

# Mechanisches Vereinzeln der Zuckerrüben

Institut für Landtechnik, Bonn

In den vergangenen fünf Jahren hat die Einführung der Einzelkornsaat von Monogermersaatgut eine wesentliche Erleichterung und Arbeitersparnis für das Vereinzeln gebracht. Der zunehmende Mangel an Arbeitskräften für das Vereinzeln konnte dadurch weitgehend ausgeglichen werden. Im Frühjahr 1961 waren jedoch für die relativ leicht mit der langen Hacke zu bearbeitenden Einzelkorn-Monogermbestände die notwendigen Arbeitskräfte nur bei äußerst hohen Akkordsätzen anzuwerben. Es wird daher häufiger die Frage nach einer Mechanisierungsmöglichkeit des Vereinzels gestellt.

Bisher forderte die Landwirtschaft, daß von einem Ausgangspflanzenbestand, dessen Pflanzenzahl und Pflanzenabstand in weiten Grenzen schwankt, ein Endpflanzenbestand von jeweils 70000 bis 80000 Pflanzen je ha [1; 2] verbleibt, die als Einzelpflanzen in gleichmäßigen Abständen verteilt sein sollen. Diese Forderung kann beim Vereinzeln von Hand weitgehend erfüllt werden. Maschinen, deren Hackwerkzeuge durch den Menschen oder auch durch die Pflanzen selbst mit hohem technischem Aufwand gesteuert werden, sind schon seit längeren Jahren bekannt [3], haben sich aber entweder nicht durchgesetzt oder sind bis heute noch nicht aus dem Versuchsstadium herausgekommen. Es bleibt im letzteren Fall abzuwarten, in welchem Verhältnis der technische Aufwand zum Erfolg stehen wird.

## Das maschinelle Querhacken

Zunächst versuchte man, mit einfachen Mitteln obige Forderungen zu erfüllen. So mechanisierte man als erstes das Handverhacken. Man hielt getreulich am Vorbild der Handarbeit fest und benutzte das allgemein übliche Verhältnis von Hackbreite zu Blockbreite wie 70:30. Bei einem Endbestand von vier Pflanzen je Meter mit gleichmäßigen Blockabständen von 25 cm entspricht dies einer Hackbreite von etwa 18 cm mit einer Blockbreite von 7 cm [4] (Bild 1). Ein Querhacken mit der auf diese Abstände eingestellten Hackmaschine legt ein Raster von Hackstellen und stehenbleibenden Blocks starr eingestellter Breite über den Bestand. Daß dieses Verfahren sich im europäischen Rübenbau nicht durchsetzen konnte, ist so zu erklären: Die Zahl der Blocks, die beim Querhacken stehenbleiben, ist gleich der gewünschten Endpflanzenzahl. Jeder nicht besetzte Block bedeutet also eine Fehlstelle. Je dünner nun der Ausgangspflanzenbestand wird — beim Übergang vom Normalsaatgut zum Monogermersaatgut soll ja bewußt die Reihe lichter werden —, um so mehr aber steigt die Zahl der nicht besetzten Blocks an. Ein Fehlstellenausgleich durch Erhöhung der Zahl der stehenbleibenden Blocks, gleichbedeutend mit einer Verringerung der Blockabstände, läßt sich jedoch mit Hackmaschinen, besonders bei Ausrüstung mit Hohlenschutzscheiben, praktisch nicht durchführen. Zur Vermeidung von Fehlstellen ist man folglich gezwungen, bei diesem Verfahren die Saatstärke so zu erhöhen, daß selbst unter schlechten Boden- und Witterungsverhältnissen jeder Block mit mindestens einer Pflanze besetzt

ist. Damit wird aber die Zahl der doppelt und auch mehrfach besetzten Blocks bedeutend größer als beim Handverhacken, wodurch wiederum die nachfolgende Verzichtarbeit, also der ohnehin schwerere der beiden Arbeitsgänge, nicht erleichtert, sondern erheblich erschwert wird.

Dieses Verfahren führt also für unsere Verhältnisse in eine Sackgasse, und die Mechanisierung der Verzichtarbeit wird sogar unmöglich gemacht [5]. Lediglich dort, wo zum Handvereinzeln ausreichend, aber unzuverlässiges Personal vorhanden ist und die Pflanzenstellenzahl je Hektar vorher festgelegt werden soll, hat sich dieses Verfahren eingeführt und gehalten. So wird es beispielsweise in der Nähe von Haftanstalten und in großem Umfang in Rußland durchgeführt [6].

Erwähnt seien die Schwierigkeiten dieses Verfahrens rein betrieblicher Art, wie beispielsweise die Notwendigkeit ausreichend breiter Schläge [7]. Auch ist das Umrüsten der Hackmaschine von der Querhacke auf die Längshacke und umgekehrt zeitraubend und umständlich. Im Zuge der technischen Entwicklung gab es daher Geräte, die das Querhacken bei der Fahrt längs zur Drillreihe verrichteten. Solange jedoch auch hier die Blockbreiten und Blockabstände denen der Handarbeit starr nachgeahmt sind, unterscheidet sich diese Arbeitsweise grundsätzlich nicht von der des Querhackens. Die Gefahr größerer Fehlstellen kann also auch hier nur durch eine entsprechend höhere Saatstärke ausgeschaltet werden, wobei wiederum mehr Fehlstellen oder erhöhter Arbeitsaufwand beim Vereinzeln in Kauf genommen werden müssen.

## Ausdünnern mit rotierenden Hackmessersternen

Erst als man in den Ausdünnern mit ihren quer zur Reihe rotierenden Hackmessersternen eine brauchbare Lösung fand, die Blockabstände wesentlich zu verringern, glaubte man die Lösung zum vollmechanischen Vereinzeln gefunden zu haben [8; 9]. Dieses Verfahren verließ das Vorbild der Handarbeit und erhöhte die Blockzahl um das Drei- bis Vierfache der Endpflanzenstellenzahl. Gleichzeitig wurden die Blockbreiten auf etwa 3 bis 5 cm verringert.

Durch die schmalen Blocks und Hackbreiten steigt gegenüber dem Querhackverfahren die Zahl der Blocks, gleichzeitig aber auch der Anteil der nicht besetzten Blocks. Doch bleiben durch die stark vermehrte Gesamtblockzahl weit mehr als die geforderten 70000 bis 80000 Endpflanzenstellen übrig, so daß zwangsläufig zur Korrektur ein zweiter Arbeitsgang folgen muß. Dieser kann von Hand oder von der Maschine ausgeführt werden. Im letzteren Falle wird dasselbe Gerät erneut eingesetzt, aber mit anderer Messerausrüstung. Dieser zweite mechanische Arbeitsgang erfordert wesentlich schmalere Messer und gleichzeitig eine Erhöhung der Schlagzahl zur Erzielung des notwendigen Ausdünnereffektes. Diese Änderungen sind notwendig, um zu vermeiden, daß die Hackschläge des zweiten Arbeitsganges sich interferenzartig den Blocks des ersten Durchganges überlagern und dadurch große

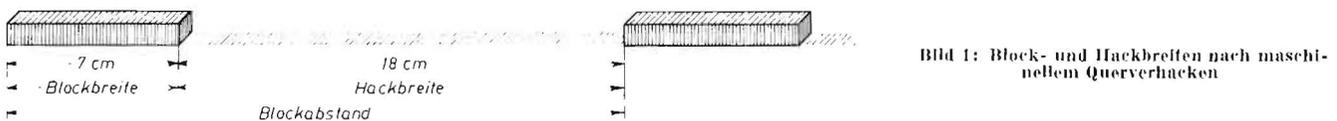


Bild 1: Block- und Hackbreiten nach maschinelltem Querhacken

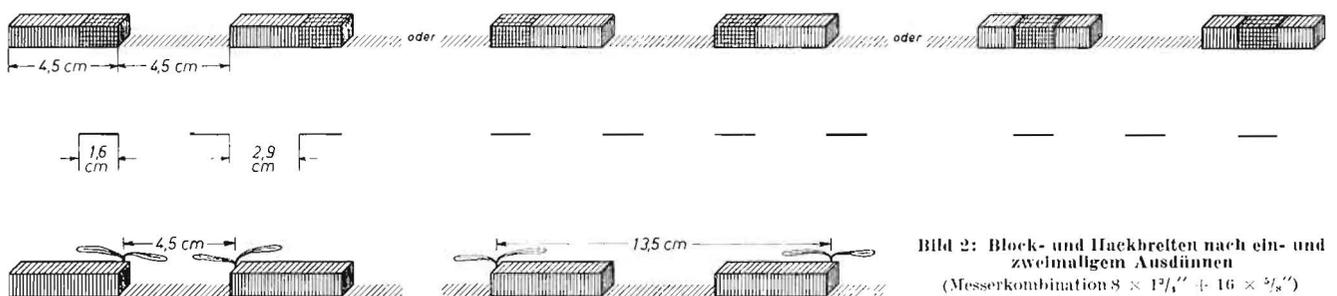


Bild 2: Block- und Hackbreiten nach ein- und zweimaligem Ausdünnen (Messerkombination  $8 \times 1\frac{3}{4}'' + 16 \times \frac{3}{8}''$ )

Fehlstellen verursachen. Diese schmalen Messer schlagen aus den Blocks des ersten Arbeitsganges schmale Streifen heraus, die mal rechts, mal links oder auch in der Blockmitte liegen können (Bild 2) [10]. Die stehenbleibenden Endblocks sind aber jetzt so schmal, daß in vielen Fällen die übrig gebliebenen Pflänzchen gelockert, beschädigt oder mit Erde zugedeckt sind; dadurch wird der gewünschte Endbestand unkontrollierbar verringert. Nur so lassen sich die Ertragseinbußen zwischen 5 und 20% erklären, die bei zweimaligem Ausdünnen sowohl im In- als auch im Ausland immer wieder festgestellt wurden [11; 12]. Das ist wohl auch der Grund dafür, daß dieses Verfahren in Europa keinen Eingang und in den USA keine große Verbreitung finden konnte [13; 14].

Hinzu kommt, daß auch aus einem anderen Grunde das Arbeitsergebnis dieser Ausdüner nicht befriedigt. Bei einer Messerkombination von beispielsweise  $8 \times 1\frac{3}{4}$ " im ersten Arbeitsgang [15] ergeben sich eine Blockbreite von etwa 4,5 cm und ein Blockabstand von rund 9 cm (ein Ausdüneffekt von 50%). Je nach ihrer Stellung im Block können dabei Einzelpflanzen in benachbarten Blocks zwischen 4,5 cm bis 13,5 cm Abstand haben (Bild 2, unten). Bei Abständen von 4,5 cm sind zwei solche Nachbarrüben schon fast als sekundäre Doppelrüben anzusprechen, die in einem zweiten Arbeitsgang vereinzelt werden sollten. Von Hand können alle diese nachbarlichen Doppelstellen herausgesucht und weggehackt werden. Ein zweiter mechanischer Arbeitsgang mit den schmalen Messern hoher Schlagdichte läßt jedoch im Endbestand viele solcher eng stehenden Nachbarstellen zurück, die obendrein oft mehrfach hintereinander vorkommen können.

### Erfahrungen mit den bisher geübten Methoden

Während das Handvereinzeln und auch das Querhacken Rübenbestände mit gleichmäßigen Abständen entsprechend den bisherigen Forderungen der Landwirtschaft zu erreichen versucht, führt das mechanische Ausdünnen zwangsläufig zu ungleichmäßigen Rübenabständen. Die Ungleichmäßigkeit ist um so größer, je stärker ausgedünnt wird. Wie amerikanische Untersuchungen [4] zeigen, sind jedoch beträchtliche Abweichungen von einem gleichmäßigen Sollabstand ohne Einbuße an Ertrag und Zucker möglich. In solchen Beständen findet man zum Beispiel nicht alle 25 cm nur eine Rübe oder auf jedem Meter vier Pflanzen in gleichen Abständen. Nur im großen Durchschnitt des betreffenden Schlags sind vier Rüben je Meter zu finden. Dabei sind von Meter zu Meter Schwankungen, beispielsweise von zwei bis zu sechs oder sieben Rüben je Meter, durchaus zulässig, wenn nur die Durchschnittszahl vier Rüben je Meter ohne größere Fehlstellen erreicht wird. Diese amerikanischen Erfahrungen sollten für uns bedeuten, in Zukunft auf die Forderung eines völlig gleichmäßigen Pflanzenabstandes in der Reihe zu verzichten.

Ein rein mechanisches Vereinzeln läßt gegenüber der Handhacke eine größere Anzahl von Doppel- und Mehrfachrüben zurück. Dies ist in Grenzen zulässig. So hat sich als übereinstimmendes Ergebnis zahlreicher Untersuchungen gezeigt, daß ein Doppelpflanzenanteil von 20 bis 30% weder Ertrag noch Verarbeitbarkeit in der Zuckerfabrik mindert [4]. Auch über 30% ist keine plötzliche Ertragsdepression zu erwarten, denn erst bei 50% Doppelpflanzen wurden 4% Ertragsminderung [16], in einer anderen Untersuchung [17] bei 75% Doppelpflanzen 5% Ertragsminderung festgestellt. Als weitere Konzession für ein rein mechanisches Vereinzeln sollte man daher auf die Forderung verzichten, ausschließlich Einzelpflanzen im Endbestand vorzufinden.

Aufgrund dieser Erfahrungen und Untersuchungsergebnisse kann die eingangs aufgeführte Forderung eines gleichmäßigen Pflanzenabstandes ohne Gefahr einer Verringerung des Rübenertrages weitgehend gemildert werden. Es genügt, nach dem Vereinzeln 70000 bis 80000 Pflanzen (Einzelpflanzen oder Doppelpflanzen) je ha einigermaßen gleichmäßig verteilt vorzufinden, wobei der Anteil an Doppelpflanzen bis zu 30% ansteigen kann. Damit ist aber eine wesentlich leichtere Ausgangsbasis für die Entwicklung eines einfachen vollmechanischen Vereinzelnverfahrens gegeben.

<sup>1)</sup> Messerzahl je Stern mal Messerbreite in Zoll. Im angeführten Beispiel macht der Messerstern bei 28" (71 cm) Vorschub eine Umdrehung.

### Anforderungen an ein vollmechanisches Vereinzeln

Ein Vereinzelnverfahren, das diese vereinfachten Forderungen erfüllt, möge ebenso wie beim Querhacken und wie beim Ausdünnen ein gleichmäßiges Raster von abwechselnd Block- und Hackstellen über den Ausgangspflanzenbestand legen. Doch sollen jetzt die mit den bisher bekannten Verfahren verbundenen Nachteile vermieden werden. Dazu müssen zwei Grundbedingungen erfüllt werden:

1. der gewünschte Endbestand muß in einem einzigen Arbeitsgang erzielt werden;
2. die Verhackbarkeit der Maschine sollte in sinnfälliger Anpassung an den Ausgangsbestand so eingestellt werden können, daß der gewünschte Endbestand sicher erreicht wird.

Für den Ausgangsbestand ist Einzelkornsaat von Monogerm-saatgut (mittlere Keimzahl möglichst nicht über 1,25) vorauszusetzen. Erfahrungsgemäß müssen bei 50 cm Reihenabstand mindestens 10 Pflanzen (Einzelpflanzen oder Doppelpflanzen) je lfd. m auf-laufen, wenn beim Vereinzeln von Hand ein Endbestand von 70000—80000 Pflanzen je ha erzielt werden soll [18]. Dasselbe sei zunächst auch für das mechanische Vereinzeln unterstellt. Bei 42 cm Reihenabstand verringert sich die Zahl auf 7 bis 8 Pflanzen je lfd. m. Auf dieses Ziel wird die Saatstärke beziehungsweise der Knäuelabstand bei der Aussaat eingestellt [18], und zwar so, daß auch bei ungünstigen Auflaufbedingungen diese 10 beziehungsweise 7—8 Pflanzen je lfd. m noch erreicht werden. Sind stattdessen günstige Auflaufbedingungen vorhanden, so können im Maximum etwa 20—23 Pflanzen je lfd. m auftreten. Die Einstellmöglichkeiten einer gedachten Vereinzelmachine müssen also einem Ausgangsbestand von etwa 7—23 Pflanzen je lfd. m angepaßt werden können.

Schlägt nun die gedachte Maschine ein Raster von bestimmter Hack- und Blockbreite durch die Reihen hindurch, so wird ein Teil der Blocks leer sein, ein anderer Teil mit Einzelpflanzen, ein weiterer Teil mit Doppelpflanzen besetzt sein. Der Prozentanteil besetzter Blocks (im folgenden als „grüne Blocks“ bezeichnet) ist dabei vom Ausgangsbestand, das heißt der durchschnittlichen Zahl der Pflanzen je lfd. m vor dem Vereinzeln, und der Blockbreite abhängig. Der Blockabstand hat keinen Einfluß auf den Anteil der grünen Blocks, von dem hier zunächst die Rede ist, wohl aber natürlich auf die absolute Zahl grüner Blocks je ha.

Diese Abhängigkeit des Anteils grüner Blocks vom Ausgangsbestand und der Blockbreite gehorcht einer statistischen Gesetzmäßigkeit, die in umfangreichen Feldversuchen ermittelt wurde. Die Ergebnisse sind in Kurvenscharen wiedergegeben (Bild 3). Von den Relativwerten dieser Kurven kommt man zu Absolutwerten des Endbestandes in Blocks je ha, wenn man einen entsprechenden Ordinatenmaßstab danebenlegt, der natürlich nur für jeweils einen Blockabstand Gültigkeit haben kann. So sind in Bild 3, rechts, mehrere solcher Maßstäbe für einige Blockabstände von 12,5—24 cm eingezeichnet.

Mit einer einzigen, festliegenden Einstellung, also mit einem gleichbleibenden Raster ist natürlich nicht allen Ausgangsbeständen gerecht zu werden. Eine gleichbleibende Einstellung kann immer nur in einem bestimmten Bestand zu dem gewünschten Endbestand von 70000—80000 Pflanzen je ha führen. Hierfür ein Beispiel, dessen Werte in Bild 3 gestrichelt eingezeichnet sind. Bei einem Raster von 15 cm Blockabstand und 5 cm Blockbreite, das bei 50 cm Reihenabstand einer Gesamtzahl von 133000 Blocks je ha entspricht, sind bei 10 Pflanzen je m etwa 40% der Blocks besetzt, bei 16 Pflanzen je m 60% und bei 23 Pflanzen je m 74%. Um auf einen Endbestand von 80000 Pflanzen je ha zu kommen, müssen von den 133000 Blocks 60% besetzt sein, was mit dieser Maschineneinstellung bei einem Ausgangsbestand von 16 Pflanzen je m erreicht wird. Mit gleicher Einstellung würde die Maschine bei 10 Pflanzen je m nicht einmal 60000 grüne Blocks erreichen, während diese Zahl bei 23 Pflanzen je m auf fast 100000 steigen würde.

### Einstellmöglichkeiten der Maschine

Eine Korrektur dieser zu kleinen und zu großen Werte muß durch eine einfache Verstellung der Maschine möglich sein, mit

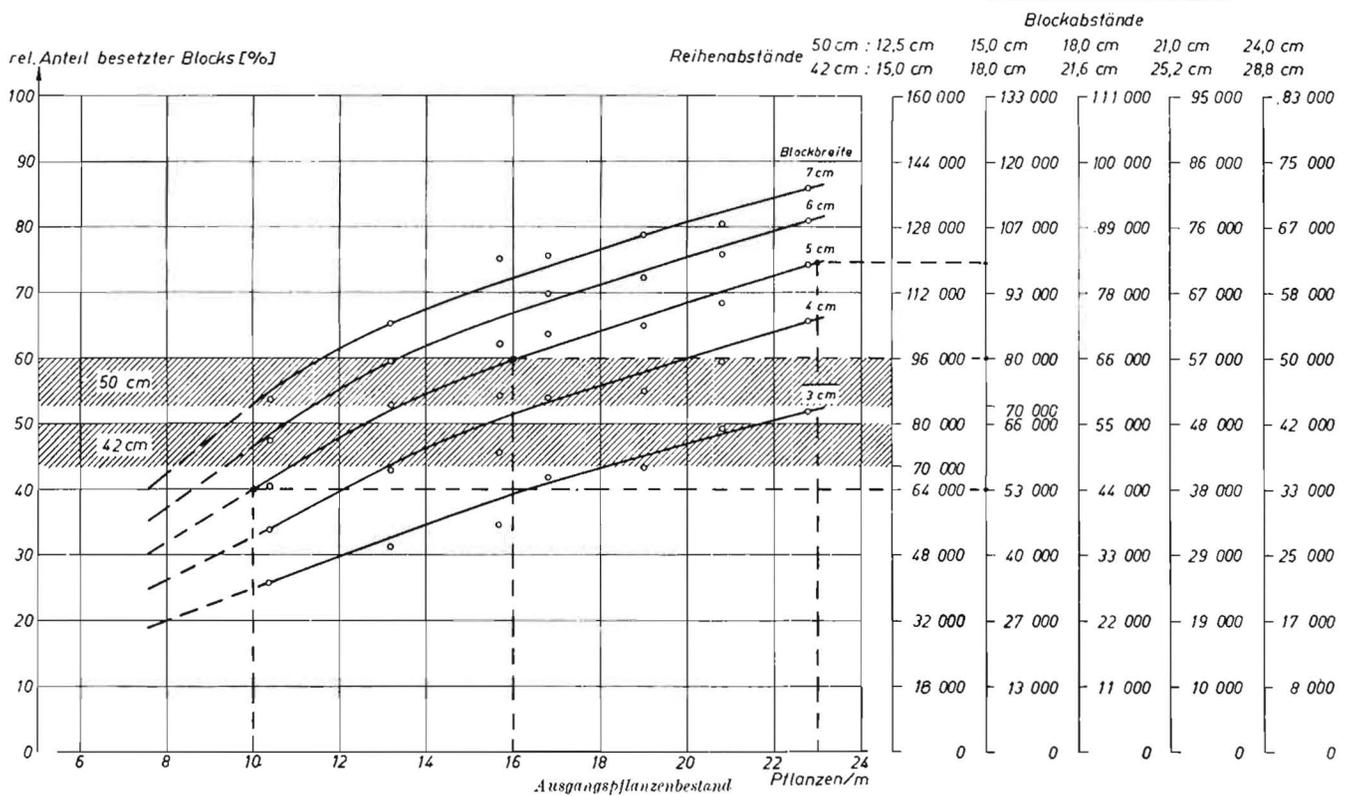


Bild 3: Relativer Anteil und Zahl besetzter Blocks je ha bei verschiedenen Blockbreiten und Blockabständen

der man sich an den lichtereren und an den dichteren Ausgangsbestand anpassen kann. Es gibt zwei Möglichkeiten:

1. Veränderung des Blockabstandes bei gleichbleibender Blockbreite;
2. Veränderung der Blockbreite bei gleichbleibendem Blockabstand.

In beiden Fällen wird die Hackbreite vergrößert oder verkleinert. Selbstverständlich könnte man auch beide Einstellmöglichkeiten kombinieren.

#### Veränderung des Blockabstandes

Bei der erstgenannten Anpassungsmöglichkeit, der Veränderung des Blockabstandes, ergibt sich die in Bild 4 erläuterte Auswirkung. Wird der Blockabstand in dem oben angeführten Zahlenbeispiel von 15 auf 18 cm vergrößert und damit die Zahl der Blocks je ha bei 50 cm Reihenabstand von 133 000 auf 111 000 verringert (Bild 4, oben), so würden bei einem dichten Ausgangsbestand von 23 Pflanzen je m 74% dieser 111 000 Blocks, also etwas mehr als die gewünschten 80 000 Blocks je ha besetzt sein. Umgekehrt würde in einem dünnen Bestand von 10 Pflanzen je m eine Verkürzung des Blockabstandes auf 10 cm die Blockzahl auf 200 000 je ha erhöhen und damit bei 40% besetzten Blocks wiederum die Zahl von 80 000 grünen Blocks ergeben (Bild 4, unten). Hierbei würde man sich aber mit einem Verhältnis von 5 cm Hack- zu 5 cm Blockbreite wieder dem bisherigen Ausdünnverfahren mit den oben erläuterten Nachteilen nähern.

Diesen Nachteilen am unteren Ende der Skala, also bei sehr lichtem Pflanzenbestand, könnte man ausweichen, wenn man — unter Beibehaltung des Prinzips konstanter Blockbreite bei veränderlichem Blockabstand — eine größere Blockbreite zugrunde legen würde. Statt der bisher betrachteten Blockbreite von 5 cm (Bild 4) wurde eine solche von 7 cm gewählt (Bild 5). Das ergibt im sehr lichten Bestand (10 Pflanzen je m) 52% grüne Blocks, die bei einem Blockabstand von 15 cm etwa 70 000 besetzte Blocks je ha, also einen gerade ausreichenden Bestand geben würden (Bild 5, unten). Mit diesen größeren Blockbreiten entstehen aber Schwierigkeiten — am oberen Ende der Skala — in den dichten Beständen von beispielsweise 23 Pflanzen je m (Bild 5, oben). Hier wären 86% grüne Blocks zu erwarten, die bei einem Blockabstand von 21 cm zu 82 000 besetzten Blocks führten. Bei dieser

Hack- und Blockbreite sind aber fast die Verhältnisse erreicht, die beim maschinellen Querverhacken vorliegen (Bild 1). Sie sind zum Vergleich in Bild 5, oben, eingezeichnet. Damit wären auch alle Nachteile dieses Systems in Kauf zu nehmen, wie die Gefahr erhöhter Fehlstellen oder zu vieler mehrfach besetzter Blocks.

Die Verminderung des Blockabstandes bei gleichbleibender Blockbreite führt also — als einzige Einstellmöglichkeit der Maschine zur Anpassung an den Pflanzenbestand — nicht zu einem voll befriedigenden Ergebnis: Legt man als festes Grundmaß eine kleine Blockbreite zugrunde, so ergeben sich in lichten Beständen die gleichen Nachteile wie bei den Ausdünnern. Eine größere Blockbreite dagegen führt bei dichten Beständen zu den gleichen Nachteilen wie das maschinelle Querverhacken.

#### Veränderung der Blockbreite

Die zweite Anpassungsmöglichkeit, die Veränderung der Blockbreite bei gleichbleibendem Blockabstand, ist in Bild 6 in ihren Auswirkungen wiederum schematisch dargestellt, und zwar für den Fall eines gleichbleibenden Blockabstandes von 15 cm. Bei dichtem Ausgangsbestand von 23 Pflanzen je m ergibt sich bei 3 cm Blockbreite noch ein Endbestand von 52% oder rund 70 000 grünen Blocks je ha. Im anderen Extrem, bei dünnem Ausgangsbestand von nur 10 Pflanzen je m, erzielt eine Blockbreite von 7 cm einen Endbestand von ebenfalls 52% oder rund 70 000 grünen Blocks je ha.

Mit einer solchen Veränderung der Blockbreite als einzige Einstellmöglichkeit der Maschine läßt sich also durchaus der gesamte Bereich von lichten bis zu dichten Ausgangsbeständen befriedigend bearbeiten. In stark besetzten Ausgangsbeständen entstehen daher schmale Blocks mit großen Hackbreiten und in dünnen Beständen breite Blocks mit schmalen Hackbreiten, bei jeweils gleichem Blockabstand.

#### Anpassung an den Reihenabstand

Für die bisherigen Überlegungen waren 50 cm Reihenabstand unterstellt. In 42 cm Reihenabständen würden dieselben Einstellungen bei denselben Ausgangsbeständen den Endbestand auf 83 000 bis 95 000 grüne Blocks erhöhen, da die gesamte Reihlänge je ha im Verhältnis 50 zu 42 zugenommen hat. Es muß also eine Anpassung auch an die verschiedenen Reihenabstände vor-

Pflanzen/m

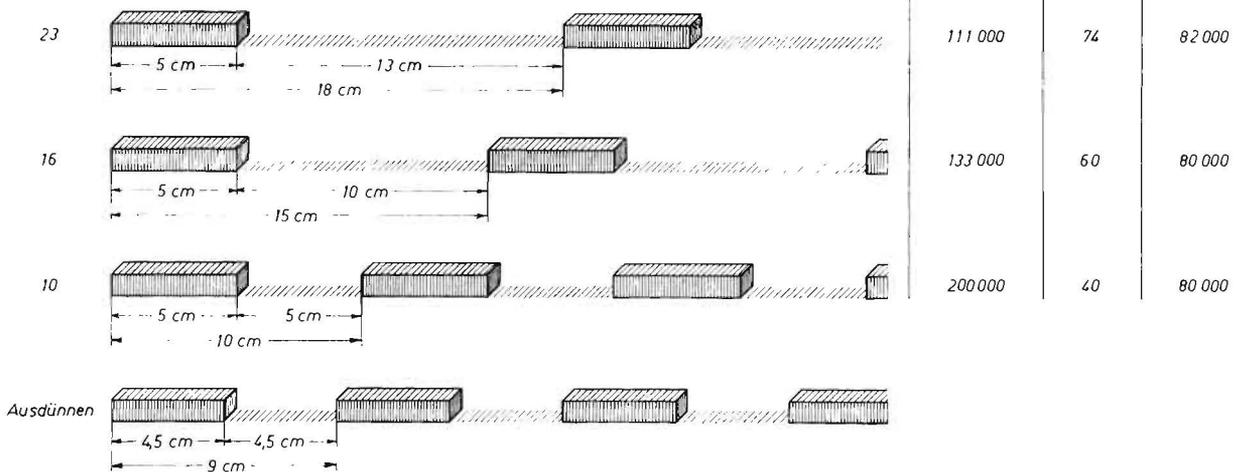


Bild 4: Anpassung an verschiedene Ausgangsbestände durch Veränderung nur des Blockabstandes bei gleichbleibender Blockbreite von 5 cm (für 50 cm Reihenabstand)

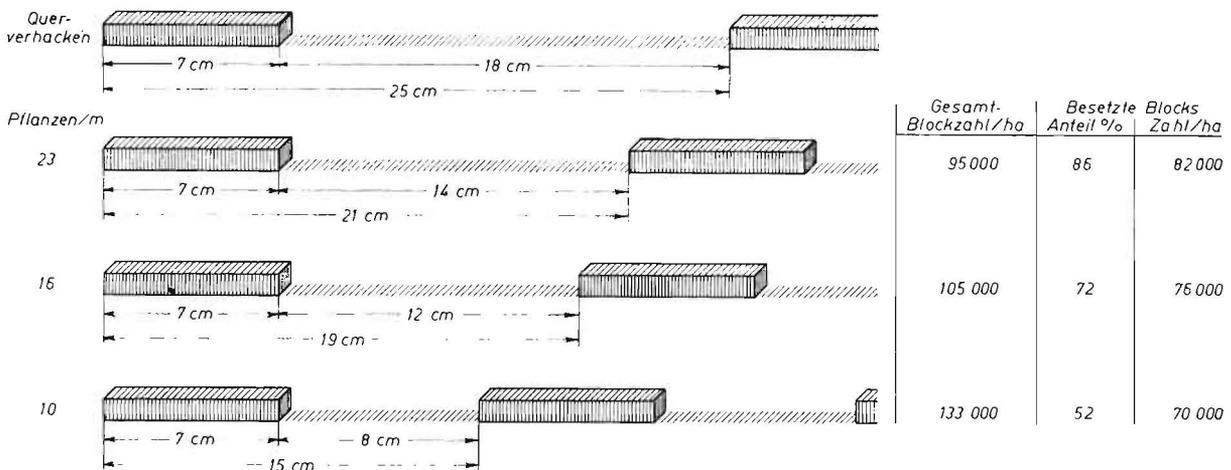


Bild 5: Anpassung an verschiedene Ausgangsbestände durch Veränderung nur des Blockabstandes bei gleichbleibender Blockbreite von 7 cm (für 50 cm Reihenabstand)

gesehen werden. Sie kann entweder durch die Vergrößerung des Blockabstandes oder durch Wahl kleinerer Blockbreiten erreicht werden.

Erstere Möglichkeit bedeutet, daß beim Übergang von 50 cm auf 42 cm Reihenabstand der Blockabstand — bei gleichbleibender Blockbreite — von bisher 15 cm im Verhältnis 50 zu 42 auf 18 cm vergrößert werden müßte, um wieder die gleiche Gesamtblockzahl je ha zu erhalten. Die unterste Grenze der Ausgangsbestände, die mit der bisher empfohlenen größten Blockbreite von 7 cm noch einen vollen Endbestand erreichen läßt, liegt mit 18 cm Blockabstand bei etwa 10 Pflanzen je m (Bild 3). Die tatsächlich unterste Grenze ist bei 7 oder 8 Pflanzen je m zu erwarten.

Die zweite Möglichkeit der Anpassung an 42 cm Reihenabstand sieht vor, bei gleichem Blockabstand von 15 cm die Blockbreite kleiner zu wählen. Dadurch verringert sich der jeweilige Anteil grüner Blocks, so daß trotz höherer Gesamtblockzahl doch die Zahl von 70 000 bis 80 000 besetzter Blocks je ha eingehalten wird. Auch diese Möglichkeit ist in Bild 3, links, als markiertes Band eingezeichnet. Jetzt wird auch bei etwa 7 oder 8 Pflanzen je m mit der Blockbreite von 7 cm noch eine ausreichende Zahl grüner Blocks hergestellt werden können.

Somit gestattet allein eine Veränderung der Blockbreite die Anpassung sowohl an die unterschiedlichen Pflanzenbestände als auch an die verschiedenen Reihenabstände. Das gilt nicht nur für die bisherigen Norm-Reihenabstände von 50 und 42 cm, sondern auch für beispielsweise 45 cm Reihenabstand. Zur Wahl der Block-

breiten sind in der Tafel 1 aufgrund der bisherigen Feldversuche Empfehlungen zusammengestellt für Reihenabstände von 50, 45 und 42 cm und Pflanzenaufgänge zwischen 10 und 23 beziehungsweise 7 bis 8 und 20 Pflanzen je m.

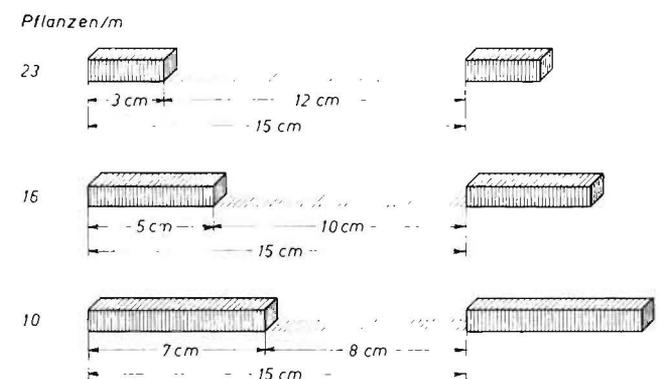


Bild 6: Anpassung an verschiedene Ausgangsbestände durch Veränderung nur der Blockbreite bei gleichbleibendem Blockabstand von 15 cm (für 50 cm Reihenabstand)

	Gesamt-blockzahl/ha	Besetzte Blocks Anteil %	Blocks Zahl/ha
Obere Reihe . . . . .	133 000	52	70 000
Mittlere Reihe . . . . .	133 000	60	80 000
Untere Reihe . . . . .	133 000	52	70 000

### Beschränkung der Doppelpflanzzahl

Bei der bisherigen Betrachtung wurde die oben aufgestellte Forderung, daß nicht mehr als 20–30% Doppelpflanzen auftreten sollen, zunächst außer acht gelassen. Es bedarf also einer gesonderten Nachprüfung, ob diese Bedingung bei den im vorigen Abschnitt gegebenen Empfehlungen erfüllt war. Doppelpflanzen oder zu eng stehende Rübenpflanzen können auf verschiedene Ursachen zurückgeführt werden:

1. Doppelkeimer;
2. Doppelbelegung von Zellen eines Einzelkornsägerates und ungleichmäßige Ablage im Boden;
3. mehrere Pflanzstellen in breiteren Blocks;
4. Nachbarpflanzen an den gegenüberliegenden Rändern von zu dicht liegenden Blocks (Bild 7).

#### Doppelkeimer

Die Zahl der Doppelkeimer herabzusetzen ist eine Aufgabe der Samenzüchter und -verarbeiter. Gegenüber dem Normsaatgut mit einer mittleren Keimzahl von 1,80 bis 2,00 ist mit dem segmentierten Monogermersaatgut bereits ein großer Fortschritt erreicht mit einer mittleren Keimzahl von etwa 1,25 bis 1,30 in der Laborprobe, die auf dem Feld je nach Feldaufgang auf 1,15 bis 1,20 zurückgehen kann. Auch das in den letzten Jahren stärker verbreitete polyploide Saatgut liegt mit einer mittleren Keimzahl von etwa 1,40 bis 1,60 beträchtlich niedriger als das Normsaatgut [19]. Ziel der Züchter des In- und Auslandes ist, ein genetisches Monogermersaatgut mit geringem Anteil an Doppelkeimern zu züchten. Die Entwicklung führt also dahin, daß diese Ursache der Doppelpflanzen mehr und mehr an Bedeutung verlieren wird.

#### Ablagefehler durch das Sägerat

Das Einzelkornsägerat kann in mehrfacher Hinsicht Ursache von zu eng stehenden Pflanzen sein. In erster Linie denkt man dabei an Doppelbelegungen der Zellen. Es sind aber heute die Grundlagen für eine exakte Ablage mit weniger als 3,5% Doppelbelegungen bekannt [20; 21], so daß auch diese Ursache künftig mit der Entwicklung entsprechender Geräte praktisch ausscheiden kann. Eine größere, aber in den meisten Fällen nicht erkannte (weil nur schwer nachweisbare) Fehlerquelle liegt bei vielen Geräten in den Roll- und Prallvorgängen in der Saatfurche. Selbst wenn die Geräte auf dem Leimstreifen die Knäuelteile in genau gleichmäßigen Abständen auswerfen, so ist die Endablage auf dem Feld oft stärker durch eine zu große Fallhöhe, durch eine unzuweckmäßige Scharform und durch noch andere Ursachen mehr gestört. Aufgrund neuerer Untersuchungen wird an anderer Stelle berichtet werden, wie mit einfachen Mitteln diese Mängel abzustellen sind. Beim Entwurf neuer Sägeräte sollte diesen Gesichtspunkten von vornherein die gebührende Beachtung geschenkt werden. Für die diesem Bericht zugrunde liegenden Feldversuche wurden Versuchssägeräte entwickelt, die den Beweis lieferten, daß auch höheren Anforderungen an eine Ablage der Saatknäule auf dem Feld ohne großen technischen Aufwand entsprochen werden kann. Die zur Zeit auf dem Markt befindlichen Geräte bleiben hinter diesem Idealbild der Einzelkornablage noch etwas zurück.

#### Mehrere Pflanzstellen in breiten Blocks

Doch selbst bei gleichmäßigen Samenabständen und hoch einkeimigem Saatgut sind trotzdem noch doppelt besetzte Blocks möglich, wenn die Blockbreite zwei Pflanzen aufnimmt, die im Samensollabstand voneinander entfernt stehen. Die Blockbreite kann also nicht beliebig breit gewählt werden. Sie sollte theoretisch kleiner, praktisch in der gleichen Größenordnung liegen wie der Sollabstand der Pflanzen. Diese Ursache für doppelt besetzte

Blocks wird um so schwerer wiegen, je geringer die Keimfähigkeit des Saatgutes wird, da dann höhere Saatstärken mit entsprechend engeren Abständen notwendig werden [18]. Da die Verteilung toter und lebensfähiger Samen im Boden zufallsbedingt ist, sind daher bei niedrigen Keimfähigkeiten außer großen Lücken, die sich sogar rechnerisch vorausbestimmen lassen [22; 23], auch Anhäufungen von Pflanzen zu erwarten. Während die Lücken die Endpflanzenzahl gefährden, verursachen die Pflanznahäufungen doppelt besetzte Blocks. Also auch diese Überlegung führt zu der Forderung nach möglichst hochwertigem Saatgut.

Tafel 1: Empfehlungen zur Wahl der Blockbreiten  
(Blockabstand = 15 cm)

Ausgangspflanzenbestand Pflanzen je m	Blockbreite [cm]		
	Reihenabstand 50 cm	Reihenabstand 45 cm	Reihenabstand 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	3,0
23	3,0	3,0	—

Bei 50 cm Reihenabstand im mittleren Bereich der Pflanzenaufgänge mit 14 bis 20 Pflanzen je m sind Blockbreiten von 4 bis 5 cm zu empfehlen (Tafel 1). Entsprechende Samenabstände von 4 bis 5 cm sind jedoch aufgrund früherer Untersuchungen [18] bei der heutigen Saatgutqualität nicht in allen Fällen vertretbar. Im allgemeinen sind 3 bis 4 cm Knäuelabstand richtig. Würde man die Blockbreite der Vereinzelnhackmaschine diesen Samenabständen von 3 bis 4 cm im mittleren Pflanzenzahlenbereich angleichen, so müßten bei dem dort verringerten Anteil besetzter Blocks (Bild 3) die Blockabstände auf 10 und etwa 11 cm verringert werden. Damit gerät man aber in gefährliche Nähe des Ausdünnverfahrens. Nur hochkeimfähiges Saatgut mit hoher Triebkraft gestattet, die Samenablage den Blockbreiten anzupassen. Das gilt in besonderem Maße für das genetisch einkeimige Saatgut, das aufgrund der geringen Keimreserve eine höhere Saatstärke verlangt. Nur durch hohe Saatgutqualität kann der Anteil doppelt besetzter Blocks mit Blockbreiten, die größer als der Samenabstand sind, verringert werden.

#### Nachbarschaftswirkung

Die Nachbarschaftswirkung von zwei Pflanzen, die sich in zwei benachbarten Blocks gegenüberstehen, tritt dort am stärksten hervor, wo die Hackbreite am kleinsten ist, also in einem lichten Pflanzenbestand. Stehen sich hier dann zwei Pflanzen an den Blockrändern gegenüber (Bild 7, unten), so können sie bei 15 cm Blockabstand einen Minimalabstand von 8 cm einnehmen. Stehen sie an den entgegengesetzten Blockrändern, so erweitert sich dieser Abstand auf 22 cm. Zwischen diesen beiden Werten liegen alle Abstände von Pflanzen in zwei benachbarten grünen Blocks. Der unterste Wert von 8 cm ist zweifellos eng, gemessen an dem Durchmesser der späteren Rüben von 10 bis 15 cm. Man muß aber bedenken, daß in diesem Extremfall nur 52% grüne Blocks vorhanden, also längst nicht alle Nachbarblocks mit Pflanzen besetzt sind, und daß von diesen besetzten Nachbarblocks wiederum bei nur einem kleineren Teil die Pflanzen sich eng an den Rändern gegenüberstehen. Ferner können die Rüben sich nach beiden

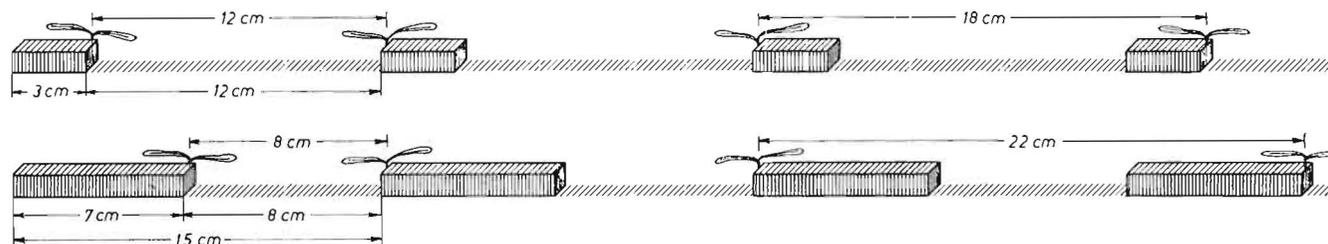


Bild 7: Abstände der Pflanzen in benachbarten grünen Blocks

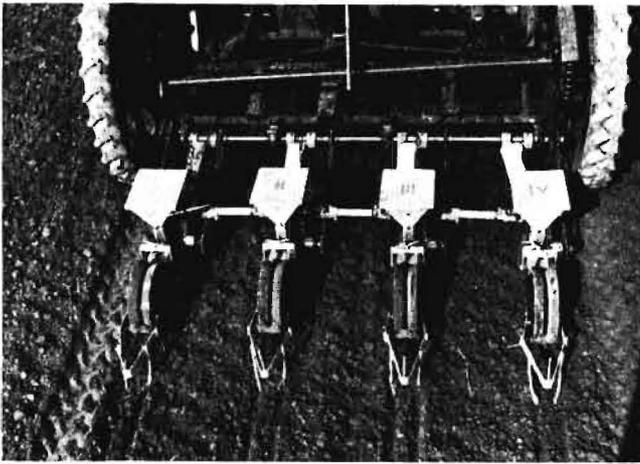


Bild 8: Einzelkornsämaschine bei der Aussaat (Versuchsausführung)

Seiten entwickeln, so daß eine größere Minderung ihrer Entwicklung wohl kaum zu erwarten ist. Die Bedenken, die oben gegen diese Nachbarschaftswirkung beim engeren Ausdünnen (Bild 2) geltend gemacht wurden, können bei dem hier zugrunde gelegten Blockabstand von 15 cm wohl zurückgestellt werden.

Insgesamt ist zu sagen, daß die Forderung nach Beschränkung der Doppelrüben (beziehungsweise zu eng stehender Pflanzen) auf 20 bis 30% bei Ausnutzung aller bisherigen technischen Möglichkeiten im Rahmen der oben empfohlenen Methode durchaus erreichbar erscheint.

#### Ergebnisse der Feldversuche und Laboruntersuchungen

Die diesjährigen Feldversuche sollten die genannten Folgerungen praktisch erproben. Eine eigens dazu entwickelte Einzelkornsämaschine<sup>2)</sup> (Bild 8), die auch auf dem Feld dem „Leinstreifen-Ideal“ nahegerückt ist, stellte auf mehreren Betrieben die Ausgangsbestände her. Unterschiede der Pflanzenzahlen je m Rübenreihe nach dem Aufgang konnten durch Säen mit 3, 4 und 5 cm Ablage sowie durch Saatgut mit unterschiedlichen Keimfähigkeiten, verbunden mit verschiedenen mittleren Keimzahlen, hergestellt werden. Dadurch blieb die natürliche Pflanzenverteilung erhalten. Da die statistischen Auswertungen der Pflanzenfolgen unmöglich in dem erforderlichen Umfang während der wenigen Tage durchgeführt werden konnten, die in der Zeit zwischen dem Auflaufen der Pflanzen und der Vereinzelung zur Verfügung standen, mußten die Bestände aufgenommen und zur späteren Auswertung im Labor festgehalten werden. Zu diesem Zweck wurden neben die Reihen Papierstreifen von jeweils 200 m Länge gelegt und auf diesen die Stellung jeder einzelnen Rübenpflanze durch Lochung markiert (Bild 9). Mittels einer Latte, die bei konstantem Blockabstand in verschiedene Block- und Hackbreiten unterteilt ist, konnte dann unabhängig vom Wetter im Labor die Wirkung der Verhackarbeit theoretisch studiert werden (Bild 10). Darüber hinaus wurden auch die Pflanzenreihen auf dem Feld mit denselben Unterstellungen wie im Labor von einer hierzu eigens entwickelten Versuchsmaschine maschinell vereinzelt. Mit als wichtigstes Ergebnis dieser letzten Versuche zeigte es sich, daß auch auf dem Feld scharf begrenzte Blocks in den geforderten Maßen und Abständen (Bild 11) hergestellt werden können. Bild 12 zeigt die Ergebnisse dieser Feldversuche und Laboruntersuchungen. Wie zu erwarten, fällt bei konstanter Blockbreite mit abnehmendem Ausgangsbestand in Pflanzen je m auch der Anteil doppelt besetzter Blocks<sup>3)</sup>. Ferner verringert sich dieser Anteil bei gleicher Pflanzenzahl je m mit kleiner werdender Blockbreite. In diesem Diagramm sind die Blockmaße von Tafel 1 für 50 cm Reihenabstand als volle Punkte eingeblendet, die nach den Ausführungen im vorigen Abschnitt notwendig sind, um bei konstantem Blockabstand einen ausreichenden Endbestand zwischen 70000 und 80000 besetzter Blocks je ha sicher zu erzielen. Tatsächlich pendelt der Anteil der mehrfach besetzten Blocks zwischen 20 und 30% (Bild 12). Die eingangs gestellte Forderung, „nicht mehr als 30% Doppelrüben“, konnte also mit diesem Ver-

<sup>2)</sup> Hierüber wird demnächst an anderer Stelle berichtet werden.

<sup>3)</sup> Die Anteile doppelt besetzter Blocks sind bezogen auf die Zahl der besetzten Blocks.



Bild 9: Übertragung des Pflanzenstandes auf Papierband

einzelhackverfahren erfüllt werden, allerdings in Beständen, die mit einer sehr exakt arbeitenden Einzelkornsämaschine bestellt wurden.

Auch in Beständen, die mit weniger exakt arbeitenden Einzelkornsägeräten gesät wurden, wird man — gutes Saatgut vorausgesetzt — von mindestens 10 Pflanzen je m Ausgangsbestand an die ausreichende Anzahl besetzter Blocks erhalten können. Der Anteil doppelt besetzter Blocks wird aber von mittleren Ausgangsbeständen an die Grenze von 30% übersteigen, und zwar um so mehr, je weniger die Samenablagen der betreffenden Sägeräte das Idealbild einer exakten Einzelkornablage erreichen. In diesen Fällen bleibt es dem Landwirt überlassen, nachträglich eine Korrektur von Hand vorzunehmen oder vermehrten Arbeitsaufwand bei der Rundhacke in Kauf zu nehmen.

#### Zahl und Größe der Lücken

Eine weitere Forderung, die an ein vollmechanisches Vereinzelhackverfahren zu stellen ist, betrifft die Zahl und Größe der Lücken, die keine ertragsmindernde Wirkung erreichen sollte. Nach dem mechanischen Vereinzelhacken sieht der Pflanzenbestand völlig anders aus, als der Landwirt bisher seinen Endpflanzenbestand zu sehen gewohnt ist. Betrachtet man einmal nur die Abstände besetzter Blocks, läßt also die feineren Abstandschwankungen innerhalb der Blockbreite außer Betracht, so wird



Bild 10: Einteilung der Verhack-Meßlatte (Blockabstand = 15 cm, Blockbreiten: 3, 4, 5, 6, 7 cm)



Bild 11: Scharf begrenzte und maßhaltige Blocks in einer Rübenreihe

man von nur einem bis zum mehrfachen Blockabstand alle Abstandsmöglichkeiten der Pflanzen vorfinden. Auch werden Häufungen von mehreren im einfachen Blockabstand hintereinander liegenden besetzten Blocks neben größeren Lücken bis über 1 m auftreten. Bei den diesjährigen Feldversuchen wurden diese verschiedenen Pflanzenabstände in einem großen Umfang, der die wünschenswerte statistische Sicherung gewährleistet, ausgezählt. Diese Zählungen wurden in exakt gesäten Beständen verschiedener Dichte des Aufganges vorgenommen, die nach den oben gegebenen Empfehlungen mit 15 cm Blockabstand vereinzelt waren. Das Ergebnis ist in Bild 13 als relative Häufigkeit gleicher Abstände grüner Blocks in 1, 2, 3... Blockabständen, also von 15, 30, 45 cm... dargestellt. Ein Wert von 5% bedeutet folglich, daß jeder zwanzigste Pflanzenabstand der betreffenden Lückenlänge entspricht. Die Ergebnisse schwanken je nach Blockbreite und Ausgangsbestand innerhalb des in jeder Säule schraffiert gekennzeichneten Schwankungsbereiches. So standen im einfachen Blockabstand von 15 cm im Durchschnitt 57,5% aller benachbarten Pflanzen mit einem Schwankungsbereich von 52,5 bis 67,5%, im doppelten Blockabstand von 30 cm im Durchschnitt 22,9% mit einem Schwankungsbereich von 18,8 bis 24,8%... Ein klareres Bild ergibt sich, wenn man die relative Summenhäufigkeit gleicher Abstände besetzter Blocks von 1, 2, 3... Blockabständen darstellt (Bild 14). Demnach stehen im Durchschnitt 91,2% aller „grünen Blocks“ in Abständen zwischen 15 und 45 cm, und bis zu 75 cm Abstand sind bereits im Durchschnitt 98,1% erreicht. Ob und wie weit eine solche Pflanzenverteilung eine Ertragsminderung verursacht, wird im Institut für Zuckerrübenforschung, Göttingen, gesondert untersucht.

### Frage der Unkrautvernichtung

Schließlich bleibt noch die Frage kurz zu erörtern, wie es bei einem vollmechanischen Vereinzeln mit der Unkrautvernichtung innerhalb der Pflanzenreihe aussieht. Beim Handvereinzeln werden nicht nur die überzähligen Rübenpflanzen, sondern auch die Unkräuter weggehakt. Beim vollmechanischen Vereinzeln bleiben in den Blocks Rüben und Unkrautpflanzen verschont, so daß letztere bei der nachfolgenden Rundhacke entfernt werden müssen. Beseitigt wird das Unkraut nur in den Hackbreiten, deren Summe zwischen 53 und 80% der gesamten Reihenlänge ausmacht (Tafel 2). Die Unkrautgefahr ist um so geringer, je dichter der Ausgangsbestand ist, da hier ein größerer Reihenanteil weggehakt wird. Wenn es gelingt, den untersten Bestand von 10 Pflanzen je m bei gleicher Saatstärke auf etwa 15 Pflanzen je m vor dem Vereinzeln anzuheben, dann steigt der von der Maschine behackte Reihenanteil von 53% auf fast 70%. Also auch aus dieser Sicht wieder die Forderung zu möglichst hoher Saatgutqualität.

Diese Sorgen werden mit einer wirklich zuverlässigen chemischen Unkrautbekämpfung weitgehend aus der Welt geschafft werden können. Es ist zu hoffen, daß die weitere Entwicklung dieses Verfahrens, an dem in allen Ländern ununterbrochen gearbeitet wird,

**Tafel 2: Blockbreiten und Anteile behackter Reihenlänge**  
(Blockabstand = 15 cm)

Blockbreite [cm]	Hackbreite [cm]	Hackanteil [%]
7	8	53
6	9	60
5	10	67
4	11	73
3	12	80

bald zu einem vollen Erfolg führen wird. Auch die einfachere und billigere ganzflächige mechanische Unkrautbekämpfung kann eine große Hilfe bringen. Nach neuen Nachrichten hat diese Methode auch im amerikanischen Rübenbau, wo bisher nur die chemische Unkrautbekämpfung verfolgt wurde, erfolgreich Eingang gefunden. Sie ermöglicht auch eine Wiederholung nach dem Vereinzeln, da die Rübenpflanzen dann ziemlich unempfindlich sind. Immerhin wird man aber je Eggenstrich mit einem gewissen Pflanzenausfall rechnen müssen. In früheren Untersuchungen [24] wurde in nicht vereinzelt Beständen je nach Wachstumszustand ein Pflanzenverlust zwischen etwa 4 und 10% festgestellt. Es ist zu erwarten, daß in maschinell vereinzelt Beständen der Pflanzenausfall an der unteren Grenze zu finden sein wird, da die licht stehenden Pflanzen dem Eggenzinken besser ausweichen können. Bei der Einstellung der gedachten Vereinzelmackmaschine müßte ein dementsprechend größerer Endbestand angesteuert werden.

### Empfehlungen für die Konstruktion und den Einsatz der Maschine

Rückblickend läßt sich für den Ingenieur die Konstruktionsaufgabe für die Schaffung einer vollmechanischen Vereinzelmackmaschine von den Einsatzanforderungen her folgendermaßen umreißen:

1. Das mechanische Vereinzeln muß in einem einzigen gezielten Arbeitsgang den gewünschten Pflanzenendbestand erreichen. Dazu ist es notwendig,
2. saubere Blocks in den Pflanzenreihen herzustellen, so daß lebende und tote Pflanzen sofort erkennbar sind. Die Messer dürfen also in keinem Fall die Blocks in Fahrtrichtung fortschieben und damit die stehenbleibenden Pflanzen lockern oder gar in den Wurzeln abreißen oder auch Pflanzen verschütten.
3. Es wird voraussichtlich genügen, den Blockabstand konstant zu halten im Bereich von 15 cm. Die Blockbreite muß während der Arbeit gleichmäßig bleiben, an der Maschine aber leicht und schnell zwischen etwa 3 und 7 cm verändert werden können. Die Verstellung sollte tunlichst stufenlos, mindestens aber in Stufen von je 0,5 cm möglich sein.
4. Die Zahl der Hackschläge je m Reihenlänge sollte konstant und unabhängig von der Fahrgeschwindigkeit bleiben. Ein weg-

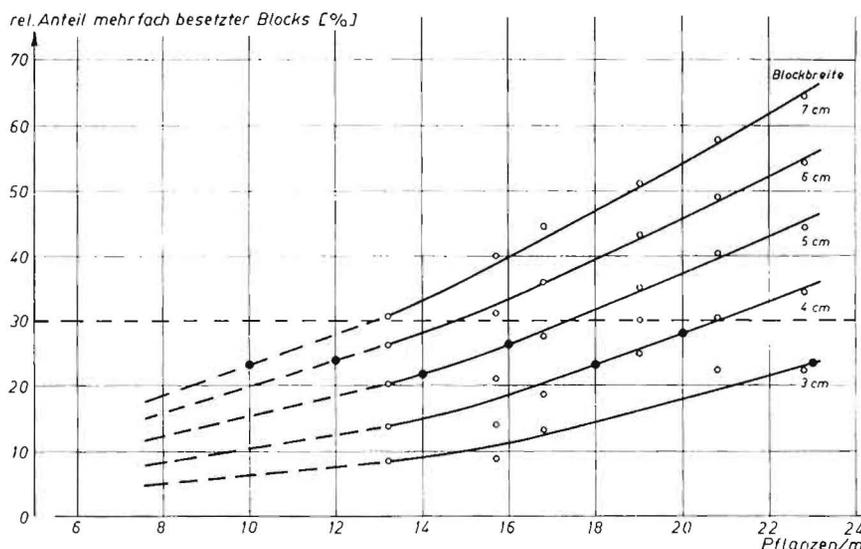


Bild 12: Relative Anteile mehrfach besetzter Blocks

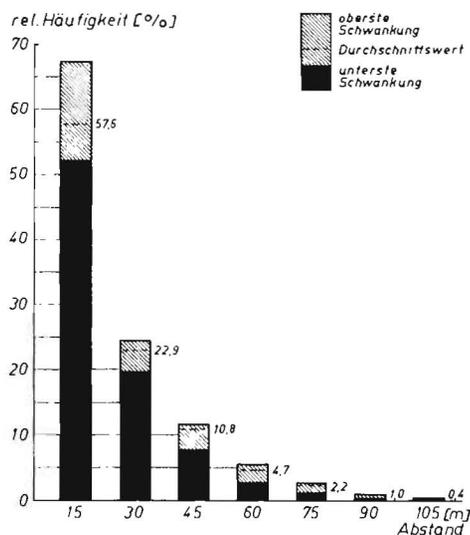


Bild 13: Relative Häufigkeit gleicher Abstände besetzter Blocks

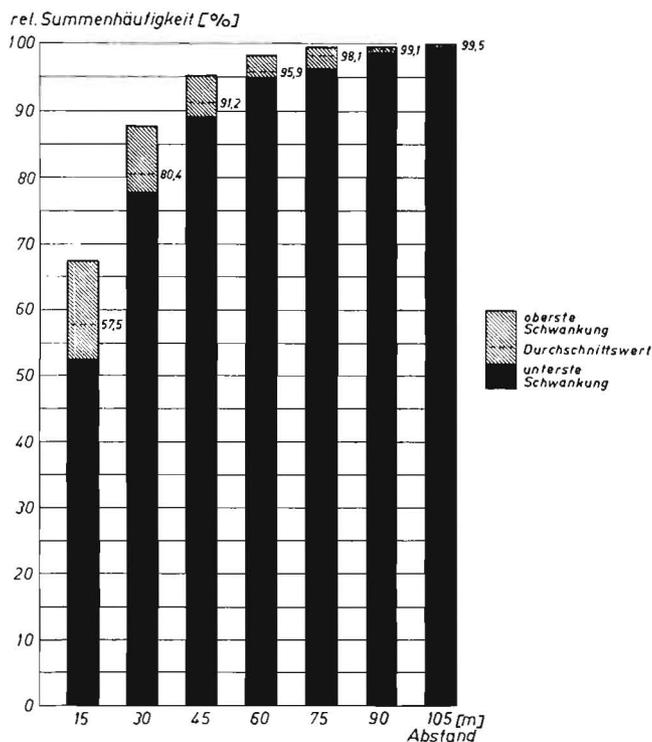


Bild 14: Relative Summenhäufigkeit gleicher Abstände besetzter Blocks

abhängiger Antrieb ist also erforderlich. Hierzu bieten sich sowohl die Wegzapfwelle als auch die Räder einer Vereinzelmackmaschine mit eigenem Fahrgestell und Zentralantrieb an. Schwieriger ist der Antrieb mit der Motor- und Getriebezapfwelle, da dann eine Anpassung an die Gangabstufung und an die je nach Schlepperfabrikat unterschiedlichen Übersetzungsverhältnisse erforderlich ist. Durch eine bei der Lieferung zu wählende Übersetzung, die den Blockabstand von 15 cm bei einer Geschwindigkeit sichert, müßte die Vereinzelmackmaschine einem bestimmten Schlepper angepaßt werden. Eine weitere Antriebsmöglichkeit bietet die Schlepperradnabe, die jedoch auch eine Anpassung an mehrere Reifengrößen verlangt.

5. Um einen „gezielten“ Einsatz zu sichern, müssen Fehler, die durch falsches Ansteuern der Reihe auftreten, vermieden werden. Die Maschine muß also entweder eine Steuervorrichtung erhalten, sofern sie nicht als Zwischenachsgerät gebaut ist, oder aber sie muß von der Konstruktion her sehr steuerempfindlich sein. Das gilt in gleichem Maße auch für die Tiefensteuerung der Werkzeuge.

6. An jeder Maschine sollte in dauerhafter und wetterfester Ausführung eine Tabelle fest angebracht sein, aus der der Landwirt ähnlich wie aus der Tafel 1 die für verschiedene Pflanzenbestände empfohlenen Blockbreiten ersehen und danach die Ersteinstellung seiner Maschine vornehmen kann.

Der Landwirt, der mit diesem Gerät seinen Bestand vereinzeln will, muß als erstes die Dichte des Bestandes feststellen. Er geht ähnlich, wie schon früher für das Ausdünnen empfohlen [15; 26], diagonal über sein Feld und zählt — jetzt jedoch ohne besonders eingeteilte Meßlatte — in mehreren Reihen die Pflanzen auf jeweils 10 m Reihenzahl. Aus der an der Maschine angebrachten Tabelle entnimmt er dann die Empfehlung zur Ersteinstellung seiner Maschine. Mit dieser Einstellung wird zuerst einmal eine Proberihe bearbeitet und das Ergebnis sofort kontrolliert. Je nach der vorgefundenen Zahl besetzter Blocks kann er dann die Einstellung bei Bedarf korrigieren, also die Endpflanzenzahl erhöhen durch größere oder verringern durch kleinere Blockbreite.

Wenn es wohl auch noch einiger Zeit bedarf, bis dieses ganze ineinandergreifende Zahnradwerk, angefangen bei hochwertigem Monogermersaatgut über exakt arbeitende Einzelkornsäuger bis zum mechanischen Vereinzelmackgerät bei einfacher Bedienung reibungslos laufen wird, so ist doch heute schon zu übersehen, daß der Zuckerrübenbau auch dann noch durchführbar sein wird, wenn

keine zusätzlichen Arbeitskräfte für das Vereinzeln zu bekommen sind.

## Zusammenfassung

Es ist möglich, mit einem einfachen mechanischen Verfahren die Vereinzlungsarbeit zu mechanisieren. Es wird ein gleichmäßiges Raster von abwechselnd Hack- und Blockstellen über den Pflanzenbestand gelegt. Dabei muß in Kauf genommen werden, daß der Pflanzenabstand in der Reihe nicht gleichmäßig ist und daß im Endbestand nicht ausschließlich Einzelpflanzen zu finden sind. In- und ausländische Erfahrungen und Untersuchungen haben jedoch gezeigt, daß dadurch weder der Ertrag gemindert noch die Verarbeitung der Rüben in der Zuckerfabrik erschwert wird. Es genügt, 70000 bis 80000 Einzel- oder Doppelpflanzen je ha einigermaßen verteilt vorzufinden, wobei der Anteil an Doppelpflanzen bis zu 30% ansteigen kann.

Theoretische Überlegungen und praktische Feldversuche haben ergeben, daß in stark besetzten Ausgangsbeständen schmale Blocks mit großen Hackbreiten und in dünnen Ausgangsbeständen breite Blocks mit schmalen Hackbreiten sinnvoll sind. Es wird dabei voraussichtlich genügen, den Blockabstand im Bereich von 15 cm konstant zu halten, während die Blockbreite durch Veränderung zwischen etwa 3 und 7 cm dem jeweiligen Ausgangsbestand angepaßt werden kann.

## Schrifttum

- [1] KLAPP, E.: Lehrbuch des Acker- und Pflanzenbaues. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin 1958
- [2] LÜDECKE, H.: Zuckerrübenbau. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin 1953
- [3] JELLER, C.: Möglichkeiten und Aussichten der Mechanisierung der Vereinzlungsarbeiten bei Zuckerrüben. Landtechnische Forschung 5 (1955), S. 77—81
- [4] DENCKER, C. H.: Verfahren und technische Hilfsmittel für den Rübenbau. In: Handbuch der Landtechnik. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin 1961, S. 849—942
- [5] DENCKER, C. H.: Möglichkeiten und Ziele einer Mechanisierung des Rübenbaues. Zucker 5 (1952), S. 335—342
- [6] STEMBERLING, K.: Der sowjetische Zuckerrübenbau und seine Mechanisierung. Diss. Bonn 1959
- [7] KNOLLE, W.: Aussichten für maschinelles Rübenverhacken. TidL 21, (1940), S. 51—53
- [8] DAVIS, I. F., and W. METZLER: Sugar Beet Labor in Northern Colorado. Technical Bulletin. 63, Col. State University, Fort Collins 1958
- [9] MERVINE, E. M., and R. D. BARMINGTON: Mechanical Thinning of Sugar Beets. Bulletin. 476, Col. Agr. Exp. Stat., Fort Collins 1943
- [10] RICHARZ, W.: Untersuchungen an Rübenausdüngeräten. Landtechnische Forschung 6 (1956), S. 132—138
- [11] FERLEMANN, W.: Arbeitersparnis, Rübenbestände und Erträge nach maschinellm Ausdünnen. Zucker 10 (1957), S. 291—295
- [12] MAUGHAM, G. L.: Mechanization of the Spring Cultivation of Sugar Beet. XXI. Kongreß des IIRB, Brüssel 1958
- [13] JELLER, C.: Die Arbeit im Zuckerrübenbau in Nord Colorado. Zeitschrift für die Zuckerindustrie 10 (1960), S. 543—544
- [14] JELLER, C.: Mechanisierung des Zuckerrübenbaues im Ausland. Landtechnik 16 (1961), S. 244—249
- [15] SCHAEFFER-KEHNERT, W., and H. U. V. KLITZING: Versuche zum mechanischen Vereinzeln von Zuckerrüben. Landtechnik 9 (1954), S. 504—508
- [16] RICKERMANN, K. H.: Untersuchungen über die Möglichkeit des Anbaues nicht verzogener Rüben. Diss. Bonn 1953
- [17] LÜDECKE, H., and H. SCHAFMEYER: Möglichkeiten zur Erleichterung der Vereinzlungsarbeiten im Rübenbau. Zucker 6 (1953), S. 317—321
- [18] DENCKER, C. H., C. HELLER und W. BRINKMANN: Saatgut und Saatstärke in der Zuckerrübenbestellung. Landtechnische Forschung 9 (1959), S. 1—8
- [19] BRINKMANN, W.: Zuckerrüben-Saatgut und -Säugeräte. Landtechnik 16 (1961), S. 121—127
- [20] BRINKMANN, W.: Einzelkornablage von aufbereitetem Rübensaatgut. Landtechnische Forschung 6 (1956), S. 125—132
- [21] BRINKMANN, W.: Kalibrierung von Monogermersaatgut. Landtechnische Forschung 9 (1959), S. 76—79
- [22] CZECHANOWSKI, G.: Aussichten für eine weitere Erleichterung der Rübenpflege. Zucker 6 (1953), S. 237—242
- [23] FISSLER, H.: Die Vorausberechnung der Fehlstellenzahl beim maschinellen Verhacken. Landtechnische Forschung 2 (1952), S. 140—144
- [24] HELLER, C.: Ganzflächige Bearbeitung auch in der Rübenpflege. Mitteilungen der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft 70 (1955), S. 391—392
- [25] HELLER, C.: Das Vereinzeln der Zuckerrüben. Landtechnik 16 (1961), S. 130—137
- [26] SCHAFMEYER, H.: Probleme beim Einsatz von Auslichtungsmaschinen. Die Zuckerrübe 8 (1959), H. 2, S. 10—14

## Résumé

Wolfgang Brinkmann: „Mechanical Thinning of Sugar-Beet Crops.“

It is quite possible to mechanize thinning operations by the use of a simple mechanical process. A regular grid having alternate hoeing and block patches is placed over the plants. The distance between plants is not always the same and not only single plants will be found. Experience gained at home and abroad, as well as results of tests, have proved that neither the yield will be diminished nor the labour of processing the beets in the sugar-factory will be more difficult. It is sufficient if 70,000 to 80,000 single or double plants

per hectare can be found reasonably well distributed. The proportion of double plants can rise to 30% in such cases.

Theoretical conclusions and trials made in the field under practical operating conditions prove that with concentrated clusters of plants, narrow blocks and wide hoeing patches and, with more thinly scattered clusters, wide blocks and narrow hoeing patches are suitable. It would suffice if the distance between blocks be kept constant at 15 cm. The width of the blocks can be varied from 3 to 7 cm to suit prevailing operating conditions.

Wolfgang Brinkmann: «Le démarrage mécanique des betteraves.»

Il est possible de mécaniser le démarrage des betteraves par une méthode mécanique très simple. On trace sur la population de plantes un réseau régulier d'espaces binés et d'espaces épargnés. Il en résulte une population dont la distance entre les plantes dans un rang n'est pas régulière et qui ne comporte pas seulement des plantes isolées. Cependant, les expériences et les recherches effectuées en Allemagne et à l'étranger ont montré que cela n'entraîne ni une diminution du rendement ni une complication de l'usinage des betteraves. Il suffit que 70000 à 80000 plantes isolées ou doubles soient réparties à peu près uniformément sur un ha et que le pourcentage de plantes doubles ne dépasse pas 30%.

Il résulte des réflexions théoriques et des essais pratiques dans le champ qu'une population initiale dense exige des espaces épargnés

réduits et des espaces binés larges, tandis que les populations initiales claires exigent des espaces épargnés importants et des espaces binés réduits. Une distance constante de 15 cm entre les espaces épargnés convient probablement tandis que la largeur de ces espaces peut varier de 3 à 7 cm suivant la population initiale.

Wolfgang Brinkmann: «Separación mecánica de la remolacha azucarera.»

El trabajo de separación de las plantas de remolacha puede mecanizarse por un procedimiento mecánico sencillo. Se coloca una trama igual de superficies alternas a azadonar y de bloques encima de las plantas. Resulta entonces que las plantas no guardan distancia igual en las líneas y que en el estado definitivo no se encuentran exclusivamente plantas aisladas entre sí. Pero la experiencia, tanto en el país como en el extranjero, así como las investigaciones hechas, han demostrado que esto ni reduce el rendimiento, ni sirve para hacer el laboreo en la fábrica más difícil. Basta que en un hectárea se encuentren de 70000 a 80000 plantas individuales o dobles bien repartidas, pudiendo llegar el número de plantas doble hasta el 30%.

Consideraciones teóricas y ensayos prácticos han demostrado que convienen bloques estrechos con franjas de azadonar anchas en campos de plantación espesa y bloques anchos con franjas a azadonar estrechas en plantaciones de vegetación clara. Bastará probablemente conservar la distancia entre bloque y bloque en aprox. 15 cm, pudiendo ajustarse el ancho de los bloques en aprox. 3 a 7 cm, según la riqueza primitiva en plantas.

Gerhard Welschhof:

## Beitrag zur Messung der Ausflußmengen körniger Güter mit Blenden und Düsen

Institut für Landtechnik, Stuttgart-Hohenheim

Die Anwendung von Blenden und Düsen zur Messung von Strömen aus körnigem Gut hat viele Vorteile. Als Meßeinrichtungen sind sie einfach und können bei entsprechender Ausführung lange Zeit ohne Nacheichung verwendet werden. Blenden haben eine geringe Bauhöhe und lassen sich darum auch noch nachträglich in vorhandene Anlagen einbauen. Eine wichtige Voraussetzung für die Anwendung von Blenden und Düsen bei der Messung von Gutströmen ist die Bedingung, daß die physikalischen Eigenschaften des zu messenden Gutes während der Meßzeit gleich bleiben.

### Bisherige Untersuchungen

Bewährt haben sich Blenden und Düsen bei der Ausflußmessung von Strömen aus Getreide aller Art, Sojabohnen, verschiedenen Sämereien, trockenen Düngemitteln, trockenen Sanden, Kugeln oder kleinen Stücken aus Aluminium, Stahl, Blei und Glas [1÷5]. Bei den in der Literatur beschriebenen Meßgeräten waren die Durchmesser der Ausflußöffnungen  $d = 5$  bis 100 mm weit, die Teilchengrößen der Stoffe schwankten zwischen  $d_K = 0,1$  und 5 mm.

In vielen Einzeluntersuchungen wurden Berechnungsformeln für die Ausflußmessung von Gutsströmen mit Blenden und Düsen veröffentlicht [2÷4]. Ist  $G$  [kg/s] der Gewichtsstrom durch eine Blende mit dem Durchmesser  $D$  [m],  $g$  [m/s<sup>2</sup>] die Erdbeschleunigung und  $\gamma_s$  [kg/m<sup>3</sup>] das Schüttgewicht des Gutes, kann man die von verschiedenen Autoren aufgestellten Erfahrungsformeln in der Form

$$G = k \gamma_s D^n g^{0,5} \quad (1)$$

schreiben. Die Konstante  $k$  wird mit 0,5 . . . 0,9 angegeben, der Exponent  $n$  hat den Wert 2,45 . . . 2,85, wobei Gl. (1) nur für  $n = 2,5$  dimensionsrichtig ist. Auf Grund von Versuchen mit zahlreichen Stoffen wurde von RAUSCH [3] eine ausführlichere Beziehung gefunden,

$$G = \frac{\mu_D \cdot \mu_K}{1,95 \sqrt{\tan \varrho}} \left( \frac{d}{d_K} \right)^{2,7} \gamma_s a_n^{2,5} g^{0,5}, \quad (2)$$

bei der  $\varrho$  der Winkel der inneren Reibung des Gutes und  $d_K$  der Teilchendurchmesser ist. Der Beiwert  $\mu_K$  berücksichtigt den Ein-

fluß eines ungleichen Schüttgewichtes  $\gamma_s$  in den Ausflußbehältern und  $\mu_D$  erfaßt den Einfluß der Neigung des Behälterbodens. Bei waagerechten Blenden ist  $\mu_D \approx 1$ ;  $\mu_K$  kann gleich 1 gesetzt werden, wenn der Behälterdurchmesser  $D$  etwa 15 bis 20 mal größer als der Korndurchmesser  $d_K$  ist [2; 3].

Bei großen Blendenöffnungen zeigten eigene Versuche<sup>1)</sup> mit Weizen eine gute Übereinstimmung mit der Rechnung nach Gl. (2). Bei kleinen Werten für das Durchmesser Verhältnis  $d/d_K$  (Blendendurchmesser zu Korndurchmesser) wurden aber größere Unterschiede zwischen Messung und Rechnung mit den angegebenen Formeln festgestellt. Die Erklärung dafür ergibt sich aus Gl. (2), die für den Durchsatz  $G = 0$  den Blendendurchmesser  $d = 0$  liefert. Die Erfahrung zeigt aber, daß eine stetige Gutströmung schon dann nicht mehr möglich ist, wenn der Blenden- oder Düsendurchmesser  $d$  noch mehrfach größer als der Teilchendurchmesser  $d_K$  ist.

### Ableitung von Ausflußformeln

Analog zu den Verhältnissen beim Ausfluß von Flüssigkeiten in Luft gilt für den Gewichtsstrom des Korngutes durch Blenden und Düsen, wenn die Zufußgeschwindigkeit vernachlässigbar klein ist:

$$G = \mu^* \gamma_s^* F^* \sqrt{2g \frac{p}{\gamma_s^*}} \quad (3)$$

In Gl. (3) ist  $\gamma_s^*$  das Schüttgewicht des ausfließenden Gutes, und dieses ist meist geringer als das Schüttgewicht  $\gamma_s$  im Ruhezustand. Der wirksame Ausflußquerschnitt  $F^* = d^{*2} \pi / 4$  ist kleiner als der Blendenquerschnitt  $F$ , damit ist auch  $d^*$  kleiner als  $d$  (Bild 1). Die Ausflußziffer  $\mu^*$  muß durch Messungen bestimmt werden; fließt Wasser aus einem Behälter in Luft aus, ist  $\mu^* = 0,6 \dots 0,9$ . Bei körnigen Schüttgütern ist die Ausflußzahl sehr viel kleiner, da der Energieverlust durch die innere Reibung dieser Stoffe größer als bei Flüssigkeiten ist. Durch das Gewicht des fließenden Korngutes wird dann der statische Druck  $p$  in der Blendenebene hervorgerufen.

<sup>1)</sup> Die vorliegenden Untersuchungen wurden im Rahmen umfangreicher Messungen an pneumatischen Förderanlagen mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft im Institut für Landtechnik der Landwirtschaftlichen Hochschule Hohenheim (Direktor: Prof. Dr.-Ing. G. SEGLER) durchgeführt