

# Möglichkeiten zum mechanischen Vereinzeln von Zuckerrüben

Von Wolfgang Brinkmann, Bonn

Während man vor wenigen Jahren noch für das Vereinzeln von Normalsaatgutbeständen in mehreren mühseligen Arbeitsgängen etwa 225 AKh/ha benötigte, sind heute dank der Einzelkornsaat mit einem weitgehend einkeimigen Saatgut für das weniger anstrengende Vereinzeln mit der langen Hacke und der nachfolgenden Buschhacke nur noch etwa 100 AKh/ha notwendig [1]. Damit ist zwar der Arbeitszeitbedarf wesentlich geringer, aber bei dem heute herrschenden Mangel an Arbeitskräften stellen auch diese 100 AKh/ha noch einen ausgesprochenen arbeitswirtschaftlichen Engpaß im zuckerrübenanbauenden Betrieb dar. Das gilt nicht nur für den größeren Lohnarbeitsbetrieb, sondern auch für die in weitaus größerer Zahl vorhandenen bäuerlichen Betriebe, deren Reserven an familieneigenen Arbeitskräften erschöpft sind. Weitere Erleichterungen der Handarbeit und auch weitere Verringerung des Arbeitszeitbedarfes für die Pflegearbeiten sind also unbedingt notwendig.

**Tafel 1.** Arbeitszeitbedarf beim Vereinzeln, abhängig vom Knäuelabstand nach Hövel [2].

Knäuelabstand cm	rel. Arbeitszeitbedarf %
4	100
4,5	92
5	86
6	77
8	67

Möglichkeiten hierzu sind einmal in weiteren Knäuelabständen bei der Saat zu sehen, durch die, wie aus **Tafel 1** hervorgeht, der Arbeitsaufwand beim Vereinzeln noch weiter verringert wird. Diese Tafel ist auf Grund theoretischer Untersuchungen zusammengestellt [2]. Setzt man den Arbeitszeitbedarf zum Vereinzeln eines Bestandes, der mit 4 cm Knäuelabstand bestellt wurde — engere Knäuelabstände werden heute praktisch nicht mehr benutzt — gleich 100%, so verringert sich mit weiteren Knäuelabständen der Arbeitszeitbedarf bis auf 67% bei 8 cm Knäuelabstand. Voraussetzung für diese größeren Knäuelabstände sind sichere Feldaufgänge, die hochkeimfähiges Saatgut und hochqualifizierte Arbeit des Landwirts bei der Saatbettvorbereitung und bei der Aussaat voraussetzen. Eine gleichermaßen steigende Einkeimigkeit des Saatgutes ist in diesem Zusammenhang ebenfalls notwendig.

Je weiter sich unter diesen Voraussetzungen ohne Erhöhung des Risikos die Knäuelabstände vergrößern lassen, um so mehr nähert man sich dem so verlockenden Ziel eines vereinzlungslosen Zuckerrübenanbaues, der im In- und Ausland zur Zeit heftig diskutiert wird.

Aber nicht nur dieses Ziel erscheint — wenn auch noch in unbestimmter Zeit — erreichbar; mit gutem Saatgut und verbesserten Anbaumethoden läßt sich auch eine Vereinzlung mechanisieren und dadurch der Arbeitszeitbedarf ebenfalls bis auf einen minimalen Restbedarf herabdrücken.

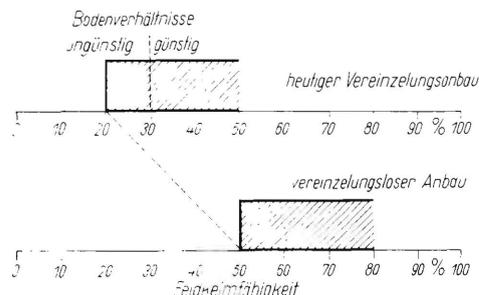
Für diese beiden Ziele, den vereinzlungslosen Zuckerrübenanbau und das mechanische Vereinzeln, sollen im folgenden die Voraussetzungen und technischen Möglichkeiten zur Durchführung, soweit sie heute übersehen werden können, aufgezeigt werden.

*Dr.-Ing. Wolfgang Brinkmann ist Oberassistent im Institut für Landtechnik (Direktor: Prof. Dr.-Ing. Dr. agr. h. c. C. H. Dencker) der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn.*

## Zuckerrübenanbau ohne Vereinzlung

Der vereinzlungslose Zuckerrübenanbau, bei dem jede Korrektur des Pflanzenbestandes, sei es durch Hand- oder Maschinenarbeit, vermieden werden soll, setzt in erster Linie hohe Anforderungen an die Keimeigenschaften des Saatgutes voraus. So sollte jedes gekeimte Rübenkorn — von Rübenknäulen kann man dann wohl nicht mehr sprechen — soweit irgend möglich, dann auch nur eine Pflanze bringen. Da die Pflanzen im Gegensatz zum heutigen Vereinzlungsanbau nicht mehr in ihrem Standraum korrigiert werden, muß der Abstand von Korn zu Korn bereits bei der Saat so groß sein, daß zwei Rüben, die aus unmittelbar benachbarten Rübenkörnern wachsen, einen ausreichenden Platz für ihre „Leibesfülle“ haben. Als engste Knäuelabstände dürften hierfür etwa 12 bis 15 cm angesehen werden [3, 4]. Um bei diesen weiten Kornabständen eine ausreichende Pflanzenzahl zu erhalten, müssen höhere Anforderungen an die Feldkeimfähigkeit des Saatgutes gestellt werden als bisher.

Die Erfahrungen mit den bisherigen Saatgutqualitäten und Anbaumethoden haben immer wieder gezeigt, daß man bei ungünstiger Witterung, auf die sich der Landwirt einstellen muß, und auf günstigen Böden nur eine Feldkeimfähigkeit von 30%, auf ungünstigen Böden nur von knapp 20% erhält, wenn man von Katastrophen absieht, **Bild 1** (oben). Heute wählt der Landwirt demzufolge, je nach dem Risiko, das er zu übernehmen gewillt ist, Kornabstände zwischen 4 und 5 cm, im Grenzfall bis zu 6 cm. Hierbei werden sich unter den geschilderten Verhältnissen zwischen 8 bis 10 Pflanzen/m zeigen, die zu einer nachfolgenden Vereinzlung zwingen, die andererseits aber für eine Vereinzlung auch notwendig sind [5].



**Bild 1.** Unterste Grenze der Feldkeimfähigkeit beim vereinzlungslosen Anbau.

Für einen vereinzlungslosen Zuckerrübenanbau werden nach dem Auflaufen bei 50 cm Reihenabstand nicht 10 Pflanzen/m, sondern nur etwa 4 Pflanzen/m gewünscht, die dann als Endpflanzendichte zu werten sind. Der Durchschnittsabstand von Pflanze zu Pflanze beträgt dabei etwa 25 cm. Bei einem Kornabstand von beispielsweise 12,5 cm müßte dann jedes zweite Korn eine Pflanze bringen, um die geforderte Bestandsdichte von durchschnittlich 4 Pflanzen/m zu sichern. Das entspricht einer Feldkeimfähigkeit von 50%. Um auch bei ungünstigen Verhältnissen diese Endpflanzenzahl von 4 Pflanzen/m sicher zu erhalten, muß also die unterste Grenze der Feldkeimfähigkeit von bisher 20% bis 30% auf mindestens 50% angehoben werden, **Bild 1** (unten).

Damit wäre wohl eine ausreichende Mindestpflanzenzahl bei ungünstigen Witterungsverhältnissen gesichert. Aber auch zu viele Pflanzen — bei optimaler Witterung — müssen vermieden werden. So würden beispielsweise bei 12,5 cm Kornabstand durch eine Feldkeimfähigkeit von 70% 112000 Pflanzen/ha erwachsen,

bei 80% etwa 128000 Pflanzen/ha. Welche obere Grenze der Pflanzenzahl/ha im Hinblick auf eine mögliche Ertragsminderung einzusetzen ist, bedarf noch eingehender Untersuchungen, die vor allem im Institut für Zuckerrübenforschung in Göttingen durchgeführt werden. In diesem Zusammenhang soll lediglich auf den „Zweifrontenkrieg“, mal zu wenig, mal zu viel Rüben zu erhalten, hingewiesen werden.

Von seiten der Züchter wird laufend an einer grundlegenden Verbesserung des Saatgutes gearbeitet. Es wird jedoch noch einiger Jahre bedürfen, bis neuartige und verbesserte Saatgutformen zur allgemeinen Verwendung bereitstehen; doch das allein genügt nicht. Der Landwirt muß durch verbesserte Vorbereitungs- und Saateinbringungsmethoden die günstigsten Voraussetzungen für das Keimen schaffen. Einstweilen klafft noch nach Untersuchungen von *Neeb* [4] eine weite Spanne zwischen der Feldkeimfähigkeit von und desselben Saatgutes, das einmal in ein von Hand vorbereitetes Saatbett von Hand eingelegt wurde, und das im anderen Falle durch Einzelkornsäugeräte in ein mit Maschineneinsatz vorbereitetes Saatbett ausgesät wurde. Wie aus Veröffentlichungen von *Evers* [6, 7] hervorgeht, bemüht man sich, diese Lücke durch neuartige Bodenvorbereitungs- und Saateinbringungsmethoden zu schließen. Bevor aber die günstigsten Voraussetzungen für ein sicheres und gleichzeitiges Keimen nicht gegeben sind, kann nicht eindringlich genug davor gewarnt werden, unter den heutigen Verhältnissen mit der Aussaat auf Endabstand zu beginnen, zudem bei dieser Anbaumethode das Rübenfeld dem Witterungsablauf und einem Schädlingsbefall viel stärker als bisher ausgeliefert ist, da keine Pflanzenreserven mehr vorhanden sind. Beim Vereinzeln dagegen behält der Landwirt bis zum Zeitpunkt des Vereinzeln die Möglichkeit, den Standraum der Pflanzen weitgehend zu korrigieren. Damit sind wohl die Hauptprobleme für den vereinzlungslosen Zuckerrübenanbau kurz umrissen.

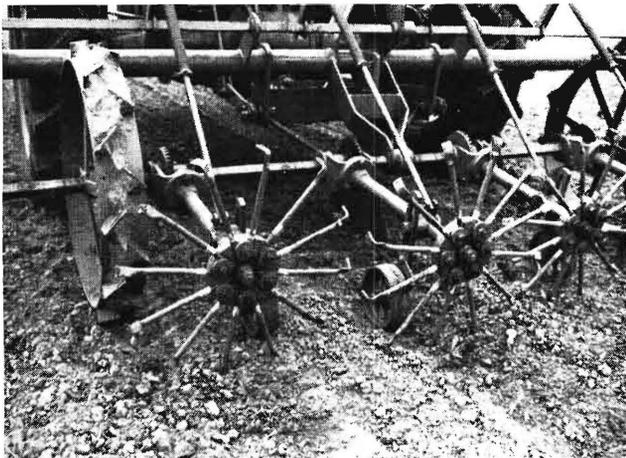


Bild 2. Ausdünnern mit rotierenden Messerwerkzeugen.

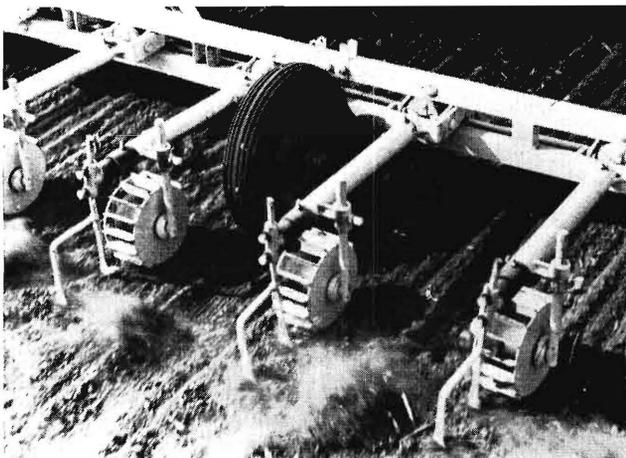


Bild 3. Ausdünnern mit pendelnden Messerwerkzeugen.

## Das vollmechanische Vereinzeln der Rüben

Im Verlaufe der Bemühungen, die Vereinzlungsarbeiten zu mechanisieren, waren, aus Amerika kommend, zunächst die mechanischen Ausdünnern entstanden. Diese Geräte arbeiten in bekannter Weise längs der Rübenreihe mit rotierenden oder mit pendelnden Messerwerkzeugen, **Bild 2 und 3**. Bei einem einmaligen Durchgang der Geräte ist es nach amerikanischen Empfehlungen üblich, Blocks und Hackstellen jeweils gleicher Länge herzustellen, die je 4 bis 5 cm lang sind. 50% der Rübenreihe wird dabei herausgehackt. Es wird dabei unterstellt, daß gleichzeitig auch der Pflanzenbestand auf die Hälfte des ursprünglichen Wertes dezimiert wird. Somit ist der sogenannte Ausdünnereffekt mathematisch gleichgesetzt dem Verhältnis von Hackstellenlänge zum Blockabstand [8], **Bild 4**. Nach dieser Arbeit ist allenfalls eine Erleichterung der nachträglich noch notwendigen Vereinzlungsarbeit zu erwarten, die relativ um so geringer wird, je dünner der Ausgangsbestand war.

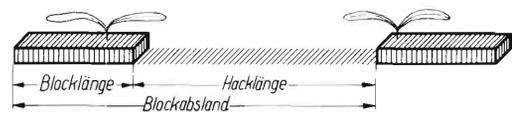


Bild 4. Begriffsbestimmungen.

Mit einem zweiten Durchgang soll dann so viel herausgehackt werden, daß der Endbestand erreicht wird. Dabei werden die vom ersten Durchgang her vorhandenen Blocklängen weiter verkürzt. Diese zweimalige Arbeitsweise hat sich in der Praxis nicht behaupten können, da die Zahl der verbleibenden Pflanzen um so unsicherer wird, je kleiner die Blocks sind. Vor allem ist erst nach ein paar Tagen zu erkennen, wieviele Rüben auf dem „Schlachtfeld“ am Leben geblieben sind. Mal sind es zu viele, die zu einer Nachvereinzlung zwingen oder aber es sind zu wenig Rüben, die einen Minderertrag verursachen. Diese Arbeitsweise ist für eine vollmechanische Vereinzlung nicht befriedigend. Der Ausdünnern hat sich daher bei uns, übrigens auch in den USA selbst, nicht durchgesetzt und wird nur noch in einem bescheidenen Umfang, gewissermaßen als Nothilfe, eingesetzt.

Aus den Erfahrungen mit diesen Ausdünnern lassen sich jedoch folgende Grundanforderungen, die ganz allgemein an ein vollmechanisches Vereinzeln gestellt werden müssen, ableiten:

Ein vollmechanisches Vereinzeln kann nur dann zu einem vollen Erfolg führen, wenn nur ein einziger gezielter Arbeitsgang notwendig ist. Dabei muß die Maschine den Beständen mit allen praktisch vorkommenden Pflanzendichten so angepaßt werden können, daß nach nur einmaligem Durchgang die gewünschte Zahl von Pflanzenstellen — etwa 70000 bis 80000 je ha — übrig bleibt. Außerdem müssen in der bearbeiteten Reihe die toten von den lebend stehengebliebenen Pflanzen so deutlich getrennt sein, daß das Arbeitsergebnis sofort und sicher kontrolliert und gegebenenfalls die Einstellung an der Maschine korrigiert werden kann.

Seit einigen Jahren sind zwei grundverschiedene vollmechanische Vereinzlungsverfahren, die diese Forderungen erfüllen sollen, in der Entwicklung und Erprobung. Bei einem dieser Verfahren werden die Pflanzen gewissermaßen mit mechanischen oder elektrischen „Augen“ gesehen und die Messerwerkzeuge entsprechend automatisch gesteuert. Man kann also von einem „gesteuerten mechanischen Vereinzeln“ sprechen. Im anderen Falle wird vom Landwirt der Pflanzenbestand durch eine Probezählung erfaßt, und die entsprechend eingestellte Maschine fährt dann „blind“ durch die Rübenreihe. Letzteres Verfahren ist das „blindmechanische Vereinzeln“.

## Die blind-mechanischen Vereinzlungsverfahren

Beim blind arbeitenden Vereinzlungsverfahren erreicht man den Pflanzenendbestand dadurch, daß in der Rübenreihe Blocks (Schonstellen) bestimmter Anzahl und bestimmter Länge hergestellt werden. Wie Bild 4 zeigt, ist mit Blocklänge die Ausdehnung einer Schonstelle in Richtung der Rübenreihe, mit

Hacklänge die behackte Stelle zwischen zwei Blocks gekennzeichnet. Block- und Hacklänge zusammen bilden den Blockabstand. Dieser wiederum bestimmt zusammen mit der Gesamtlänge der Rübenreihen je ha die Zahl der Blocks je ha.

Umfangreiche statistische Untersuchungen bestätigen die in der Praxis gewonnenen Erfahrungen, daß vor dem Vereinzeln, sei es von Hand [5] oder durch eine Maschine [9], mindestens 8 bis 10 Pflanzen/m vorhanden sein sollten. Das entspricht dem Mindestaufgang bei ungünstiger Witterung. Bei günstigerem Witterungsablauf wird man mit der doppelten Anzahl von Pflanzen rechnen können. Bei den heutigen Saatguteigenschaften liegt also die Dichte des vor dem Vereinzeln vorhandenen Pflanzenbestandes, je nach Knäuelabstand und Feldkeimfähigkeit, zwischen 8 bis 10 und 20 Pflanzen/m.

Je nachdem, ob man einen dünnen oder einen dichten Ausgangsbestand vorfindet — mal mehr zu 8 bis 10 oder mehr zu 20 Pflanzen/m —, muß man beim blind-mechanischen Vereinzeln insgesamt mal eine größere, mal eine kleinere Blocklängensumme stehen lassen. Dies kann man dadurch erreichen, daß man

1. bei gleichbleibender Blocklänge den Blockabstand und damit die Blockzahl verändert,
2. bei gleichbleibendem Blockabstand oder gleichbleibender Blockzahl die Blocklänge verändert und
3. gleichzeitig Blockabstand (Blockzahl) und die Blocklänge verändert.

Die letzte Möglichkeit, das gleichzeitige Verändern der Blocklängen und des Blockabstandes, ist konstruktiv mit einigem Aufwand verbunden. Vor allem aber sollte für den Landwirt die Anwendung eines Vereinzlungsverfahrens so sinnfällig und einfach wie möglich sein. Daher wird man sich für eine der zwei erstgenannten Möglichkeiten entscheiden müssen. Auf Grund umfangreicher theoretischer Untersuchungen und auch praktischer Versuche [9, 10] wurde vorgeschlagen, zur Vereinfachung der Maschinenkonstruktion einstweilen den Blockabstand bei 15 oder 18 cm konstant zu lassen und dabei die Anpassung an die verschiedenen Ausgangsbestände ausschließlich durch Veränderung der Blocklänge zwischen etwa 4 und 7 cm zu ermöglichen.

Man ist auch bereits in der Lage, Empfehlungen für die Wahl der Blocklänge zu geben, die in Form einer Zahlentafel an jeder Maschine angebracht sein sollte. An ihr kann der Landwirt die für seinen Ausgangsbestand und seine Reihenweite notwendige Einstellung ersehen und danach verfahren, **Tafel 2**.

Diese dem Ausgangsbestand angepaßten Blocks kann man in der Rübenreihe mit einfachen blind-arbeitenden Geräten herstellen, die entsprechend ihrer Fahrtrichtung während der Arbeit in zwei Gruppen unterteilt werden können:

1. Arbeitsfahrtrichtung längs der Rübenreihe,
2. Arbeitsfahrtrichtung quer zu der Rübenreihe.

Da die Messerwerkzeuge wohl in jedem Fall quer oder vielleicht auch schräg zu den Reihen bewegt werden müssen, besitzt die Gruppe 1 angetriebene Messerwerkzeuge, während bei der Gruppe 2 an der Maschine feststehende Messer möglich sind.

### Das blind-mechanische Vereinzeln quer zur Rübenreihe

Die letztere Möglichkeit schließt an den Gedanken des Querhackens durch einfaches Querfahren einer entsprechend ausgerüsteten Hackmaschine mit feststehenden Messern an. Es besteht jedoch ein entscheidender Unterschied:

Beim Querhacken ist die Zahl der hergestellten Blocks gleich der gewünschten Endpflanzenzahl. Es darf hierbei also, um Fehlstellen zu vermeiden, keine unbesetzten Blocks geben. Infolgedessen wählt man Blocklängen zwischen 7 und 10 cm (30% des Sollabstandes). Gleichzeitig benutzte man ebenfalls zur Vermeidung von Fehlstellen hohe Saatmengen. Ein Nachvereinzeln von Hand war die selbstverständliche Folgemaßnahme.

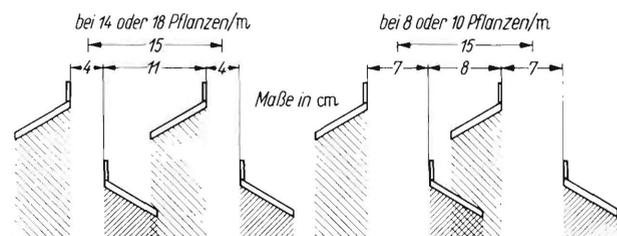
Dem heutigen blind-mechanischen Vereinzeln liegt eine andere Konzeption zugrunde, die bereits mit dem amerikanischen

**Tafel 2.** Empfehlungen zur Wahl der Blocklängen.

Ausgangs- pflanzenbestand Pflanzen/m	Blocklänge in cm		
	50 cm	Reihenabstand 45 cm	42 cm
8	—	—	7,0
10	7,0	7,0	6,0
12	6,0	5,0	5,0
14	5,0	4,5	4,0
16	5,0	4,0	(3,5)
18	4,0	(3,5)	(3,0)
20	4,0	(3,0)	—

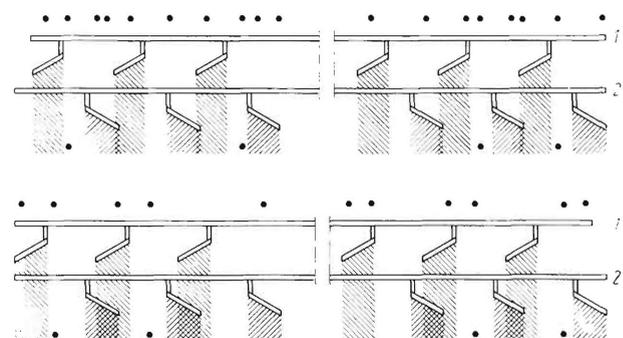
Ausdünnner zu verwirklichen versucht wurde. Man nimmt eine gewisse Zahl unbesetzter Blocks in Kauf, wobei man zum Ausgleich die Zahl der Blocks entsprechend erhöht. Da die besetzten und unbesetzten Blocks nicht gleichmäßig verteilt sind, mußte man sich entschließen, eine gewisse Unregelmäßigkeit des Endbestandes in Kauf zu nehmen. Es ist längst erwiesen, daß dies auf den Ertrag keinen größeren Einfluß hat, solange die Unregelmäßigkeiten in bestimmten Grenzen bleiben [11]. Das gilt in gleichem Maße auch für den vereinzlungslosen Anbau.

Will man durch eine quer zu den Reihen fahrende Maschine blind-mechanisch vereinzeln, so muß an einer Quervereinzlungsmaschine in Abständen von 15 oder 18 cm jeweils ein Messerpaar angebracht sein. In **Bild 5** ist dies als Beispiel mit Winkelmesserpaaren erläutert. Zwischen den Messern je eines zusammengehörigen Messerpaares bleibt die nicht behackte (nicht schraffierte Zone) stehen. Beim Querhacken einer Rübenreihe wird hier die Schonstelle oder der Block gebildet. Der Abstand von Messer zu Messer bestimmt also die Blocklänge.



**Bild 5.** Anordnung der Messer für quer fahrende Maschinen.

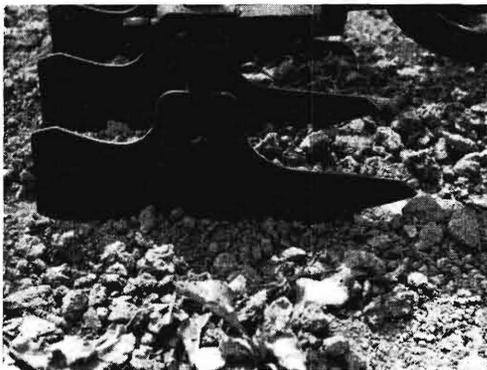
Durch einfache Veränderung des Messerabstandes innerhalb jedes Messerpaares kann bei konstantem Blockabstand die gewünschte Blocklänge eingestellt werden. Damit das für alle Messerpaare gleichzeitig und leicht geschehen kann, ist es angebracht, die Messerwerkzeuge bzw. die Parallelogramme oder Hackhebel nicht wie bisher an der Hackmaschine an nur einem Werkzeugbalken zu befestigen, sondern zwei gegeneinander verschiebbare Werkzeugbalken vorzusehen. Wird jetzt jeweils z. B. das linke Messer eines jeden Messerpaares am Balken 1 und jeweils das rechte Messer am Balken 2 befestigt (**Bild 6**) und der Balken 1 gegenüber dem Balken 2 bewegt, so lassen sich in einfachster Weise mit einem einzigen Handgriff gleichzeitig alle Messerpaare zu den gewünschten Messerabständen einstellen, die der notwendigen Blocklänge entsprechen.



**Bild 6.** Verstellung der Messer beim Prinzip-Bild einer Quervereinzlungsmaschine.

Die Messerklingen müssen so breit sein, daß auch bei der kürzesten Blocklänge (Bild 5 oben) die nebeneinanderlaufenden Messer sich in der Hackstelle eben noch überlappen. Mit größer werdender Blocklänge wird diese Überlappungszone ebenfalls größer (Bild 5 unten). Durch die Aufteilung in zwei hintereinanderliegende Werkzeugschienen ist eine Anbringung der notwendigen Vielzahl von Messern und Hohlschutzscheiben in relativ engen Abständen leichter möglich als an einem Aufhängebalken.

Die Messerklingen sollten derart gestaltet sein, daß sie aus der Rübenreihe die Hackstelle ausräumen ohne den stehengebliebenen Block zu quetschen oder auch nur „in seinen Grundfesten“ zu erschüttern. Dadurch soll ein Wachstumsschock der Rübenpflänzchen vermieden werden und u. U. ein Wachstumsvorsprung gegenüber einer Vereinzlung mit der langen Hacke erreicht werden. Dieses sorgfältige Herstellen der Blocks kann beim Quervereinzeln mit Gänsefußmessern und Hohlschutzscheiben erreicht werden. Die Hohlschutzscheiben lassen sich dort, wo die Maschine nur in der Ebene arbeitet und keine Kurven zu fahren hat, ersetzen durch Winkelmesser mit schiffsbugartig vorgezogener Spitze, die mit ziehendem Schnitt durch die Reihen fahren. Diese Messerform wird in England und auch in Frankreich als Längshacke benutzt, **Bild 7**. Für das Quervereinzeln sind jedoch noch Änderungen der Form notwendig.



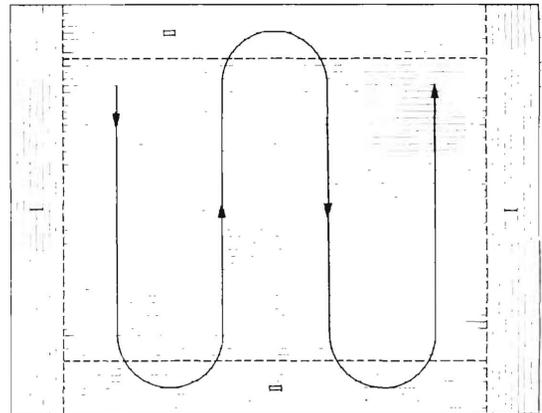
**Bild 7.** Englische Hackmesser.

Es ist in jedem Fall darauf zu achten, daß die Blockkanten frei geschnitten und nicht durch die Wölbung der Scheiben oder durch eine Schrägstellung der Winkelmesser gedrückt oder mitgenommen werden und dadurch die jungen Rübenpflänzchen Schaden leiden.

Das sichere Wegräumen der Pflanzenreste aus der Hackstelle ist in allen Fällen notwendig. Von den flach laufenden Messern werden die Pflanzen nur geschnitten, aber nicht mitgenommen. Sie bleiben also in der Reihe, so daß ein Unterscheiden zwischen lebenden und toten Pflanzen nicht ohne weiteres möglich ist. Man könnte zur Abhilfe daran denken, hinter den Hackmessern kleine Stahlfederbesen in bekannter Weise anzubringen, die die Pflanzenreste aus der Hackstelle verschleppen.

Die Tiefenbegrenzungsrollen oder -gleitkufen jedes Messers können, wie an der normalen Hackmaschine, unmittelbar vor den Messern laufen, da die von ihnen niedergewalzten Pflanzen ohnehin weggehackt werden. Diese Anordnung kann beim Querfahren dann zu Schwierigkeiten führen, wenn sich in längsgehackten Beständen das Niveau der stehengebliebenen Rübenreihe, die sogenannte Rübenbank, in der Höhe deutlich von dem Niveau des längsgehackten Streifens zwischen den Reihen unterscheidet. In diesen Fällen wird durch die vorlaufende Tiefenbegrenzungsrolle oder -kufe die Schnitttiefe der Messer während des Durchgangs durch die Rübenreihe auf ein falsches Niveau eingestellt. Ein vorhergehendes Walzen ist in diesen Fällen, wenn Rübenpflanzen und Bodenverhältnisse es zulassen, angebracht.

Bei dem Quervereinzelnungsverfahren mit entsprechend ausgerüsteten Hackmaschinen gelingt es mit durchaus einfachen Mitteln, maßhaltige Blocks herzustellen. Dieses Verfahren läßt sich jedoch nicht überall sinnvoll einsetzen. Als Nachteil ist zu nennen, daß jegliche Art des Querfahrens in Rübenbeständen zweier zusätzlicher Vorgewende bedarf, es sei denn, man nähme bei



**Bild 8.** Schema der Vorgewende beim Quervereinzelnungsverfahren.

I übliche Vorgewende; II zusätzliche Vorgewende

jedem Wenden Pflanzenbeschädigungen in Kauf. Darüber hinaus lassen sich die zwei ursprünglichen Vorgewendestreifen, ohne in den Hauptrübenbestand hineinzufahren, nicht mit einer quer fahrenden Vereinzlungsmaschine bearbeiten, **Bild 8**. Damit ist das Quervereinzelnungsverfahren im Grund nur dort zu empfehlen, wo die Vorgewendeflächen im Verhältnis zu der Gesamtfläche klein sind, im allgemeinen also auf größeren Flächen bzw. bei Flächen mit angrenzenden Straßen oder Wegen.

### Das blind-mechanische Vereinzeln längs der Rübenreihe

Bei allen längs der Reihe arbeitenden blind-mechanischen Vereinzlungsmaschinen müssen zum Herstellen von Blocks bestimmter Länge und in bestimmten Abständen die Messerwerkzeuge quer oder auch schräg so durch die Reihen geführt werden, daß die für das blind-mechanische Vereinzeln gestellten Forderungen — Maßhaltigkeit, genaue Anzahl der Blocks und Ausräumen der Pflanzenreste aus den Hackstellen — erfüllt werden.

Es bieten sich verschiedene technische Möglichkeiten an, diese Forderungen längs der Rübenreihe fahrend zu verwirklichen. Dabei kann man unterscheiden nach der Art des Antriebes:

1. durch zwangsläufig bewegte Messer
  - a) rotierende Messer,
  - b) pendelnde Messer (wie bei den Ausdünnern),
2. durch Eigenverzahnung mit dem Boden eines schräg zur Reihe laufenden Messersternes und
3. durch Kombination von Eigenverzahnung und zwangsläufigem Antrieb.

### Angetriebene, rotierende Messer

Das Herstellen gleichmäßig langer Blocks in bestimmten Abständen läßt sich mit Messerwerkzeugen durchführen, die um eine horizontale Welle rotieren und quer zur Fahrtrichtung durch die Reihen hindurchschlagen, **Bild 9**. Dabei ist es zweckmäßig, für die vordere und hintere Flanke eines Blockes je ein eigenes Messer, also ein Messerpaar je Block zu verwenden. Durch Veränderung der Messerabstände innerhalb jedes Messerpaares kann die notwendige Blocklänge eingestellt werden. Diese Messer können, als Winkelmesser geformt, gleichzeitig auch die Hackstelle bearbeiten. Dabei ist der flach durch den Boden laufende Messerteil so lang zu machen, daß auch bei der kürzesten Blocklänge die zeitlich nacheinander arbeitenden Messer sich in der Hackstelle eben noch überlappen. Mit größer werdender Blocklänge wird die Überlappungszone dann, in gleicher Weise wie bei dem Quervereinzelnungsverfahren, ebenfalls größer.

Die Anzahl der rotierenden Messerpaare je Reihe ist abhängig von der Anzahl der Blocks, die je lfd. m Rübenreihe gewünscht wird (für 15 cm Blockabstand sind dies im Durchschnitt 6,7 je m und für 18 cm im Durchschnitt 5,6 je m) und von der Umfangsgeschwindigkeit der Messer. Für die versuchsmäßige Erprobung des blind-mechanischen Vereinzeln wurde eine Versuchs-

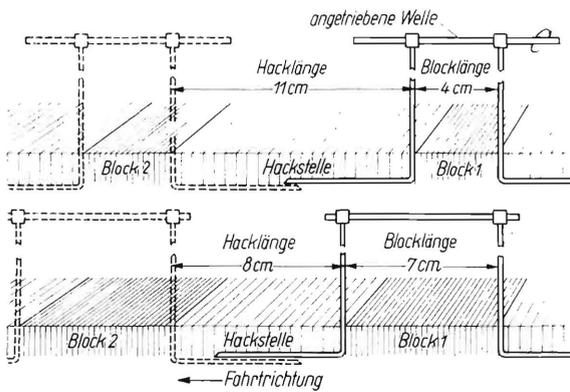


Bild 9. Arbeitsschema für rotierende Winkelmesserpaare.

maschine gebaut, mit der sich die Richtigkeit der statistisch und mathematisch abgeleiteten Grundforderungen nachweisen ließ. Die Maschine arbeitet mit einer Messergeschwindigkeit von 4,7 m/s und besitzt für einen Blockabstand von 15 cm zwei Messerpaare, Bild 10 und 11. Jeweils das in Fahrtrichtung vordere Winkelmesser ist auf einer Platte, das jeweils hintere Messer auf einer zweiten Platte untergebracht. Beide Platten werden von ein und derselben Welle bewegt. Durch Verschieben dieser Platten gegeneinander läßt sich der gewünschte Messerabstand und damit die notwendige Blocklänge leicht einstellen (in diesem Fall sogar mit Teleflexzug vom Schleppersitz aus). Selbstverständlich sind auch andere Ausführungen denkbar.

Sternräder mit einem einfachen Messersterne, wie sie von den Ausdünnern her bekannt sind, lassen sich ebenfalls für das Vereinzelnshacken verwenden. Dabei würde vom ersten Messer die vordere, vom zweiten Messer die hintere Flanke des Blockes geschnitten. Doch ist hierbei eine Verstellung der Blocklänge schwieriger durchzuführen.

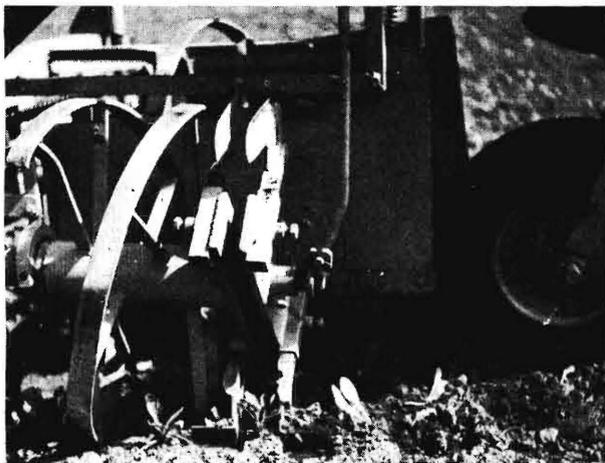


Bild 10 und 11. Versuchsmaschine.

Besonderes Augenmerk ist auch bei den querrotierenden Vereinzlungsgeräten auf die Tiefenführung der Messer zu legen. Eine Stützrolle, die wie an den Hackmaschinen in Fahrtrichtung mittig vor den Schneidorganen läuft, würde im vorliegenden Fall auf der Rübenreihe entlang laufen und die Pflanzen beschädigen. Setzt man aber die Stützrolle neben die Pflanzenreihen, so besteht die Gefahr, daß man falsche Tiefenwerte abtastet. Dieser Fehler läßt sich vermutlich verringern, wenn zwei Stützrollen oder eine Abtastgabel auf beiden Seiten der Rübenreihe tastet.

An der Versuchsmaschine, bei der die größtmögliche Exaktheit der Arbeit angestrebt wurde, ist eine neue Möglichkeit vorgesehen. Hierbei tastet ein Schleifbügel wenige cm vor den Messern quer durch die Rübenreihe hindurch. Das ist aber nur dann möglich, wenn der Tastbügel in Fahrtrichtung keine Bewegung aufweist. Er muß daher im gleichen Tempo nach rückwärts geführt werden, wie die Maschine sich nach vorwärts bewegt. Diese schwierige Bedingung erfüllt die Gleitkufe, die mit den Messern rotiert und schraubenförmig ausgebildet ist, Bild 11. Die Ganghöhe der Schraube ist gleich dem Blockabstand. Diese Tastschraube läuft jeweils quer in die nächstfolgende zukünftige Hackstelle ein und tastet dort so lange, bis das Winkelmesser diese Hackstelle bearbeitet.

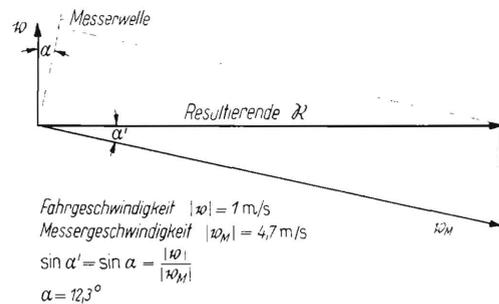


Bild 12. Vektordiagramm der Messerbewegung der Versuchsmaschine.

Bei allen diesen rotierenden Messern sollte man darauf achten, daß im Augenblick des Durchganges der Messer durch die Rübenreihe die Geschwindigkeitskomponente der Messer in Fahrtrichtung gleich Null ist. Dadurch wird ein Druck der Messer auf die Blockflanke in Fahrtrichtung vermieden, und der Block mit den Pflanzen kommt nicht in die Gefahr, in Fahrtrichtung verschoben zu werden. Erreichen läßt sich dies dadurch, daß die Messer während des Schneidens im Boden sich genausoviel rückwärts bewegen, wie die Maschine sich während dieser Zeit vorwärts bewegt, nur dann ist die aus Messer- und Fahrgeschwindigkeit zusammengesetzte Resultierende genau rechtwinklig zu den Rübenreihen, Bild 12. Die Messerwinkel selbst sind dann rechtwinklig zu der Rübenreihe einzustellen. Kleinere und unvermeidbare Unregelmäßigkeiten des Antriebes werden durch zusätzliche Schrägstellung der Messerklingen (Freischneiden der Blockflanken) unwirksam.

### Angetriebene, pendelnde Messer

Außer durch rotierende Messerwerkzeuge ist ein blindmechanisches Vereinzeln auch mit schwingenden oder pendelnden Messern möglich. So kann man beispielsweise je Reihe ein Messerpaar um eine vertikale oder auch um eine horizontale Welle pendelnd durch die Reihe führen. Diese Ausführungen sind bei den Ausdünnern gegenüber den rotierend arbeitenden Geräten durch Fortfall der großen Messersterne leichter und in der Regel auch billiger. Neu sind hier die anderen Block- und Hackstellenlängen.

In ähnlicher Anordnung wie bei den rotierenden Messerwerkzeugen empfiehlt es sich auch bei den pendelnd arbeitenden Maschinen, Messerpaare zu verwenden, die gleichzeitig die vordere und die hintere Blockflanke sowie die entsprechenden Teile der Hackstellen beim Durchgang durch die Rübenreihe bearbeiten, Bild 9. Auch hier wiederum ist der eingestellte Messerabstand maßgebend für die Blocklänge und die Klingenslänge für das Bearbeiten der Hackstelle bei allen Blocklängen. Bei der gleich-

mäßig hin- und hergehenden Bewegung der Messer besitzen diese aber im Augenblick des Durchganges durch die Rübenreihe immer eine bestimmte Geschwindigkeitskomponente in Fahrtrichtung. Bei der hin- und hergehenden Messerbewegung ändert der Vektor der Messergeschwindigkeit nach jedem Durchgang seine Richtung. Infolgedessen ist die in Bild 12 für rotierende Geräte gezeigte Möglichkeit zur Vermeidung der störenden Geschwindigkeitskomponente in Fahrtrichtung nur durch eine einfache Schrägstellung der Anordnung hier nicht möglich. Bei den pendelnden Werkzeugen müßte entsprechend der wechselnden Richtung der Messerbewegung auch der Winkel der Schrägstellung mit geändert werden. Dieses ist jedoch mit einfachen Mitteln kaum durchführbar.

Um trotzdem den Druck der Messer auf die Blockflanken zu verringern und um ein Verschieben oder Losreißen der Blocks in Fahrtrichtung weitgehend zu vermeiden, ist es zweckmäßig, den Pendelschlag möglichst schnell auszuführen. Eine Frequenzerhöhung der Pendelschwingung ist jedoch nicht möglich, da diese durch die Anzahl der Blocks je m und durch die Fahrgeschwindigkeit bestimmt wird. Frequenz und Fahrgeschwindigkeit stehen in einem festen Verhältnis zueinander, so daß bei höherer Frequenz durch eine höhere Fahrgeschwindigkeit der Vorschub des Messers in Fahrtrichtung während des Schneidens nicht geringer wird. Um bei gleichbleibender Frequenz und Fahrgeschwindigkeit die Messergeschwindigkeit trotzdem zu erhöhen, muß die Bewegungsfunktion der Messer im Boden geändert werden.



Bild 13. Arbeitsbild des Pendelausdünners.

Allgemein bekannt ist das sinusförmige Arbeitsbild der Pendelausdünners mit einem Pendelmesser, Bild 13. In Bild 14 ist für den Fall des mechanischen Vereinzeln mit einem Doppelpendelmesser dieses sinusförmige Arbeitsbild dargestellt. Zur Erhöhung der Messergeschwindigkeit müßte man versuchen, die relativ schräg liegenden Bahnen der Messer (Bild 14 oben) beim

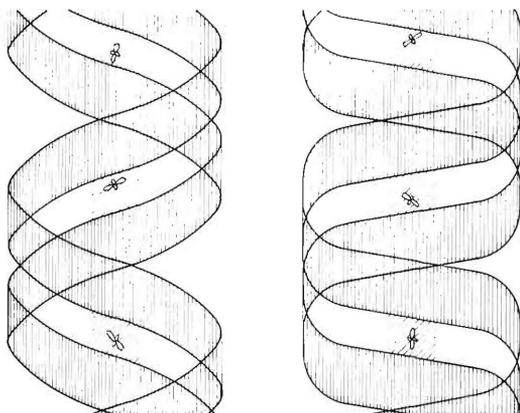


Bild 14. Sinusförmiges und steilflankiges Arbeitsbild.

Durchgang durch die Rübenreihenmitte (Nulllinie) steiler zu legen. Man erhielte dann als Arbeitsbild eine Funktion mit steileren Flanken, wie sie in Bild 14 (unten) als Beispiel dargestellt ist. Extrem rechtwinklige Durchgänge sind praktisch nicht zu erhalten, da eine Grenze durch die Massenkkräfte gegeben ist, die bei dieser Anordnung schnell hohe Werte erreichen. Doch je genauer die Messer beim Hin- und Hergang rechtwinklig durch die Rübenreihe laufen, um so eher wird man annähernd unbeschädigte Blocks erhalten.

Dieser Gedanke ist bereits in einem österreichischen Gerät verwirklicht, das zur Erzeugung der Pendel- bzw. der sogenannten Schwingbewegung statt eines Kurbeltriebes eine Kulissenführung benutzt und dadurch ein steilflankiges Arbeitsbild erhält [12].

### Wegabhängiger Antrieb der Messerwerkzeuge

Die Forderung nach konstanten Blockabständen und gleichmäßigen Blocklängen setzt bei den Geräten mit zwangsläufig getriebenen Messerwerkzeugen einen wegabhängigen Antrieb voraus. Grundsätzlich in Betracht kommen hierfür:

1. ein Bodenantrieb durch die Stützräder eines jeden Gerätes,
2. ein zentraler Bodenantrieb einer mehrreihigen Maschine auf eigener Achse mit Rädern,
3. ein zentraler Antrieb durch die Zapfwelle,
4. ein zentraler Antrieb von den Schlepperrädern.

Zu 1: Beim Antrieb durch die Stützräder eines Einzelaggregates ist das erforderliche Drehmoment für das Bewegen der rotierenden oder pendelnden Hackwerkzeuge stark abhängig von der Art und dem Zustand des Bodens. Leichter oder schwerer Boden, trockener oder feuchter Zustand oder auch Krusten unterschiedlicher Dicke verursachen unterschiedlichen Leistungsbedarf für die Hackarbeit. Andererseits beeinflusst die Art und der Zustand des Bodens aber auch den Bremskraftbeiwert der Räder. Als Folge davon ist der Schlupf dieser Räder mal stärker, mal schwächer. Immer wird man je nach den Bodenverhältnissen mit verschiedenem Schlupf rechnen müssen, zu dessen Ausgleich zwei oder drei Übersetzungsstufen im Antrieb vorzusehen sind.

Zu 2: Bei einem zentral angetriebenen mehrreihigen Gerät mit eigener Fahrachse kann der Antrieb von den zwei Stützrädern her genommen werden. Damit die Räder einen ausreichenden Antrieb übernehmen können, müssen sie entsprechend groß, breit und auch belastet sein. Günstig wirkt es sich aus, wenn die

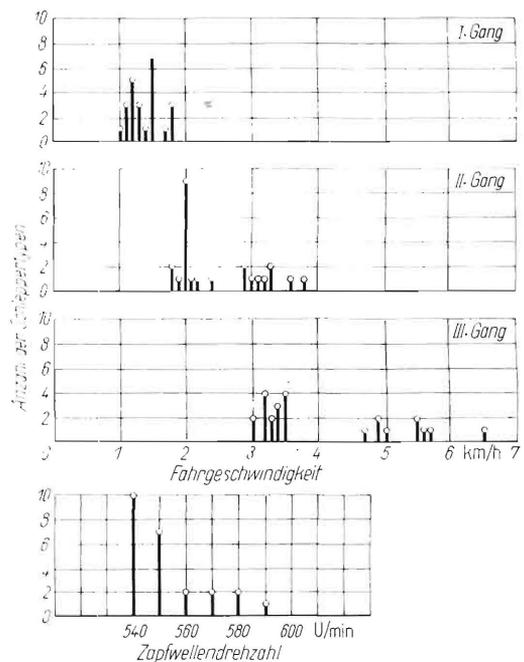


Bild 15. Geschwindigkeitsabstufungen in den drei untersten Gängen und Zapfwelldrehzahlen der auf dem deutschen Markt befindlichen Schlepper zwischen 20 bis 30 PS (jeweils bei Motor-Nennzahl).

Messerwerkzeuge nicht in jeder Reihe gleichzeitig arbeiten, sondern zeitlich nacheinander. Dadurch wird das maximale Drehmoment geringer und die Antriebsräder gleichmäßiger beansprucht.

Zu 3: Wird der Antrieb von der Zapfwelle des Schleppers hergenommen, so erscheint es sehr schwierig, für alle Schlepperfabrikate mit den unterschiedlichen Gangabstufungen und Zapfwelldrehzahlen (**Bild 15**), die für eine Vereinzlungsmaschine richtige Übersetzung einzuschalten. Hier müßte man, ähnlich wie es bei der Triebachse geschieht, die Arbeit mit einer Vereinzlungsmaschine innerhalb eines Betriebes auf nur einen Schlepper und weiterhin auf nur einen bestimmten Geschwindigkeitsbereich bei etwa 3 km/h begrenzen. Durch einen Freilauf in der Maschine könnte, wie bei manchen Triebachsen, die Verwendung in höheren Schleppergängen ausgeschaltet werden. Das bedeutet jedoch einen beträchtlichen Aufwand, da damit praktisch eine Triebachse im Gerät notwendig erscheint. Für feinere Unterschiede unter den verschiedenen Schlepperbauarten müssen darüber hinaus noch Austauschzahnräder zur Verfügung stehen.



**Bild 17 und 18.** Multiculta als Sämaschine und Vereinzlungsmaschine.

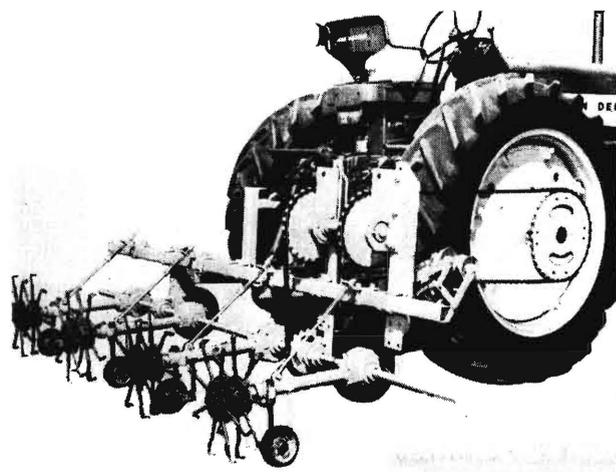
Es wäre zu überlegen, ob alle diese konstruktiven Schwierigkeiten zur Anpassung an die Schleppereigenarten dadurch vermieden werden können, daß man den Vereinzlungsgeräten ein stufenlos verstellbares Getriebe vorschaltet, ohne jedoch auf das Vereinzlungsprinzip des konstanten Blockabstandes mit einstellbaren Blocklängen zu verzichten. Das vorgeschaltete Getriebe würde für den jeweiligen Schlepper so eingestellt, daß der Landwirt z. B. alle 15 cm einen Block findet. Die weitere Anpassung an den Rübenbestand nimmt er jetzt nur durch die entsprechende Messerverstellung vor.

Zu 4: Auch in Amerika scheint man die Schwierigkeiten der Anpassung eines wegabhängigen Antriebes an die Motor- oder Getriebezapfwelle des Schleppers zu kennen. So ersieht man aus Ausdünn-Prospekten, daß der Antrieb von der Hinterachse des Schleppers aus erfolgt, **Bild 16**. Aber auch hier ist eine Anpassung an verschiedene Reifengrößen notwendig.

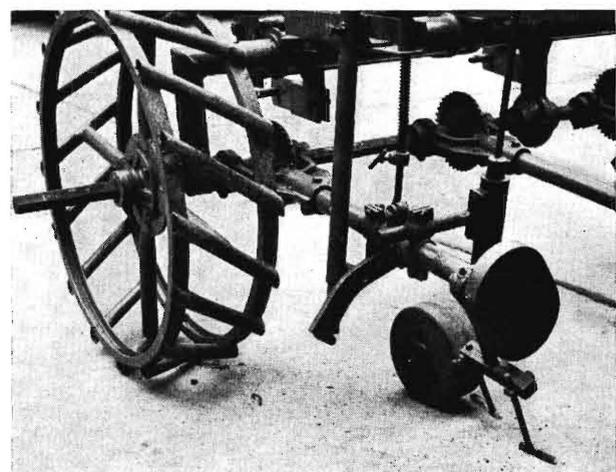
Bei den zentral getriebenen Geräten liegt der Gedanke nahe, das Fahrgestell und den zentralen Antrieb nicht nur für die Vereinzlungswerkzeuge, sondern durch Auswechseln entsprechender Aggregate auch für die Einzelkornsaat zu verwenden. Dies hat die schwedische Firma Hilleshög vor Jahren in ihrem Sä- und Ausdünngerät verwirklicht. In dem österreichischen Multiculta-Gerät finden wir heute ein zentral getriebenes Sägerät, das durch Auswechseln nur des eigentlichen Säorgans gegen kulissengeführte Schwingmesser zur Vereinzlungsmaschine wird, **Bild 17 und 18**.

#### Schräg gestellte, bodenangetriebene gezahnte Scheiben

Außer den rotierenden oder pendelnden Winkelmessern für die blind-mechanischen Vereinzlungsmaschinen lassen sich bei Fahrt längs der Reihe auch rotierende gezahnte Scheiben ver-



**Bild 16.** Antrieb vom Hinterrad des Schleppers.



wenden, die schräg zur Reihe eingestellt sind, **Bild 19**. Es besteht hier eine gewisse Ähnlichkeit mit der Funktion des Scheibenpfluges. Die gezahnte Scheibe legt in der Rübenreihe eine Pflugsfurche, die durch die ausgesparten Stellen des Umfanges in gleichmäßigen Abständen unterbrochen wird.

Diese ausgezahnnten Scheiben sind früher bereits einmal als sogenannte Verhackscheiben bekannt geworden. Gegenüber dem Verhacken sind jetzt jedoch die Blockabstände kürzer und dementsprechend muß der Abstand von Aussparung zu Aussparung an der Scheibe kleiner gewählt werden. Für eine Veränderung der



**Bild 19.** Verhackscheiben.

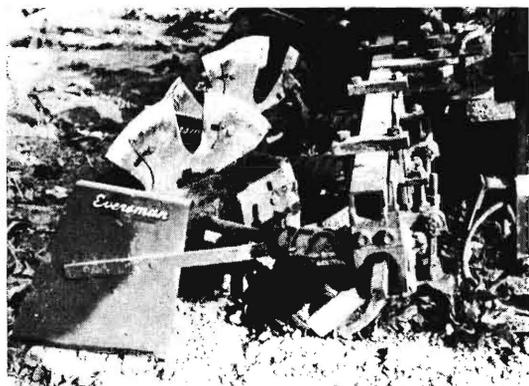


Bild 20. Eversmann, Vereinzelmachine.

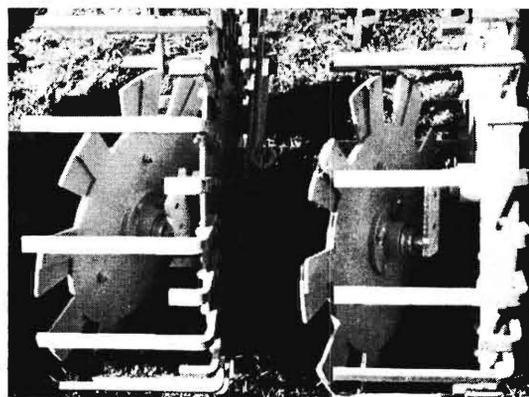


Bild 21. Blackwelder, Vereinzlungsgerät.

Blocklängen bei gleichbleibendem Blockabstand kann man durch eine hintergelegte zweite Scheibe die Größe aller Aussparungen gleichzeitig einstellen.

Auch bei diesem System spielt die jeweilige Bodenbeschaffenheit eine ausschlaggebende Rolle. Je nachdem, ob leichter oder schwerer Boden, ob trockener oder feuchter Bodenzustand vorhanden sind, schwanken der Schlupf und damit auch die Blocklängen und Blockabstände in weiten Grenzen. Dieser Schlupf ist von Übel, da er immer zu Stauchungen im stehengebliebenen Block führt und damit die Gefahr eines Wachstumsschocks der Pflanzen oder Pflanzenbeschädigungen hervorruft. Durch zweckmäßig angebrachte Greifer läßt sich der Schlupf weitgehend verringern. Man hat im Ausland diesen Schlupf dadurch zu beheben versucht, daß man eine Kombination von Eigenverzahnung und zwangsläufigem Antrieb durch die Zapfwelle vorsieht, **Bild 20**. Bei dem zusätzlichen Fremdantrieb besteht wiederum das Problem der Anpassung an die verschiedenen Schleppertypen. Bei einer französischen Entwicklung ist ein stufenloses Keilriemengetriebe zwischengeschaltet, mit dem möglicherweise eine vielseitige Anpassung leichter möglich ist. Wie weit sich diese Kombination des Antriebes vorteilhaft auswirkt, ist noch nicht zu übersehen und kann erst durch Versuche festgestellt werden. Eine weitere, ebenfalls ausländische Lösung, zeigt ein Käfigrad zum Antreiben der Scheibe, **Bild 21**. Dieser Käfig läuft mit Seitenstegen über die Rübenreihe und verursacht nach Untersuchungen von *Martens* [13] zu viele Pflanzenbeschädigungen.

### Gesteuerte mechanische Vereinzlungsverfahren

Für das gesteuerte Vereinzlungsverfahren ist in Deutschland bisher ein Maschinentyp mit einem zapfwellenangetriebenen Messerstern bekannt geworden und noch in der Entwicklung, **Bild 22**. Die Hackmesser dieses Messersternes lassen sich in einstellbaren Mindestblockabständen von z. B. 18 cm vom Boden hochschwenken, so daß eine Schonstelle (Block, in ebenfalls vorher einstellbarer Länge) stehen bleibt. Während der Arbeit bestimmen die Pflanzen selbst den Zeitpunkt, zu dem die Hackmesser hochgeschwenkt werden. Hierfür schwebt dicht



Bild 22. Fertó-Fähse, Vereinzlungsgerät.

über dem Boden ein elektrischer Tastbügel, der jeweils entsprechend dem eingestellten Mindestblockabstand nach einer geschonten Pflanze eine Spannung erhält. Berührt jetzt eine Pflanze den Bügel, so kann von der Batterie aus ein Strom durch die Pflanze zur Erde und von dort zurück zur Batterie fließen. Da der Strom außerordentlich klein ist, wird er mittels Transistoren verstärkt und kann nun über ein Relais einen kräftigen Arbeitsmagneten betätigen. Dieser schwenkt so viele Hackmesser aus, daß diese Pflanze in einem Block stehen bleibt. In einer Lücke, die größer als der eingestellte Blockabstand ist, arbeiten die Messer in normaler Hackstellung so lange, bis die nächste Pflanze am Ende dieser Lücke den Bügel berührt. Auch bei diesem System ist eine gewisse Anpassung an dichte oder dünne Ausgangsbestände vom Landwirt durch Einstellen der Mindestblockabstände zwischen etwa 15 und 24 cm vorgesehen. Darüber hinaus wird die Maschine durch Einstellen einer entsprechenden Blocklänge dem Wachstumszustand der Pflanzen angepaßt.

Durch dieses gesteuerte Vereinzlungssystem erhofft man, besonders in stark lückenhaften Beständen, vielleicht auch in Beständen, die mit größeren Knäuelabständen bestellt werden, eine größere Perfektion zu erzielen. Wieweit diese Vorteile den gegenüber einem blind-mechanischen Vereinzeln höheren technischen Aufwand und den entsprechenden Preis rechtfertigen, wird die Erfahrung zeigen.

### Forderungen an eine Feinsteuerung

Bei allen Arbeitsgängen wird heute die Forderung zu einer Einmannbedienung erhoben. Die beschriebenen Möglichkeiten zum mechanischen Vereinzeln stellen unterschiedliche Forderungen an eine Feinsteuerung, deren grundsätzliche Unterschiede im folgenden kurz behandelt werden sollen.

Beim Quervereinzeln ist kein zusätzlicher Feinsteuermann auf der Hackmaschine notwendig, sofern mit Spurreißern gefahren wird und der Schlepperfahrer den Schlepper gewissermaßen als Vorderwagen der Hackmaschine danach steuert. Zusätzliche Pflanzenbeschädigungen durch die Spurreißer treten nicht auf, da der Schlepper in der Regel in der gerissenen Spur fährt und dort unvermeidlich Pflanzen zerdrückt.

Bei allen längs der Reihe fahrenden Geräten ist dies jedoch grundsätzlich anders. Jetzt kommt es darauf an, daß die Messerwerkzeuge die Rübenreihe auch sicher treffen. Bei den Maschinen mit rotierenden Werkzeugen oder um eine vertikale Achse pendelnden Werkzeugen kommen die Messer zwangsläufig aus dem Boden wieder heraus. Die Kreisbogenlänge, während der die Messer im Boden bleiben und die Rübenreihe bearbeiten, ist

abhängig vom Durchmesser der Messersterne und von der eingestellten Bearbeitungstiefe, **Bild 23**. Zum sicheren Schneiden der überflüssigen Pflanzen müssen die Messer etwa 1,5 cm tief durch die Rübenreihe gehen. Bei einem Messerkreisdurchmesser von 50 cm beträgt dann bei einer Seitenabweichung von nur 6 cm nach einer Seite der Tiefgang nur noch 0,8 cm. Bei einem Durchmesser von 30 cm ist bereits bei einer Seitenabweichung von 4 cm diese flache Arbeitstiefe erreicht. Daraus folgt, daß rotierende Messerwerkzeuge, deren Messerkranzdurchmesser durch den Abstand von Reihe zu Reihe begrenzt ist, zu einer exakten Arbeit eines zusätzlichen Feinsteuerannes bedürfen.

Das Gleiche gilt für Messerwerkzeuge, die um eine horizontale Achse pendeln, da auch sie auf einer vertikalen Ebene einen Kreisbogen im Boden beschreiben. Messerwerkzeuge, die um eine vertikale Achse pendeln, beschreiben auf einer horizontalen Ebene einen Kreisbogen und bleiben daher in gleichmäßiger Tiefe im Boden. Infolgedessen stellen diese wesentlich geringere Anforderungen an eine Steuerhilfe.

Zeigt das Arbeitsbild der Messer im Boden — wie in Bild 13 gezeigt — einen sinusförmigen Verlauf, so ändert sich mit zunehmender Seitenverschiebung aus der Rübenreihenmitte das Verhältnis von Blocklänge zur Länge der Hackstelle [14]. Dies ist leicht aus der oberen Darstellung in Bild 14 zu erkennen, sofern man sich die eingezeichnete Rübenreihe nach oben oder nach unten verschoben vorstellt. Je nach der Größe der Seitenverschiebung können sogar zusätzliche Blocks auftreten und damit wird das ganze Vereinzlungssystem in Frage gestellt. Diese nachteilige Erscheinung läßt sich durch ein weitgehend rechteckförmiges Arbeitsbild nahezu vermeiden.

Gelingt es bei den um eine vertikale Achse pendelnden Messern, eine angenähert rechteckförmige Arbeitsfunktion zu erreichen, so werden bei einer Seitenverschiebung bis fast zur vollen Breite der Messerauslenkung sowohl die Block- und Hackstellenlängen als auch die Bearbeitungstiefe konstant bleiben. Damit wären bei einem solchen System die Anforderungen an eine zusätzliche Feinsteuerung minimal.

Bei den mit ausgezählten Scheiben arbeitenden Vereinzlungsmaschinen ist die Anforderung an eine Feinsteuerung, ebenso wie bei den Geräten mit rotierenden Messersteinen, abhängig von der Eindringtiefe der Scheiben in den Boden und von dem Durchmesser der Scheiben. Verschärft werden die Anforderungen jedoch, da infolge der Schrägstellung der Scheiben die effektive Schnittbreite verkürzt wird.

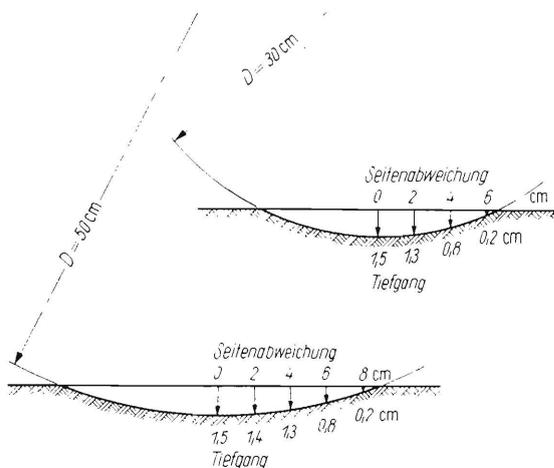
### Pflanzenverteilung bei den verschiedenen Vereinzlungsverfahren.

Es wurde bereits erwähnt, daß bei jeglichem Verlassen der Handarbeit, sei es durch den vereinzlungslosen Anbau oder durch ein mechanisches Vereinzeln, die Endpflanzenbestände nicht mehr in den bisher gewünschten regelmäßigen, sondern in mehr oder weniger unregelmäßigen Pflanzenabständen zu finden sind. Dies ist dann zu vertreten, wenn durch die Unregelmäßigkeiten keine größeren Ertragseinbußen zu befürchten sind.

Größere Lücken werden dann einen ertragsmindernden Einfluß ausüben können, wenn durch die Pflanzen die übergroßen Standräume nicht durch entsprechend größeres Wachstum ausgeglichen werden. Es hat sich jedoch gezeigt, daß sowohl beim mechanischen Vereinzeln als auch beim vereinzlungslosen Anbau, für die die gleichen statistischen Grundgesetze gelten, größere Lücken über 75 cm nur in knapp 2% aller Abstände auftreten [4, 9, 10]. Damit sind durch die größeren Lücken kaum nennenswerte Verluste zu erwarten, es sei denn, andere Einflüsse kämen hinzu.

Durch eng zusammenstehende Rüben oder auch Doppeln treten dann Verluste auf, wenn bei der mechanischen Ernte der größte Teil dieser dünnen Rüben verlorengeht. Hier wird man einige Prozent an Rübenmasse in Kauf nehmen müssen.

Zum Abschluß sei versucht, die verschiedenen Vereinzlungsverfahren (Vereinzlung mit der langen Hacke, blind-mechanisches und gesteuert-mechanisches Vereinzeln) an Hand experimentell gewonnener Pflanzenverteilungen zu vergleichen. Für



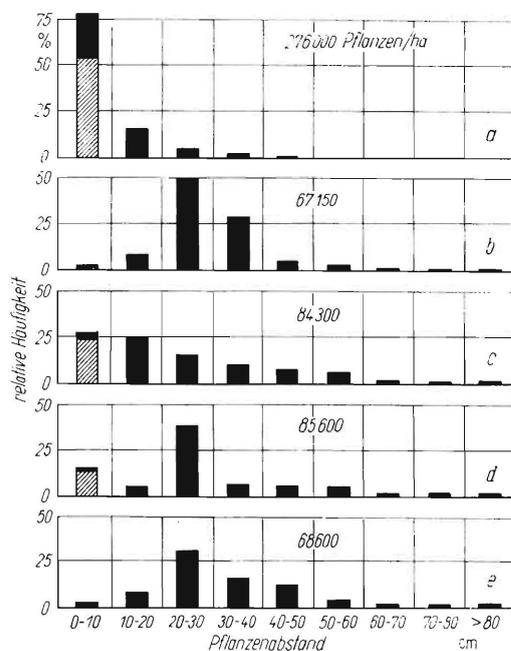
**Bild 23.** Einfluß der Steuerabweichungen auf die Schnitttiefe bei zwei verschiedenen Messersterndurchmessern.

diese Untersuchung wurde handelsübliches segmentiertes, kalibriertes Monogermersaatgut mit einem gut arbeitenden Einzelkornsäugerät mit 4 cm Kornabstand ausgesät. Nach Beendigung der Auflaufperiode wurden nur diejenigen Pflanzenreihen zu diesem Vergleich herangezogen, die eine untereinander gleichwertige Pflanzenverteilung aufwiesen.

Als Ergebnis sind in **Bild 24** die relativen Häufigkeiten gleicher Pflanzenabstände in Klassen zu je 10 cm Breite für die jeweils verschiedenen Verfahren aufgezeichnet.

In der Zeile a ist die statistische Verteilung der Ausgangsbestände unmittelbar vor dem Vereinzeln gezeigt. Infolge des relativ guten Aufganges liegen über 75% aller Pflanzenabstände in der ersten Klasse zwischen 0 und 10 cm. Da mit 4 cm Kornabstand gesät wurde, sind über 50% der Abstände zwischen 0 und 5 cm zu finden, die durch den schraffierten Bereich in der ersten Klasse besonders hervorgehoben sind. Größere Abstände über beispielsweise 40 cm treten in nur verschwindend geringem Umfang auf.

Ein Teil dieser, durch die Pflanzenverteilung in Bild 24a gekennzeichneten Bestände wurde durch eine geübte Person von Hand mit der langen Hacke vereinzelt. Nach dieser Arbeit zeigte sich das Pflanzenverteilungsbild in Bild 24b. Der Pflanzenbestand ist von 276000 Pflanzen/ha auf 67150 Pflanzen/ha



**Bild 24.** Relative Häufigkeiten gleicher Pflanzenabstände. Monogermersaatgut auf 4 cm Abstand mit Einzelkornsäugerät gesät. Schraffiertes Gebiet sind doppelbesetzte Blocks mit Pflanzenabständen unter 5 cm.

gelichtet worden, wobei entsprechend dem durchschnittlichen Pflanzenabstand von 29,8 cm (bei 50 cm Reihenabstand), das Maximum in der Klasse 20 bis 30 cm zu finden ist. Abstände unter 10 oder auch unter 5 cm sind nur noch selten vorhanden. Es sind jetzt größere Lücken entstanden, die jedoch in ihrem Anteil an der Gesamtzahl der Pflanzenabstände verschwindend gering sind. Diese Verteilung in Bild 24 b ist praktisch die Standardverteilung nach der Handvereinzelnung, mit der die weiteren Verteilungsbilder der mechanischen Vereinzelnungsverfahren verglichen werden sollen.

Mit der oben beschriebenen Versuchsmaschine wurde ein Bestand, der dem Verteilungsbild in Bild 24 a entspricht, blind-mechanisch vereinzelt. Die entsprechende Pflanzenverteilung nach dieser Arbeit zeigt Bild 24 c. Auffallend ist hier zunächst der hohe Anteil an Pflanzen, die zwischen 0 und 5 bzw. 10 cm Abstand voneinander stehen. Es sind dies hauptsächlich die sogenannten doppelt besetzten Blocks. Die weiteren relativen Klassenhäufigkeiten nehmen entsprechend den Wahrscheinlichkeitsgesetzen [10] ab. Abstände über 70 cm sind insgesamt nur noch mit etwa 2% Anteil vorhanden und liegen damit in der gleichen Größenordnung wie nach dem Vereinzeln mit der langen Hacke.

Bild 24 d spiegelt die Pflanzenverteilung nach der Bearbeitung mit einer gesteuert-mechanischen Vereinzelnungsmaschine wieder. Auch hier ist ein hoher Anteil engstehender Pflanzen zu finden, der durch die nicht weiter zu verkürzende Blocklänge von 5 cm bedingt ist. Entsprechend dem bei diesem Versuch eingestellten Mindestblockabstand von 21 cm liegt das Maximum der Abstandsverteilung zwischen 20 und 30 cm. Auch jetzt ist wieder ein ähnlicher Anteil an größeren Abständen über 70 cm zu finden wie in Bild 24 b und c.

Diese Verteilungsbilder sind selbstverständlich nicht allgemeingültig, denn je nach Kornabstand, Saatgutqualität und Feldaufgang sind bei den verschiedenen Verfahren auch andere Maschineneinstellungen notwendig. Doch lassen sich aus diesem Versuch bereits einige Folgerungen für die heutige Anwendung dieser Verfahren ableiten.

Nach Untersuchungen von *Schajmayer* [15], die auf Anregung des Instituts für Landtechnik, Bonn, im Institut für Zuckerrübenforschung, Göttingen, durchgeführt wurden, zeigte sich folgendes:

Bei der mechanischen Ernte ist bei einer Pflanzenverteilung nach Bild 24 c und auch Bild 24 d mit einem Verlust an Masse bis zu 6% zu rechnen. Die Ursache hierfür sind nicht die größeren Abstände, die ja auch bei der heute üblichen Handarbeit auftreten, sondern vielmehr die große Häufigkeit der Rüben, die zwischen 0 und 5 cm stehen. Diese Rüben bleiben in der Regel in ihrem Körperdurchmesser gering und fallen bei der mechanischen Ernte durch die Siebe der Reinigungsorgane der heutigen Maschinen hindurch.

Der Verringerung der hierdurch verursachten Verluste bei der mechanischen Ernte wird man das besondere Augenmerk zuwenden müssen. Eine Verringerung dieser entstehenden Rüben und der Doppelt Rüben wird durch stärker einkeimiges Saatgut und auch durch bessere Keimfähigkeit mit größeren Knäuelabständen in Verbindung mit einer exakten Einzelkornablage möglich sein. Solange dies jedoch nicht erreicht ist, bleibt es dem Landwirt und seinen Möglichkeiten überlassen, eine leichte Korrektur des Pflanzenbestandes bei der sogenannten Buschhacke vorzunehmen. Wohl wird die Arbeit der Buschhacke dabei etwas erschwert, doch ist die so mühselige Arbeit des eigentlichen Vereinzeln damit mechanisiert, und der Landwirt erhält nach diesen zwei Arbeitsgängen (1 Maschinen- und 1 nachfolgender Handarbeitsgang) einen Endbestand, der, wie Bild 24 e zeigt, sich von dem Verteilungsbild der Handarbeit in Bild 24 b nur noch unwesentlich unterscheidet. Das gilt sowohl für das blind-mechanische als auch für das gesteuerte Vereinzelnungsverfahren.

## Zusammenfassung

Wenn auch die Einzelkornsaat von weitgehend einkeimigem Zuckerrübensaatgut schon wesentliche arbeitswirtschaftliche Vorteile gebracht hat, so ist doch durch den starken Anstieg der Akkordlöhne für die noch verbleibende Handarbeit des Ver-

einzelns der Zuckerrübenanbau in hohem Maße gefährdet. An einen vereinzelnungslosen Zuckerrübenanbau kann — im Gegensatz zu anderen Reihenkulturen — wenn überhaupt, so erst zu einem in ungewisser Ferne liegenden Zeitpunkt gedacht werden. Das Verhältnis der Zahl der ausgelegten Samen zur Zahl der aufgelaufenen Pflanzen ist im allgemeinen zu gering und zeigt darüber hinaus auch noch große Schwankungen, so daß bei einem vereinzelnungslosen Zuckerrübenanbau das Risiko für den Landwirt zu groß wird. Es müssen also Mittel und Wege gefunden werden, auch die Vereinzelnungsarbeiten zu mechanisieren.

An Versuchen hierzu hat es nicht gefehlt. So ist in Amerika das Ausdünnverfahren entwickelt worden. In Frankreich entstanden Geräte, deren Messerwerkzeuge von den Pflanzen auf fotoelektrischem oder auch auf elektromechanischem Wege gesteuert werden. In jüngster Zeit ist ein System in der Erprobung, das als sogenanntes blind-mechanisches Vereinzelnungsverfahren bekannt geworden ist. Hierfür gibt es verschiedene Wege, die in ihrem technologischen Prinzip, ihrem technischen Aufwand und in ihren Einsatzbedingungen verglichen werden.

Der Ertrag an Rübenmasse und an Zucker bei der Ernte eines mechanisch vereinzelteten Bestandes soll sich von dem Ertrag eines von Hand vereinzelteten Bestandes nach Möglichkeit nicht unterscheiden. Auf Grund bisher vorliegender Feldversuche werden die genannten mechanischen Vereinzelnungsverfahren untereinander und mit der heute üblichen Handvereinzelnung verglichen. Aus diesem Vergleich lassen sich die Einsatzmöglichkeiten dieser Verfahren abgrenzen.

## Schrifttum

- [1] *Steffen, G., und H. O. Hamann*: Arbeitswirtschaft und Betriebsorganisation im Zuckerrübenbaubetrieb. Landtechn. **19** (1964) S. 31/43.
- [2] *Hövel, F.*: Untersuchung über den Einfluß des Pflanzenabstandes und der Lückigkeit auf die Höhe des Handarbeitsaufwandes beim Vereinzeln von Zuckerrüben. Diss. L. H. Hohenheim 1955.
- [3] *Brinkmann, W.*: Vereinzelnungsloser Zuckerrübenanbau. Landtechn. Forsch. **13** (1963) S. 128/135.
- [4] *Neeb, O.*: Aussichten für die Einzelkornablage von Zuckerrübenmonogermersaatgut auf die endgültigen Pflanzenabstände. Zucker **22** (1963) S. 619/627.
- [5] *Dencker, C. H., C. Heller und W. Brinkmann*: Saatgut und Saatstärke in der Zuckerrübenbestellung. Landtechn. Forsch. **9** (1959) S. 1/8.
- [6] *Evers, P.-N.*: Überlegungen und Versuche zur zweckmäßigen Bodenvorbereitung, Saateinbringung und Bodenpflege im Zuckerrübenbau. Landtechn. Forsch. **13** (1963) S. 89/93.
- [7] *Evers, P.-N.*: Untersuchungen über den Einfluß der Bodenvorbereitung und Saateinbringung auf den Feldaufgang von Zuckerrüben. Landtechn. Forsch. **13** (1963) S. 135/141.
- [8] *Bainier, R., R. A. Kepner und E. L. Barger*: Principles of Farm Machinery. The Ferguson Foundation Agricultural Engineering Series. Cultivation, Flaming and Thinning. John Wiley & Sons, Inc. New York 1955. S. 278.
- [9] *Brinkmann, W.*: Mechanisches Vereinzeln der Zuckerrüben. Landtechn. Forsch. **11** (1961) S. 130/138.
- [10] *Brinkmann, W.*: Entwicklung eines neuen mechanischen Vereinzelnungsverfahrens für Zuckerrüben aufgrund mathematischer Überlegungen. Diss. Bonn 1964.
- [11] *Dencker, C. H.*: Verfahren und technische Hilfsmittel für den Rübenbau. In: Handbuch der Landtechnik. Hamburg und Berlin: Verlag Paul Paray. 1961. S. 849/942.
- [12] *Graf, A.*: Hinweise für das mechanische Vereinzeln. Verein für Zuckerrübenforsch. Haringsee. Niederösterreich. Flugblatt 27/1964.
- [13] *Martens, M.*: Mechanical thinning of sugarbeet experiments carried out in Belgium in 1962. Vortrag auf dem 26. Winterkongreß des I.I.R.B. in Brüssel. Febr. 1963.
- [14] *Richarz, W.*: Zur Technik des mechanischen Ausdünnens bei Zuckerrüben. Landtechn. Forsch. **7** (1957) S. 149/155.
- [15] *Schajmayer, H.*: Einfluß unregelmäßiger Pflanzenabstände auf Ertrag und Qualität der Zuckerrübe im Hinblick auf die vollmechanische Vereinzelnung. Vortrag auf dem 27. Winterkongreß des I.I.R.B. in Brüssel. März 1964.