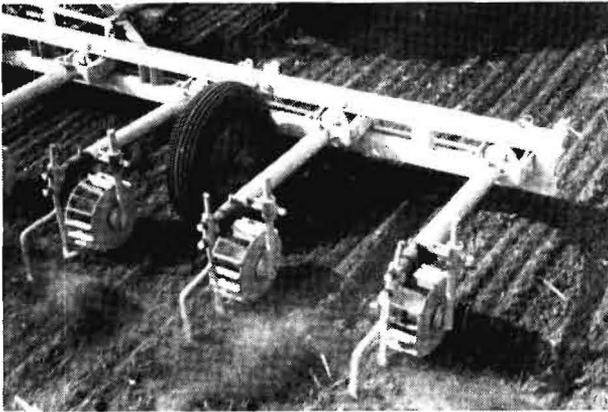


Abb. 6: Doppelmesser beim Pendelausdüner

eine feine Getriebeabstufung oder gar ein stufenloses Getriebe die oben genannte Verschiedenheit der Schlepperfahr- geschwindigkeiten und Zapfwelldrehzahlen auszugleichen. Das Getriebe müßte aber in jedem Falle eine Änderung der Drehzahlen im genauen Verhältnis 1 : 2 ermöglichen, um für einen zweiten Arbeitsgang mit kürzeren Messern die doppelte Schlagzahl zu erreichen. Eine nur ungefähre Verdopplung der Schlagzahl wäre nicht zulässig, da sie zu Interferenzerscheinungen beim Übereinanderlegen der Hack- und Schonstreifen beider Arbeitsgänge führen würde, die dann den Ausdünnungsgrad streckenweise mehr oder weniger stark an- und abschwelen ließen. Außerdem würde durch den Einbau eines solchen Getriebes zwangsläufig ein großer Teil der Vorteile des Pendelausdüners, daß er nämlich einfach, leicht und billig ist, verloren gehen.

Aus diesen Gründen hat man versucht, die doppelte Hackschlagzahl auf anderem Wege zu erreichen, indem man analog den rotierenden Hacksternen auch beim Pendelausdüner die Messerzahl je Hackelement verdoppelt, nur mit dem Unterschied, daß hier die Messer nicht auf einer Kreisebene nebeneinander stehen, sondern hintereinander auf dem Werkzeugarm angeordnet sind (Abb. 6). Der Einsatz dieses Doppelmessers hat jedoch nur dann Sinn, wenn das hintere Messer die Mitte der vom vorderen Messer stehengelassenen Schonstelle trifft. Das bedeutet, daß die beiden Messer in einem ganz bestimmten Abstand hintereinander angeordnet sein müssen. Dieser Abstand richtet sich nach der Zahl der Hackschläge je Meter, ist also abhängig von dem Verhältnis von Zapfwelldrehzahl zu Fahrgeschwindigkeit. In Abbildung 7 ist dargestellt, in welchem Abstand die Doppelmesser angeordnet sein müssen, wenn der Vorschub bei gleicher Zapfwelldrehzahl verändert wird. Aus der Darstellung geht hervor, daß der Messerabstand im Bereich von 1 bis 2 m/sec Fahrgeschwindigkeit und 540 U/min der Zapfwelle zwischen 82 mm und 165 mm schwankt. Dabei ist unterstellt, daß, mit Rücksicht auf die Verstopfungsfahr bei zu engem Messerabstand, mehrere Schonstellenlängen zwischen den Messern liegen sollen. Die Ermittlung des für den jeweiligen Schlepper und dessen Verhältnis von Zapfwelldrehzahl zu Fahrgesch-

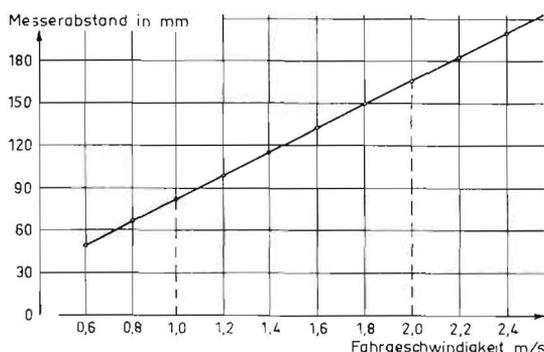


Abb. 7: Messerabstand bei Verwendung eines Doppelmessers bei verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten (Zapfwelle 540 U/min)

windigkeit passenden Messerabstandes ist so schwierig, daß sie unter keinen Umständen dem praktischen Landwirt zugemutet werden kann. Andererseits ist die Gefahr starker Schäden durch Verwendung von Doppelmessern, die in ihrem Abstand voneinander nicht den Verhältnissen entsprechend angepaßt sind, sehr groß. Die Verwendung eines Doppelmessers bei zapfwellenbetriebenen Pendelgeräten scheidet somit praktisch aus.

Aus dem bisher Gesagten kann gefolgert werden, daß die Höhe des jeweils gewünschten Ausdünngrades bei Pendelgeräten mit Zapfwellenantrieb nur sehr schwer, wenn überhaupt sicher, festzulegen ist. Durch die Vielzahl der Variationsmöglichkeiten einerseits und durch das Fehlen einer sinnfällig abgestuften Einstellmöglichkeit andererseits ist dem praktischen Landwirt mit dem zapfwellenbetriebenen Pendelausdüner ein Gerät an die Hand gegeben, mit dem er zwar einen Pflanzenbestand weitgehend auflichten kann, jedoch ist es ihm nicht möglich, die zu Anfang geforderte Ausdünnungs- grenze von acht bis zehn besetzten Zollstreifen je Meter sicher zu erreichen. Er wird immer Gefahr laufen, nach dem Ausdünnen entweder noch ein Zuviel oder aber bereits ein Zuwenig an Pflanzen zu haben und somit entweder auf einen Teil der möglichen Arbeitersparnis verzichten oder eine Ertragseinbuße in Kauf nehmen müssen.

#### Beeinflussung des Ausdünngrades bei Bodenantrieb

Da her taucht die Frage auf, ob es nicht richtiger ist, auch für die Pendelausdüner den Bodenantrieb zu wählen. Beim Bodenantrieb vereinfacht sich die Formel für die Wellenlänge der Messerbewegung gegenüber der oben angegebenen für den Zapfwellenantrieb. Für den Bodenantrieb lautet sie

$$L = \frac{\pi D}{\tau R} \quad (4)$$

Darin bedeuten:

$L$  = Wellenlänge in cm

$D$  = Durchmesser des Antriebsrades in cm

$\tau R$  = Übersetzungsverhältnis von Bodenantriebsrad zu Antriebswelle der Hackwerkzeuge.

Die Zahl der Hackschläge auf einer bestimmten Strecke ist hier unabhängig von der Fahrgeschwindigkeit und nur durch das Übersetzungsverhältnis von Bodenantrieb zur Messerantriebswelle festgelegt, wenn man vom Schlupf absieht. Der Ausdünnereffekt ist also bei gleicher Messerwahl für jede Fahrgeschwindigkeit konstant. Er läßt sich leicht aus den Gleichungen (3) u. (4) ableiten

$$\varepsilon = \frac{2 l 10 \tau R}{\pi D} \quad (5)$$

Darin bedeuten:

$\varepsilon$  = Ausdünnereffekt in %

$l$  = Messerklingenlänge in mm<sup>1)</sup>

$\tau R$  = Übersetzungsverhältnis von Bodenantrieb zu Antriebswelle der Hackwerkzeuge.

Die Höhe des jeweiligen Ausdünnereffektes ist somit bei Bodenantrieb — abgesehen von dem Übersetzungsverhältnis, das durch die Konstruktion der Maschine festgelegt wird — lediglich abhängig von der Messerklingenlänge. Die Abstufung des Ausdünngrades durch Veränderung der Messerklingenlänge genügt, wie oben gezeigt, nicht allein. Vor allem dann, wenn eine zweimalige Bearbeitung erforderlich ist, muß außer der Klingenlänge auch die Zahl der Hackschläge je Meter verändert werden. Im Gegensatz zum Zapfwellenantrieb kann beim Bodenantrieb die Hackschlagzahl je Meter durch Einsatz eines Doppelmessers erhöht werden. Da hier das Verhältnis von Vorschub zur Zahl der Messerschwingungen konstant ist, kann bei richtiger Wahl des Abstandes der beiden Messer erreicht werden, daß das hintere Messer stets die Mitte der Schonstelle trifft, die vom vorderen Messer stehengelassen worden ist. Messerzahl und

<sup>1)</sup> Bei Verwendung eines Doppelmessers muß die Summe der beiden Messerklingenlängen eingesetzt werden

Klingenlänge sind also ausschlaggebend für die Höhe des jeweiligen Ausdünngades. Mit zu- oder abnehmender Messerzahl ändert sich die Hackstellenzahl; durch unterschiedliche Klingenlänge läßt sich die Hackbreite variieren. Demnach ist beim Pendelgeträt mit Bodenantrieb ebenso wie beim rotierenden Messerstern, der vom Boden her angetrieben wird, der Ausdünnggrad durch die gewählte Messerkombination vorher sicher festzulegen.

#### Ausdünneffekt und Messerkombination

Wie muß nun ein solches Ausdünngerät mit pendelnden Hackmessern, das durch Bodenräder angetrieben wird, aussehen? Als erstes taucht die Frage nach der angestrebten Zahl der Hackschläge je Meter auf. Wie bereits eingangs erwähnt, wird bei den Geräten mit rotierenden Hacksternen bei elf Hackschlägen je Meter und 45 mm Messerklingenlänge ein Ausdünneffekt von 50 % erreicht. Würde man die Hackschlagzahl auf zehn verringern und die Klingenlänge dafür auf 50 mm vergrößern, so käme man ebenfalls zu einer Auslichtung von 50 %. Das hätte gleichzeitig für den praktischen Landwirt, der ein solches Gerät einsetzt, den Vorteil, daß die Klingenlänge in mm schon den zu erwartenden Ausdünnggrad in % ausdrückt. Verwendet man dann z. B. Hackmesser, die statt 50 mm nur eine Klingenlänge von 40 oder 30 mm haben, so verringert sich auch der Ausdünneffekt auf 40 und 30 %.

Während die geforderten zehn Hackschläge je Meter bei rotierenden Hacksternen von einer ganzen Anzahl hintereinander angeordneter Messer ausgeführt werden können, müssen sie beim Pendelausdüner mit einem Hackmesser erreicht werden. Um auch hier auf die angestrebten zehn Hackschläge je Meter zu kommen, muß die geringere Messerzahl je Hackelement durch ein größeres Übersetzungsverhältnis vom Bodenrad zum Antrieb der Hackwerkzeuge ausgeglichen werden. Bei einem Durchmesser der Antriebsräder von 0,64 m würde dieses Übersetzungsverhältnis gerade 1:10 betragen. Unterstellt man, daß sich das Fahrtempo beim Ausdünnen zwischen 1 und 2 m/sec (3,6 bis 7,2 km/h) bewegt, so würde das bei einem Übersetzungsverhältnis von 1:10 bedeuten, daß Drehzahlen im Bereich von 300—600 U/min im Gerät aufträten. Bei Verwendung zweier hintereinander angeordneter Hackmesser entspricht der zu erwartende Ausdünneffekt in % der Summe der beiden Klingenlängen in mm. Der Landwirt weiß also auch jetzt im voraus, wie stark er ausdünt. Da man bei den zwei hintereinander angeordneten Messern verschiedene Klingenlängen wählen kann, erhält man eine fast stufenlose Anpassung des Ausdünngades. In den Tabellen 1 und 2 ist zusammengestellt, welche Ausdünneffekte mit ein oder zwei Messern von 15 bis 50 mm Klingenlänge bei ein- und zweimaliger Bearbeitung zu erreichen sind.

Mit diesen fünf verschiedenen Messerklingenlängen lassen sich bei entsprechender Kombination alle Ausdünneffekte zwischen 15 und 80 % in genügend feiner Abstufung erzielen. Ob dabei die Ausdünnarbeit in einem oder in zwei Arbeitsgängen erfolgen soll, wird sich im allgemeinen nach der Bestandsdichte und dem Unkrautbesatz in der Reihe richten. Soll stärker als 60 % ausgedünnt werden, so ist beim bodenangetriebenen Pendelgerät ebenso wie beim rotierenden Hackstern allein von der Bestandsdichte her immer eine zweimalige Bearbeitung notwendig. Dabei erscheint es günstig, für den ersten Arbeitsgang in der Regel das größte Messer (50 mm) einzusetzen, also 50 % auszudünnen. Für den zweiten Arbeitsgang wird analog den rotierenden Ausdünngeräten die Zahl der Messer je Hackelement verdoppelt und ihre Klingenlänge dem noch erforderlichen Ausdünneffekt genau angepaßt.

Liegt der gewünschte Ausdünneffekt unter 60 %, so kann das Ausdünnen entweder in einem oder aber auch in zwei Arbeitsgängen erfolgen. Für die Wahl des einen oder anderen Verfahrens können verschiedene Gesichtspunkte bestimmend sein. Eine zweimalige Bearbeitung wird man immer vorziehen bei unregelmäßiger Pflanzenverteilung und starkem Unkrautbesatz in der Reihe. Soll z. B. der gewünschte Ausdünnggrad etwa 40 % betragen, so ist er bei einem Arbeitsgang mit einem Doppelmesser von je 20 mm Klingenlänge zu errei-

Tabelle 1: Ausdünneffekt mit verschiedenen Messerkombinationen bei einmaliger Bearbeitung

% Ausdünneffekt	Messerkombination
15	1 x 15 mm
20	1 x 20 mm
25	1 x 25 mm
30	1 x 30 mm (oder 2 x 15 mm)
35	1 x 15 + 1 x 20 mm
40	2 x 20 mm
45	1 x 20 mm + 1 x 25 mm
50	2 x 25 mm (oder 1 x 20 mm + 1 x 30 mm)
55	1 x 25 mm + 1 x 30 mm
60	2 x 30 mm

Tabelle 2: Ausdünneffekt mit verschiedenen Messerkombinationen bei zweimaliger Bearbeitung

% Ausdünneffekt	Messerkombination	
	Erste Bearbeitung	Zweite Bearbeitung
65	1 x 50 mm	2 x 15 mm
67,5	1 x 50 mm	1 x 50 mm + 1 x 20 mm
70	1 x 50 mm	2 x 20 mm
72,5	1 x 50 mm	1 x 20 mm + 1 x 25 mm
75	1 x 50 mm	2 x 25 mm (oder 1 x 20 mm + 1 x 30 mm)
77,5	1 x 50 mm	1 x 25 mm + 1 x 30 mm
80	1 x 50 mm	2 x 30 mm

chen. Wird in zwei Arbeitsgängen ausgedünnt, so ist es zweckmäßig, für den ersten Durchgang ein 30-mm-Messer zu wählen und im zweiten Durchgang ein Doppelmesser von 2 x 15 mm Klingenlänge einzusetzen. Trotz Anwendung unterschiedlicher Ausdünnverfahren wird in beiden Fällen etwa der gleiche, vorher sicher festzulegende Ausdünnggrad erreicht.

#### Einfluß der Steuergenauigkeit

Zu untersuchen ist schließlich noch die Frage, welche Anforderungen der Pendelausdüner an die Steuergenauigkeit stellt. Bei einer Seitenabweichung von der Pflanzenreihe ist zunächst genau wie beim Sternausdüner auch hier zu befürchten, daß das Messer zu flach durch die Reihe geht. In dieser Beziehung ist jedoch der Pendelausdüner dem Sternausdüner überlegen, da seine Messerstiellänge größer sein kann, während der Sternausdüner in seinem Durchmesser nicht über ein bestimmtes Höchstmaß hinaus vergrößert werden kann. Um beim Pendelausdüner eine möglichst große wirksame Messerstiellänge zu erreichen, ist es zweckmäßig, den Drehpunkt des Messers möglichst an das Stielende zu verlegen, also das Messer vom Antrieb her als einarmigen Hebel zu fassen (Abb. 8).

Anders sieht es jedoch aus beim Einfluß von Steuergenauigkeiten auf die Veränderung des Hackbildes in der horizontalen Ebene. Während beim Sternausdüner die Hack- und Schonstellen immer parallel über der Reihe liegen, auch bei seitlichen Abweichungen, solange das Messer überhaupt noch die Pflanzenreihe trifft, ergeben sich bei Verschiebung der Sinuslinie des Pendelmessers beträchtliche Abweichungen.

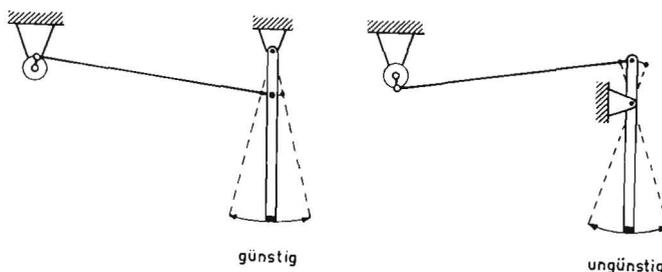


Abb. 8: Antrieb des Pendelmessers

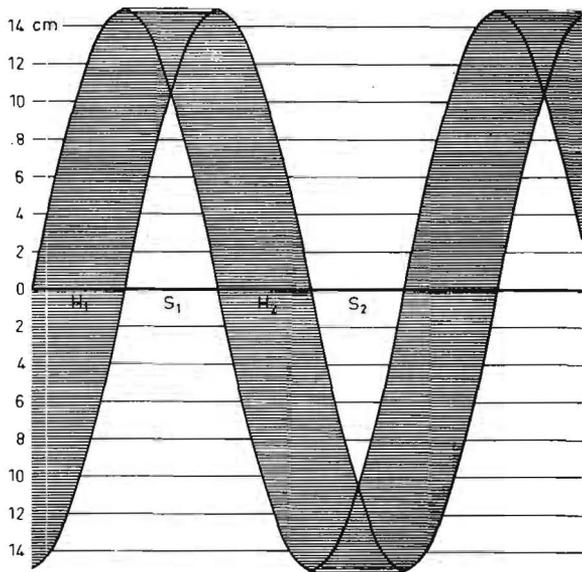


Abb. 9: Einfluß von Steuerungsgenauigkeiten auf die Größe der Hack- und Schonstellen beim Einsatz eines Hackmessers (50 mm)

In Abbildung 9 ist für einen bestimmten Fall dargestellt, wie sich bei seitlicher Steuerabweichung von der Pflanzenreihe, wenn also das Hackmesser die Reihe nicht bei senkrechter Stellung durchschlägt, die aufeinanderfolgenden Schon- und Hackstellen verändern. Für den in Abbildung 9 unterstellten Fall sei angenommen, daß ein Ausdünnereffekt von 50 % mit einer Messerklingenlänge von 50 mm erreicht werden soll. Dabei soll der seitliche Messerausschlag je 15 cm betragen und die Wellenlänge  $L = 20$  cm sein. Aus der Abbildung ist zu entnehmen, daß z. B. bei einer seitlichen Abweichung von etwa 4,5 cm von der Pflanzenreihe die Schonstellen  $S_1$  und  $S_2$  abwechselnd um 2,0 cm verkleinert und vergrößert werden. Wird so ungenau gesteuert oder gefahren, daß das Messer bei senkrechter Stellung sich etwa 10,5 cm seitlich neben der Pflanzenreihe befindet, so fällt bereits jede zweite Schonstelle fort. Statt dessen ist die verbliebene Schonstelle auf ihren doppelten Wert angestiegen. Die beiden Hackschläge  $H_1$  und  $H_2$ , die mit zunehmender Abweichung immer näher aneinander gerückt sind, schließen jetzt ebenfalls dicht aneinander an. Die Summe der Hack- und Schonstellenlängen ist in diesem Falle bis zu einer seitlichen Abweichung von etwa 10,5 cm gleichgeblieben, und somit ist der Ausdünnereffekt insgesamt gesehen noch unverändert. Geht die seitliche Abweichung jedoch über diese Grenze hinaus, so tritt eine wirkliche Verringerung des Ausdünnereffektes ein, weil das Hackmesser, bedingt durch seine Richtungsänderung, teilweise in die letzte Hackstelle schlägt. Die Schonstellen nehmen dann entsprechend zu. Selbst wenn man für den gewählten Fall fallseitliche Abweichungen bis zu 5,0 cm, also eine Verringerung beziehungsweise Vergrößerung der Schonstellen von rund 50 % zulassen würde, wäre das nur mit einer zusätzlichen Feinsteuerung am Gerät selbst möglich.

Für die unerwünschten Schonstellenveränderungen bei ungenauem Fahren oder Steuern ist die Klingenlänge des jeweils eingesetzten Hackmessers nicht unwichtig. Wird beispielsweise anstatt des in Abbildung 9 eingezeichneten 50-mm-Messers ein solches von nur 25 oder 15 mm Klingenlänge eingesetzt, so sind die Auswirkungen einer Steuerungsgenauigkeit relativ geringer, weil die einzelnen Hackstreifen schmaler sind und infolgedessen die beiden Hackstellen  $H_1$  und  $H_2$  sehr viel langsamer aufeinander zulaufen. Die Größe der Schonstellenveränderung bei gleicher Steuerungsgenauigkeit ist somit direkt proportional der Messerklingenlänge. Je kleiner das eingesetzte Messer, desto eher können Steuerungsgenauigkeiten in Kauf genommen werden. Auch aus diesen Gründen empfiehlt es sich, wie bereits an anderer Stelle erwähnt, möglichst mit kleinen Messerklingenlängen zu arbeiten und anstatt eines großen Messers lieber zwei kleine einzusetzen. Außer der Messerklingenlänge hat auch die Zahl der je Hackelement eingesetzten Messer einen gro-

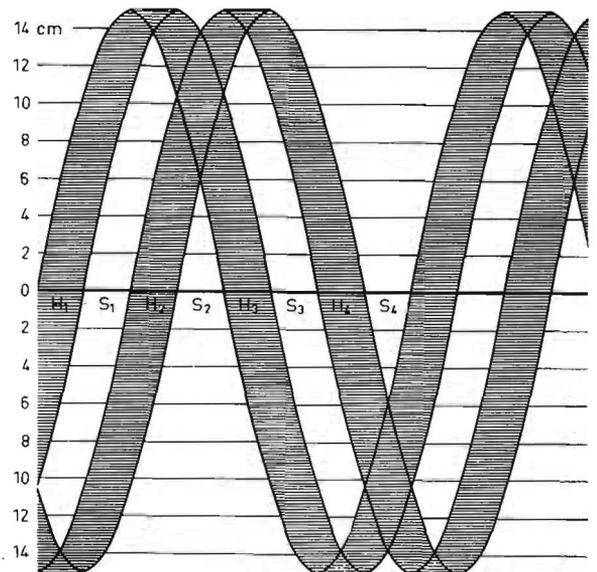


Abb. 10: Einfluß von Steuerungsgenauigkeiten auf die Größe der Hack- und Schonstellen beim Einsatz eines Doppelmessers (beide Messer 25 mm)

ßen Einfluß auf die Schonstellenveränderung bei Steuerungsgenauigkeit. In Abbildung 10 sind die Bewegungsbahnen zweier hintereinander angebrachter Hackmesser aufgezeichnet. Die unterstellte Messerbewegung soll die gleiche sein wie in Abbildung 9. An Stelle des einen 50-mm-Messers werden hier zwei Messer von je 25 mm eingesetzt. Aus der Abbildung ist zu ersehen, daß sich beim Doppelmesser eine Abweichung von der Pflanzenreihe sehr viel schneller auf die Größe der verbliebenen Schonstellen auswirkt. Dabei ändert bei Steuerungsgenauigkeit immer nur die zweite Schonstelle,  $S_2$  und  $S_4$  (Abb. 10), ihre Größe. Bereits bei einer seitlichen Abweichung von 5,8 cm wird  $S_2 = 0$ , und  $S_4$  vergrößert sich entsprechend auf den doppelten Wert.  $S_1$  und  $S_3$  bleiben zunächst konstant, weil sie durch den eingestellten Abstand der beiden Messer festgelegt sind. Die beiden Hackstellen  $H_2$  und  $H_3$  rücken mit zunehmender Steuerungsgenauigkeit immer näher aneinander, bis sie bei 5,8 cm seitlicher Abweichung schließlich aneinander anschließen. Der eigentliche Sinn der Verwendung eines Doppelmessers, nämlich die Verdoppelung der Hackschlagzahl, geht damit wieder verloren.

Da die Schonstellenveränderung infolge Steuerungsgenauigkeit nur für das vordere der beiden Messer zutrifft, ist es bei der Verwendung von zwei Messern unterschiedlicher Klingenlänge wichtig, daß das kürzere Messer stets vor dem längeren angeordnet wird. Das mag Abbildung 11 a und 11 b näher erläutern. Im linken Teil der Darstellung ist gezeigt, wie das Arbeitsbild aussieht, wenn vorne das kleinere und hinten das größere Messer eingespannt ist, während im rechten Teil der Darstellung die umgekehrte Messeranordnung unterstellt worden ist. Auch hier ist die gleiche Messerbewegung angenommen wie in Abbildung 9. Abbildung 11 läßt erkennen, daß bei der linken Messeranordnung die Schonstelle  $S_2$  bei etwa 8,0 cm Abweichung von der Pflanzenreihe ganz verschwindet und die benachbarten Hackschläge  $H_2$  und  $H_3$  aneinander anschließen, während die gleiche Schonstelle bei der rechten Messeranordnung bereits bei einer seitlichen Abweichung von 5,8 cm fortfällt. Es ist daher wichtig, daß beim Einsatz von zwei Messern je Hackelement mit unterschiedlichen Klingenlängen das kleinere Messer immer vorn und das größere Messer hinten auf dem Werkzeugarm eingespannt wird. Dadurch wird die unerwünschte Schonstellenveränderung bei Steuerungsgenauigkeit möglichst gering gehalten.

Aus diesen Überlegungen ist zu folgern, daß eine sorgfältige Steuerung bei Pendelausdünnern noch nachdrücklicher gefordert werden muß, als es schon für die Sternausdünnern in einer früheren Arbeit [7] getan wurde. Alle hinten am Schlepper angebauten oder angehängten Ausdünneregeräte können auf eine eigene Feinsteuerung nicht verzichten. Bei einer Anordnung der Ausdünneregeräte unter Schlepperrumpfmittle, wie

sie bei Tragschleppern oder Geräteträgern möglich ist und für die, wie an anderer Stelle [7] ausgeführt wurde, der Pendelausdüner besonders geeignet ist, kann die Feinsteuerung am Gerät und damit auch der zweite Mann eingespart werden. An das zunächst etwas sonderbar anmutende Bild eines Unterschnallgerätes, das an seinen beiden Enden Laufräder zur Abnahme des Bodenantriebes trägt, hat sich der amerikanische Farmer längst gewöhnt.

### Zusammenfassung

1. Mechanische Rübenausdüngergeräte stellen technische Hilfen dar, durch deren Einsatz der Handarbeitsaufwand beim Vereinzeln wesentlich herabgesetzt werden kann. Nach den bisherigen Erfahrungen liegt die optimale Ausdünnngrenze bei acht bis zehn mit Pflanzen besetzten Zollstreifen je Meter. Wird diese Grenze unterschritten, so ist kein voller Endbestand mehr zu erzielen, erreicht man diese Grenze nicht, so verzichtet man auf einen Teil der möglichen Arbeitersparnis.

Die erfolgreiche Anwendung des Ausdünnverfahrens setzt also voraus, daß die eingesetzten Ausdüngergeräte genau einzustellen sind, so daß der praktische Landwirt sich dem jeweiligen Ausgangsbestand anpassen und ihn in gezielter Arbeitsweise auf die optimale Ausdünnngrenze reduzieren kann.

2. Die zur Zeit auf dem Markt befindlichen Rübenausdüngergeräte arbeiten entweder mit rotierenden Hacksternen (Sternausdüner) oder mit hin- und herpendelnden Hackmessern (Pendelausdüner). Beide Systeme unterscheiden sich grundlegend in ihrem Arbeitsbild. Während sich beim Sternausdüner parallele Hackschläge ergeben, durchfährt das pendelnde Hackmesser den Boden in einer Sinuslinie.

3. Der Antrieb der Hackwerkzeuge kann sowohl beim Sternausdüner als auch beim Pendelausdüner entweder über die Zapfwelle oder vom Boden her erfolgen.

4. Beim Zapfwellenantrieb des Pendelausdüners wird die Höhe des Ausdünnereffektes, wenn man vom Schlupf absieht, beeinflusst durch: 1. Messerklingenlänge, 2. Fahrgeschwindigkeit, 3. Zapfwelldrehzahl und 4. Übersetzung der Zapfwelldrehzahl.

Da die Fahrgeschwindigkeiten der zur Zeit auf dem deutschen Markt befindlichen Schlepper in ihren verschiedenen Gängen ebenso wie die Zapfwelldrehzahlen in mehr oder weniger weiten Grenzen schwanken, ist die Vorherbestimmung einer gezielten Ausdünnwirkung für den praktischen Landwirt so gut wie unmöglich. Das Ausdünnen in einem zweiten Arbeitsgang mit doppelter Zahl schmalerer Hackschläge würde ein Getriebe im Antrieb von der Zapfwelle zur Messerantriebswelle mit zwei Drehzahlstufen im genauen Verhältnis 1:2 erfordern. Dieses Getriebe kann hier nicht durch Verwendung eines Doppelmessers ersetzt werden.

5. Beim Bodenantrieb eines Pendelausdüners ist der Ausdünnereffekt unabhängig von der Fahrgeschwindigkeit. Er richtet sich lediglich nach der Kombination von Zahl und Klinglänge der Ausdünmesser und dem Übersetzungsverhältnis von Bodenantriebsrad zur Antriebswelle der Hackwerkzeuge. Dieses Übersetzungsverhältnis kann als Konstruktionsdatum so festgelegt werden, daß die geforderten zehn Hackschläge je Meter erzielt werden. Damit wird gleichzeitig erreicht, daß die jeweils eingesetzten Messerklinglängen in mm bereits den zu erwartenden Ausdünngrad in % angeben. Außerdem ist es bei Bodenantrieb möglich, mit Doppelmessern zu arbeiten, weil hier der Messerabstand durch das festgelegte Verhältnis von Fahrgeschwindigkeit zur Drehzahl der Messerantriebswelle nicht verändert werden muß. Der Bodenantrieb erleichtert somit dem Landwirt das genaue Vorherbestimmen des Pflanzenrestbestandes. Er ermöglicht eine klare Anweisung von seiten des Geräteherstellers, die auch unabhängig von dem verwendeten Schlepper Gültigkeit hat.

6. Zur Erzielung einer gleichbleibenden, sicheren Ausdünnarbeit ist beim Pendelausdüner in noch stärkerem Maße als beim Sternausdüner eine genaue Steuerung der Messer über der Pflanzenreihe erforderlich. Zwar ist er weniger empfindlich in der Tiefe der Messerführung, da sein Messerstiel länger sein kann, während der Durchmesser des Sternausdüners begrenzt ist. Andererseits aber führt der Pendelausdüner bei Steuerabweichungen zu Unregelmäßigkeiten in der Aufeinanderfolge der Hack- und Schonstellen, die bei stärkerer seitlicher Abweichung von der Pflanzenreihe schnell anwachsen und in noch verstärktem Maße bei Verwendung eines Doppelmessers auftreten. Wird ein Doppelmesser mit unterschiedlichen Klinglängen eingesetzt, so ist es mit Rücksicht auf die Veränderung der Hack- und Schonstellen bei Steuerabweichung immer richtig, das kleine Messer vor das größere auf dem Werkzeugarm anzuordnen. Dadurch wird die unerwünschte Veränderung möglichst gering gehalten.

### Schrifttum:

[1] Technische Daten der Ackerschlepper (Typenprogramm 1957). Landtechnik 12 (1957) S. 279/297  
 [2] Brinkmann, W.: Einzelkornablage von aufbereitetem Rübensaatgut. Landtechnische Forschung 6 (1956) S. 125/132  
 [3] Heller, C.: Neue Wege zur Bestellung und Pflege der Zuckerrüben. Landtechnik 12 (1957) S. 58/62  
 [4] French, G. W.: A Report on Tests of Mechanical Weeding and Thinning Equipment in Michigan. Proc. Am. Soc. of Sugar Beet Techn. 1952, S. 586  
 [5] Jorritsma, J.: De mechanisatie van de voorjaarswerkzaamheden in de bietenteelt. Mededelingen van het Instituut voor rationele Suikerproductie, Bergen op Zoom, April 1957  
 [6] Mervine, E. M. und R. D. Barmington: Mechanical Thinning of Sugar Beets. Bull. 476 Col. Agr. Exp. Stat. Fort Collins, 1943  
 [7] Richarz, W.: Untersuchungen an Rübenausdüngergeräten. Landtechnische Forschung 6 (1956) S. 132/138  
 [8] Svenska Sockerfabriks Aktieföretaget: Betmekaniseringens avdelningen. Redogörelse över BMA:s försöksverksamhet 1955  
 [9] Watson, A. M. und L. M. Henderson: Five Year's Experience in complete Mechanical Thinning of Sugar Beets. Proc. Am. Soc. of Sugar Beet Techn. 1954 Part I S. 309

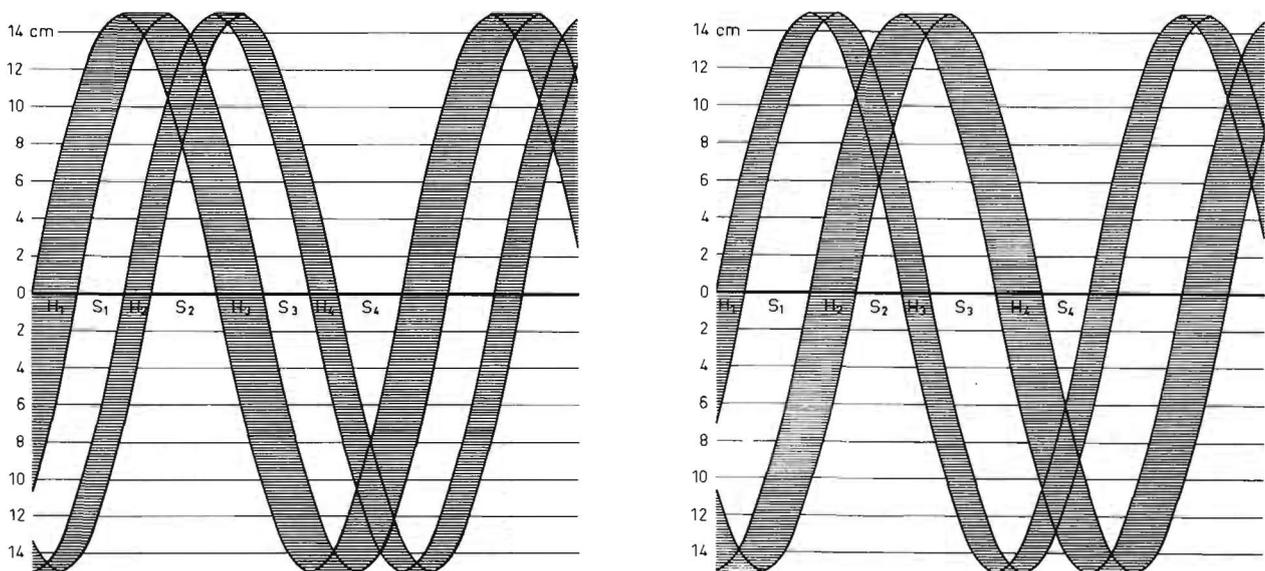


Abb. 11: Einfluß von Steuerungenauigkeiten auf die Größe der Hack- und Schonstellen bei Verwendung eines Doppelmessers mit verschiedener Klingenanordnung (15 mm und 25 mm)

## Résumé:

Dipl.-Landw. W. Richarz: „Zur Technik des mechanischen Ausdünnens von Zuckerrüben.“

Der Verfasser erläutert zunächst die Forderung nach einer möglichst feinen und gleichmäßigen Abstufung der Einstellmöglichkeit bei Ausdünnern. Dann beschreibt er die an die Konstruktion eines Pendelausdünners zu stellenden Anforderungen. Für die Umformung der gleichförmig rotierenden Antriebsbewegung in die hin- und herschwingende Bewegung der Hackmesser bei Pendelausdünnern gibt es zwei Möglichkeiten, den Kurbeltrieb und den Antrieb durch Taumel- oder Doppeltaumelscheibe. Der Gesamtantrieb kann entweder durch Bodenräder oder über die Schlepperzapfwelle erfolgen. Es zeigt sich, daß bei Zapfwellenantrieb der gewünschte Ausdünngrad nur sehr schwer, wenn überhaupt, erreicht werden kann. Dagegen ist bei Bodenantrieb durch die Wahl der richtigen Messerkombination sicher festzulegen. Mit welchen Messerkombinationen bei ein- und zweimaliger Bearbeitung ein gewünschter Ausdünngrad zwischen 15 und 80 % erzielt wird, ist im einzelnen dargelegt. Zum Schluß wird noch der Einfluß von Steuerungenauigkeiten auf die Qualität des Ausdünnens beschrieben.

Dipl. Landw. W. Richarz: "Mechanical Methods for Thinning-out Sugar Beets."

The author commences his paper with a statement which proves the necessity for an appliance for thinning out sugar beets which can be very finely adjusted in a series of regular steps. He continues with a description of the requirements that must be met when designing a swinging thinner. There are two possible methods for converting the rotation of the drive shaft to the reciprocating motion required by the thinning blades, one is by the use of a crank and the other employs single or double swashplates. The whole system can then either be driven by the carrying wheels of the thinner or from the power take-off shaft of a tractor. Experience has shown that where the power is obtained from a tractor take-off, it is very difficult, if not impossible, to obtain the required degree of thinning. When the driving power is obtained from the carrying wheels, a correct choice of blades secures the required degree of thinning. Full details are included of the combinations of blades necessary to obtain any desired degree of thinning between 15 % and 80 %. The article concludes with some remarks on the influence of the control mechanisms on the quality of the thinning-out process.

Dipl.-Landw. W. Richarz: «La technique du prédémariage mécanique des betteraves sucrières.»

L'auteur souligne d'abord la nécessité que les prédémariages doivent être pourvus d'un dispositif de réglage précis et bien échelonné. Il décrit ensuite la construction d'une prédémariageuse à outils à mouvement alternatif rectiligne afin d'exposer les caractéristiques nécessaires d'une telle machine. Deux possibilités techniques existent pour transformer le mouvement rotatif régulier en un mouvement alternatif rectiligne, à savoir la commande par manivelle et la commande par plateau oblique ou double plateau oblique. L'entraînement principal peut provenir soit de la prise de force, soit des roues porteuses de la machine. La pratique a montré que la commande par prise de force ne permet que difficilement ou pas du tout d'obtenir le degré d'éclaircissage désiré, tandis que la commande par les roues porteuses de la machine assure un éclaircissage prédéterminé en choisissant judicieusement le rapport pour les lames. L'auteur cite les rapports permettant d'obtenir par un seul ou deux passages un éclaircissage de 15 à 80 %. Il rappelle enfin l'influence de la précision de conduite sur la qualité de travail des prédémariageuses.

Agricultor dipl. W. Richarz: «La técnica de distanciar mecánicamente la remolacha azucarera.»

El autor empieza detallando las exigencias que deben ponerse al grado de ajuste fino y uniforme de los aparatos de distanciar. Pasa entonces a explicar las condiciones que debe reunir un distanciadador de péndulo. Existen dos posibilidades para transformar en los distanciadadores de péndulo, el movimiento uniforme rotativo de impulsión en el movimiento de vaivén de los escardadores, o sea el impulso por manivela y el impulso por disco oscilante o disco oscilante doble. La impulsión primitiva o puede efectuarse por las ruedas de propulsión, o bien por eje de toma de fuerza de un tractor. Se ha llegado a ver que el grado de distanciar deseado o no es posible conseguir o mucha dificultad, empleando la impulsión por toma de fuerza. En cambio sí es posible conseguirlo con impulsión por las ruedas propulsoras, eligiendo una combinación apropiada de cuchillas. Se explican en detalle las combinaciones de cuchillas para conseguir en una y en dos pasadas un efecto de espaciado entre el 15 y el 80 %. Para terminar, se describe la influencia de la exactitud de conducción en la calidad del trabajo.

Dipl.-Ing. W. Baader:

## Ein Beitrag zur Methodik der Messung des Zapfwelldrehmoments und der Zugkraft an Landmaschinen

Institut für Landmaschinenforschung, Braunschweig-Völkenrode

Bei der Untersuchung von Landmaschinen im praktischen Feldeinsatz stellt die Bestimmung des Leistungsbedarfes eine der Hauptaufgaben dar. Die dafür angewendeten Meßmethoden können je nach Art der Untersuchung verschieden sein. So wird beispielsweise bei Maschinenvergleichsprüfungen oft die sogenannte „Kennfeldmethode“ angewendet, bei der über einen bestimmten Zeitraum der Kraftstoffverbrauch des Antriebsschleppers gemessen wird. Über die Probleme und die Grenzen der Anwendung dieses Verfahrens hat Kiene ausführlich berichtet [1]. Für die Beurteilung der praktischen Einsatzmöglichkeiten einer Maschine liefert diese Methode in der Regel brauchbare Mittelwerte.

Soll jedoch der zeitliche Verlauf des Leistungsbedarfes festgestellt werden, wie es bei jeder technischen Maschinenuntersuchung notwendig ist, dann muß eine getrennte Registrierung der Zugkraft und der Fahrgeschwindigkeit sowie des Drehmoments und der Drehzahl der Zapfwelle vorgenommen werden. In vielen Fällen kann man sich auf Mittelwerte beschränken. Ein klares Bild über das Verhalten einer Maschine erhält man jedoch erst dann, wenn bei der Leistungsmessung auch Spitzenwerte, Schwingungserscheinungen und andere für die Maschine typische Reaktionen erfaßt werden.

Die sehr rauen Einsatzbedingungen bei der Untersuchung von Landmaschinen auf dem Felde erschweren die Entwicklung geeigneter Meßwertaufnehmer für die Zugkraft- und Drehmomentmessung erheblich. Die wichtigsten Forderungen an ein derartiges Gerät sind:

1. Robuste Ausführung gegen mechanische Beanspruchungen,
2. Unempfindlichkeit gegen Spritzwasser und Luftfeuchtigkeit,
3. Unempfindlichkeit gegen Staub,

4. Großer Meßbereich, da die Spitzenwerte ein Vielfaches der Mittelwerte erreichen können,
5. Einfache und schnelle Montage, ohne die Funktion der Anschlußglieder zu beeinträchtigen,
6. Kleine Abmessungen.

### Zugkraftmessung

Die mechanischen und hydraulischen Zugkraftmeßgeräte mit Registrierung der Meßwerte, wie sie z. B. durch die Ausführungen von Freise [2], oder Maihak und Amsler [3] bekannt sind, haben den Nachteil, daß sie die Kräfte in nur einer Richtung erfassen können. Die Kraftwirkungslinien am Anhängepunkt bilden jedoch ein räumliches System. Das bedeutet, daß diese Geräte in der Regel nur in Verbindung mit entsprechenden Abstützvorrichtungen eingesetzt werden können, insbesondere bei der Untersuchung von einachsigen, aufgesattelten Maschinen. In dieser Hinsicht bringt die Verwendung von Zugkraftaufnehmern, die mit Dehnungsmeßstreifen versehen sind, eine wesentliche Vereinfachung. Durch entsprechende konstruktive Maßnahmen lassen sich Geräte herstellen, die auch alle Führungskräfte aufnehmen, ohne die Messung der reinen Zugkraftkomponente zu beeinträchtigen [4, 5].

In vielen Fällen ist aber auch die Erfassung der am Anhängepunkt senkrecht wirkenden Kräfte von Interesse. Als Beispiel seien Untersuchungen über die Belastungsschwankungen in senkrechter Richtung an Schlepperrädern beim Ziehen einer Maschine, das dynamische Verhalten der Maschine bei der Fahrt auf dem Acker und die Reaktionskräfte an Rodewerkzeugen genannt.

Ein Meßwertaufnehmer für derartige Zwecke ist in Abbildung 1 dargestellt. Das Gerät kann an jeder starren Schlep-