

Beim Pflügen auf sandigem Boden wurde festgestellt, daß es zur besseren Ausnutzung des Getriebes notwendig ist, die Räder des Pfluges breiter zu bauen und mit breiteren Greifern auszurüsten.

Bild 5 zeigt den Zugkraftverlauf bei einem Versuch. Bei Punkt B wurde das Getriebe ausgeschaltet, die Zugkraft stieg sofort

an und verringerte sich nach erneutem Einschalten des Getriebes (C) wieder.

Aus ähnlichen Versuchen im Ausland, unter anderem in Italien, ging hervor, daß ein 40-PS-Traktor (Gummibereifung) mit einem entsprechenden, durch die Zapfwelle angetriebenem Pflug die gleiche Fläche pflügen kann wie ein 50-PS-Kettenschlepper mit einem Pflug ohne Antrieb.

A 4562

Dr. K. BAGANZ\*)

## Die maschinelle Steinentfernung im norddeutschen Moränengebiet

(Eine Studie zum Problem „Steinesammeln“)

### 1. Einführung

#### 1.1 Aufgabenstellung

Während früher das Ablesen der großen, auf der Feldoberfläche liegenden Steine als Winterarbeit manuell erfolgte, wird dieser in steinigern Gebieten notwendige Arbeitsgang heute oft mit der Begründung des Arbeitskräftemangels nicht durchgeführt. Auf den nicht abgelesenen Flächen entstehen dann beim Einsatz der Landmaschinen häufig nennenswerte, vermeidbare Maschinenstörungen und -ausfälle durch diese Oberflächensteine. Ferner erfordert der Einsatz neuer Maschinentypen, z. B. der Kartoffelsammelroder, eine Entfernung von Steinen in einem Umfang sowohl hinsichtlich der Steingröße als auch der Entsteingungstiefe, der weit über den der bisherigen Oberflächenentsteingung hinausgeht.

Daher tauchte die Forderung nach Steinentfernungsgeräten mit dem vermehrten Einsatz von Maschinen in der Feldwirtschaft in den letzten Jahren stärker auf.

Besonders zahlreich waren die Vorschläge hierzu aus dem nördlichen Raum der DDR, wo eine Entfernung der hier auftretenden eiszeitlichen Geschiebe keinerlei Anlaß zu Diskussionen über eine evtl. negative Beeinflussung der Bodenfruchtbarkeit geben kann.

Die in diesen Gebieten in der Ackerkrume vorkommenden Steine bestehen überwiegend aus Granit und ähnlichem Hartgestein in runder bis länglicher Form. Über die auftretenden Mengen liegen nur spärliche Unterlagen vor. Während in amerikanischen Veröffentlichungen [13] angeführt wird, daß im Bereich von 5 bis 22 cm Dmr. bis zu 1280 dt/ha gesammelt wurden, ergaben Messungen aus den norddeutschen Moränengebieten wesentlich geringere Werte.

Im VEG Hagelberg (Fläming) rechnet man bei der Oberflächenentsteingung (10 bis 60 cm Steindurchmesser) mit einem Anfall von 150 dt/ha. Eigene Messungen an verschiedenen Orten in den Bezirken Potsdam und Frankfurt/Oder ergaben bei 12 cm Entsteingungstiefe und dem Durchmesserbereich<sup>1)</sup> 2 bis 30 cm Steinerträge um 300 dt/ha. Damit ergäbe sich, auf den Kubikmeter entsteinten Boden bezogen, ein Steinanfall um 25 kg/m<sup>3</sup>. Der für eine Entsteingung in Frage kommende Bereich dürfte mit 10 bis 50 kg/m<sup>3</sup> im Steingrößenbereich 3 bis 30 cm zu kalkulieren sein. Einen Überblick über die bei einem Entsteignungsversuch im Fläming aufgetretenen Steingrößen gibt Bild 1.

#### 1.2. Internationaler Überblick

Im Vergleich zu anderen Landmaschinentypen sind Serienausführungen von Steinsammelmaschinen international nur in begrenztem Umfang zu finden. Auch sind kaum Angaben

\*) Institut für Landtechnik Potsdam-Bornim der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin.

1) Im folgenden ist unter Steindurchmesser der mittlere Durchmesser

$$d = 2\sqrt[3]{a \cdot b \cdot c}$$

zu verstehen, wobei a, b, c die Ellipsoidhalbachsen darstellen.

über ihre tatsächliche Arbeitsleistung und -qualität zu erhalten. Das frühe Entwicklungsstadium dieser Maschinen drückt sich auch in der Vielzahl von Konstruktionsformen für die gleiche Arbeitsaufgabe aus [3] [5] [7] [10] [11] [12].

Die Maschinen zur Entfernung von Steinen bis etwa 30 cm Dmr. lassen sich in kontinuierlich und absatzweise arbeitende unterscheiden.

In einigen Ausführungen der kontinuierlich arbeitenden Steinsammler werden verstärkte Siebkettenroder mit einer Bunker-einrichtung bzw. mit einem Verladeband versehen (Lockwood [Bild 2]; John Deere; Hagedorn). Diese Maschinen, die auf bekannten Arbeitselementen aufbauen, sind bei Arbeitsbreiten bis 140 cm in der Lage, Steine über etwa 30 mm Dmr. bis zu einer Tiefe von 20 cm zu entfernen. Die Maschinenmassen liegen um 1500 kg. Die Flächenleistung wird von der Siebfähigkeit des Bodens bestimmt und dürfte unter der von Kartoffelsammelroder bei vergleichbaren Bodenbedingungen liegen.

Die Maschinen einer anderen Konstruktionsrichtung unterfahren den zu entsteinenden Boden ebenfalls mit einem Schar und fördern das Erd-Stein-Gemisch zwangsläufig mit einem von oben her wirksamen haspelähnlichen Gerät weiter (Anderson; Pixtone [Bild 3]). Die Abseibung erfolgt durch einen der Haspelbahn angepaßten feststehenden Rost. Während bei der Anderson-Maschine die Steine in einem etwa 1,5 t fassenden Bunker hinter der Haspelachse gesammelt werden, fördert die gefederte Haspel des Pixtone-Steinsammlers die Steine überkopf in einen vor der Haspelachse liegenden 1-t-Bunker der

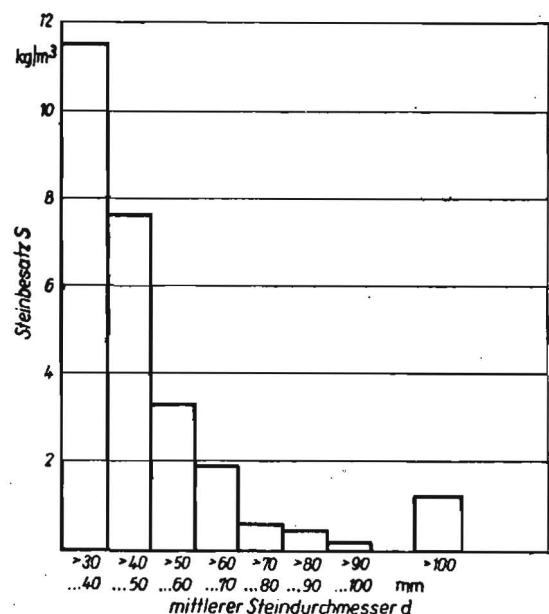


Bild 1. Vorkommen der einzelnen Steingrößenklassen (LPG Borne)

etwa 900 kg schweren Maschine. Eigene Versuche mit der letztgenannten Maschine ergaben, daß hiermit kaum größere Entsteinungstiefen als 10 cm erreicht werden können, wobei Steine über 35 mm Dmr. gesammelt werden. Die Flächenleistung ist auch stark von Bodenzustand und -feuchte abhängig. Bei Frühjahrseinsätzen in gepflügtem Sand lagen die Schichtleistungen um 0,5 ha/10 h bei 90 cm Arbeitsbreite.

Während bei den bisher genannten kontinuierlich arbeitenden Maschinen die Arbeitsbreite mit der Breite der Fördereinrichtungen übereinstimmt, sind auch Ausführungen mit Schwadeinrichtungen zur Vergrößerung der Arbeitsbreite bis etwa 2,5 m bekannt. Der Bergmann-Steinsammler benutzt zum Zusammenschwaden der Steine rotierende Zinkenwalzen, während der Steinrechen des VEB Meteor-Werk Zella-Mehlis mit feststehenden gefederten Zinken [Bild 4] arbeitet. Das letztgenannte Gerät ist hauptsächlich für das Schwaden mittelgroßer Oberflächensteine (7 bis 30 cm Dmr.) geeignet und muß mit mindestens 6 km/h gefahren werden, um eine ausreichende Förderung zur Mitte zu erzielen. Bei eigenen Versuchen konnten etwa  $\frac{2}{3}$  der vorhandenen Oberflächensteine in der genannten Größenklasse auf diese Weise geschwaden werden.

Absatzweise arbeiten Maschinen, die mit einer Zinkenschaufel die Steine sammeln und die Schaufel dann in einen Bunker oder Anhänger entladen (Minn-Kota; Bestland [Bild 5]).

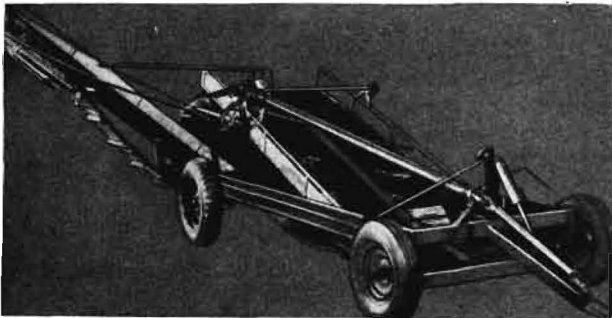


Bild 2. Steinsammelgerät 2-25 von Lockwood Graders, Gering, Nebr. mit Verladeband, 2-26 ist mit Bunker ausgestattet

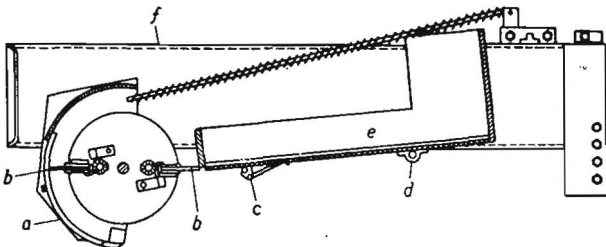


Bild 3. Schema des Steinsammelgeräts Pixtone von Steel Fabricators Ltd. Cardiff. a Rechen, b Sammelzinken, c Behälterverschluß, d Behälterscharnier, e Steinbehälter

Derartige Gabeln erwiesen sich bei unseren System-Versuchen hauptsächlich für größere Steine geeignet; ferner erforderten sie einen relativ trockenen und lockeren Boden, da keine zwangsläufige Absiebung auftritt. Bei Maschinenmassen um 1200 kg wird dieser Maschinentyp mit Arbeitsbreiten bis 2,4 m gebaut.

Für die Entfernung von Findlingen und anderen großen Steinen, die von den beschriebenen Maschinen nicht gesammelt werden können, werden absatzweise arbeitende Geräte wie Steinzangen, Rodegabeln u. ä. in Verbindung mit schweren Schleppern benutzt. Als Beispiel für diese Maschinengruppe soll das sowjetische Gerät RUB-150 dienen [Bild 6], das an den Kettenschlepper DT-54 montiert wird.

## 2. Untersuchungen

### 2.1. Systematik der Steinentfernungsverfahren

Bereits die bisherigen Ausführungen zeigen, daß es kaum möglich sein wird, alle Aufgaben der Steinentfernung, d. h. die

Entfernung der Steine – von 2 bis 3 cm Dmr. bis zu Findlinggröße – von der Feldoberfläche als auch aus dem Ackerboden bis zu einer Tiefe von 30 cm durch eine Maschine zu lösen. Daher ist es angebracht, eine Reihe unterschiedlicher Entsteinungsverfahren entsprechend den verschiedenen Aufgaben festzulegen.



Bild 4. Steinrechen vom VEB Meteorwerk Zella-Mehlis, System Jahn



Bild 5. Steinsammler Bestland von Sell Manuf. Comp. Twin Falls, Idaho

Die Urbarmachung von neu in die landwirtschaftliche Nutzung übernommenen Flächen erfordert die Entfernung von Findlingen und großen Steinen. Wird auf den leichten deutschen Böden eine Mächtigkeit der Krume von 25 bis 30 cm unterstellt, so wären bei der Urbarmachung alle Steine über etwa 30 cm Dmr. aus der Krume zu entfernen.

In den der Urbarmachung folgenden Jahren brauchten nur vereinzelte, später hochgeplügte Steine entfernt zu werden.

Auf in Kultur befindlichen Ackerflächen ist es erwünscht, die Oberflächensteine nach dem Pflügen zu entfernen, um Störungen an Drill-, Hack- und besonders Mähwerkzeugen zu vermeiden. Die untere, hierfür in Betracht kommende Steingröße dürfte bei etwa 5 bis 7 cm mittleren Durchmessers zu suchen sein. Die Arbeitstiefe könnte um 5 bis 10 cm liegen. Die Entfernung der Oberflächensteine wäre jährlich nach der Pflugarbeit nötig.

Um die Steine zu entfernen, die bei der Hackfrüchtereinte dadurch stören, daß sie von den Fördererelementen nicht abgeschieden und mit dem Erntegut gefördert werden, müssen die Siebspalten der Entsteinungsmaschine denen der Erntemaschine angepaßt werden. Damit ergibt sich im Hinblick auf Kartoffelerntemaschinen ein unterer Steindurchmesser von 30 mm. Um eine für längere Zeit wirksame Entsteinung zu erreichen, wäre es wünschenswert, die gesamte Krume, d. h. bis etwa 30 cm Tiefe zu entsteinen.

Die eigentlich zu erwartende Dauerwirkung wird durch allmähliche „Verseuchung“ mit Untergrundsteinen durch ungleich tiefe Pflugfurche und durch die Erscheinung des sogenannten „Wanderns“ der Steine aufgehoben.

Über die viel diskutierte Erscheinung des Steinwanderns liegen keine exakten speziellen Untersuchungen vor. In diesem Rah-

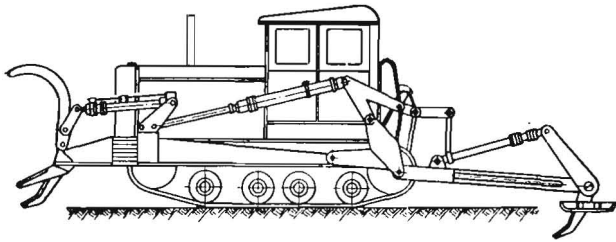


Bild 6. Steinrodegerät RUB-150 am Schlepper DT-54 A (Sowjetunion)

men geben jedoch Messungen von SCHMIDT [6] Anhaltswerte, der den bleibenden Frosthub auf einem um 25° geneigten Hang an im Boden eingesetzten Stäben zu 7 bis 23 mm in zwei Frostperioden bestimmte. Bei der Einschätzung dieser Versuche muß aber berücksichtigt werden, daß die Stäbe durch ihre größere Mantelreibung wesentlich höhere bleibende Hubwerte haben werden als Steine. Nach SCHMIDT tritt diese Frosthebung nur in einer relativ dünnen Oberflächenschicht auf. Unsere erst einjährigen Versuche zu diesem Thema gestatten noch keine sichere Aussage. Sie ergaben im Winter 1960/61 durchschnittliche Hebungen der Steine im Untergrund von 0,1 cm und maximale Werte von 0,3 cm. Die Meßgenauigkeit liegt hierbei in der gleichen Größenordnung.

Die Entsteinung der gesamten Krume könnte also nach einer Reihe Rotationen zu wiederholen sein. Verzichtet man auf die Entsteinung der gesamten Krume, so wäre es denkbar, nur die Bodenschicht nach dem Pflügen zu entsteinen, die bei den Bestells-, Pflege- und Erntearbeiten für die Hackfrüchte bewegt wird.

Unsere Versuche, die mit Unterstützung der MTS Wiesenburg (Mark) erfolgten, sollten klären, wie tief die entsteinte Bodenschicht bei der Kartoffelbestellung zu sein hat. Auf im Frühjahr mit einem Sammelroder auf 12 cm und 18 cm Tiefe entsteinte Parzellen wurden in ortsüblicher Weise Kartoffeln maschinell gelegt und gepflegt. Während der Ernte in normaler Rodetiefe ist dann der im Rodegut eines Sammelroders vorhandene Steinanteil bestimmt worden. Bei einem Kartoffelertrag von 220 dt/ha und einem Steinanfall von 24 kg/m<sup>3</sup> ergaben sich folgende Werte

	Steinanteil (relativ)
nicht entsteint	1,00
12 cm tief entsteint	0,24
18 cm tief entsteint	0,20

Für die Entsteinung der beim Kartoffelanbau bearbeiteten Bodenschicht ist eine Entsteinungstiefe je nach betriebsüblichen Bestells- und Pflegeverfahren von 10 bis 15 cm erforderlich. Die Entsteinung ist vor jedem Kartoffelanbau, d. h. in drei bis vier Jahren zu wiederholen. Nach etwa drei Rotationen ist auch bei diesen Verfahren eine erhebliche Minderung des Gesamt-Steingehalts zu erwarten.

Die sich aus den verschiedenen Entsteinungsaufgaben ergebenden Arbeitsverfahren lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Verfahren	Bezeichnung	Steingröße [cm]	Entsteinungstiefe [cm]	Zeitfolge
A	Grobentsteinung	> 30	0...30 (40)	Einmalig bzw. in großen Abständen
B	Oberflächenentsteinung	> 5 (7)...30	0...5 (10)	Jährlich
C <sub>1</sub>	Krumenentsteinung	> 3...30	0...30	Einmalig bzw. in großen Abständen
C <sub>2</sub>	Schichtenentsteinung	> 3...30	0...10 (15)	Jeweils zu Kartoffeln

Da das Verfahren A für die Bedingungen der DDR infolge des überwiegenden Anteils bereits kultivierter Flächen geringere

Bedeutung hat als die Verfahren B und C, sollen besonders diese im folgenden eingehend erörtert werden.

## 2.2. Untersuchung der Ausführungsformen von Steinentfernungsmaschinen

Wie bereits der Überblick über die bekannten Steinsammelmaschinen (s. 1.2.) zeigte, werden diese in unterschiedlichen Arbeitsbreiten und mit verschiedenen Steinabgabeverfahren gebaut. Im folgenden sollen diese Faktoren im Hinblick auf den Arbeitskräfte- und Kostenaufwand bei Steinentfernungsmaschinen für Steingrößen von 3 bis 30 cm genauer betrachtet werden.

### 2.2.1. Abgabeverfahren

Für die Speicherung der Steine und eine Ablage am Feldrand wären folgende Speicher- und Abgabeverfahren sinnvoll:

1. Kippbunker an der Entsteinungsmaschine,
2. Kippbunker auf dem Zugschlepper,
3. Kipphänger an der Entsteinungsmaschine angehängt,
4. Kipphänger durch zweiten Schlepper nebenhergezogen.

Der Handarbeitsaufwand, bezogen auf die Dezitonne gesammelter Steine, läßt sich allgemein darstellen durch die Gleichung

$$\frac{A}{E} = i \left( \frac{1}{K_2 \cdot D} + \frac{a}{B} \right) \left[ \frac{AK_{\min}}{dt} \right]$$

Dabei sind:

A<sup>\*</sup> Arbeitsaufwand [AKmin/ha]

E Steinanfall [dt/ha]

i Maschinen- und Schlepperbesetzung [AK]

D Durchsatz an Steinen bei störungsfreier Arbeit [dt/min]

K<sub>2</sub> Koeffizient zur Charakterisierung des Störzeitanteils

a Wechselzeit für Hänger bzw. Bunkerentleerzeit [min]

B Wagen- bzw. Bunkerinhalt [dt]

Wie die Gleichung ausweist, muß neben einer geringen Anzahl Bedienungspersonen und geringer Störanfälligkeit vor allem ein hoher Durchsatz sowie ein großer Behälter- (Bunker- bzw. Wagen-) Inhalt bei geringen Wechselzeiten erreicht werden. Ein Blick auf Bild 7 zeigt, daß mit Durchsätzen von etwa 0,5 bis 4,0 dt/min zu rechnen ist. Bei möglichen Speicherkapazitäten von etwa 1 bis 5 t und Wechselzeiten von 0 bis 3 min dürfte das Verhältnis der Wechselzeit zur Behälterkapazität

etwa  $\frac{a}{B} = 0$  bis  $0,3 \frac{\text{min}}{\text{dt}}$  betragen.

Daraus ergibt sich bei hohen Durchsätzen eine nennenswerte Beeinflussung des theoretischen Arbeitsaufwandes durch das Abgabeverfahren.

Zur Darstellung der Abhängigkeit des Faktors  $\frac{a}{B}$  vom Durchsatz  $D$  oder bei vorgegebener Arbeitsbreite  $b$  [m] und Arbeitsgeschwindigkeit  $v$  [km/h] vom Steinanfall  $E$  [dt/ha] bei verschiedenen Maschinenausführungen soll Bild 8 dienen. Es

wird hier das größtzulässige Verhältnis  $\frac{a}{B}$  dargestellt, das eine Maschine mit 2,5 m Arbeitsbreite und den Besatzungsstärken  $i = 2$  bzw. 3 AK haben darf, um gegenüber einer Maschine mit  $i = 1$  AK und  $b = 1$  m Arbeitsbreite sowie 1 t Bunkervolumen bei 1 min Entleerzeit einen geringeren AKh-Bedarf je Hektar zu haben. Die letztgenannte Maschine entspricht dabei etwa der Ausführung des Pixtone-Steinsammlers, die erste der Ausführung Bergmann (s. 1.2.).

Wie Bild 8 zu entnehmen ist, hat eine Maschine mit  $i = 3$  AK (2 Schlepperfahrer, 1 Maschinensführer) nur dann Bedeutung, wenn die Steine durch mehrere Schlepper ohne Wartezeiten abgefahren werden.

Dieses System, das auch nur bei sehr hohen Durchsätzen ( $D > 5$  dt/min) wirtschaftlich ist, wird aber in der Praxis wegen der bei Steinsammelmaschinen zu erwartenden relativ hohen Störzeiten nicht zu empfehlen sein.

Bei einer Maschine mit  $i = 2$  AK ergeben sich dagegen auf dem gesamten Durchsatzbereich Lösungsmöglichkeiten für Kippwagen an nebenherfahrenden Schlepperu (2 Schlepper-

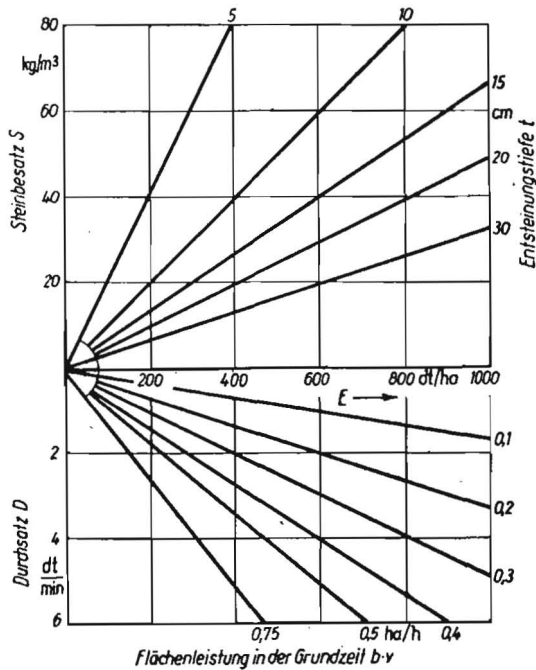
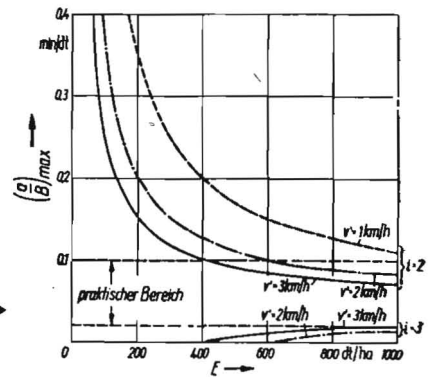


Bild 7. Abhängigkeit des Durchsatzes von den Arbeitsbedingungen; E Steinanfall

Bild 8. Grenzwerte für  $\left(\frac{a}{B}\right)$  in Hinblick auf den AKh-Aufwand. Gerät mit  $b = 2,5$  m bezogen auf Gerät mit  $b = 1$  m und  $i = 1$  sowie  $\frac{a}{B} = \frac{1}{10} \frac{\text{min}}{\text{dt}}$  ( $v' = K_2 \cdot v$ )



Die unterschiedlichen Verlustleistungen  $N_v$  der Schlepper fanden Berücksichtigung in der Näherung

$$\begin{aligned} \text{RS 14: } N_v &= 1,5 \cdot v' \text{ [PS]} \\ \text{Belarus: } N_v &= 2,0 \cdot v' \text{ [PS]} \\ \text{KS 30: } N_v &= 3,0 \cdot v' \text{ [PS]} \end{aligned}$$

Mit den unterstellten Werten ergibt sich ein mittlerer Zugkraftbedarf von

Maschine	Z [kp]	Erforderliche Schlepper
I	350	RS 14
II	1000	KS 30 oder Belarus II'
III	400 + 600	2 RS 14

fahrer) bzw. mit der Maschine verbundenen Behältern (1 Schlepperfahrer, 1 Maschinenführer).

Im Vergleich zu der anfangs gekennzeichneten Klein-Bunkermaschine mit Einmann-Betrieb hätte eine Maschine mit 2,5 m Arbeitsbreite nur bei Bedienung durch 2 Personen Vorteile im Arbeitsaufwand, wobei das Abgabeverfahren in relativ weiten Grenzen variierbar ist.

### 2.2.2. Aufwand

Auf Grund der angeführten Untersuchungen sollen im folgenden drei verschiedene Maschinenausführungen im Hinblick auf Flächenleistung, AKh-Aufwand und Kosten verglichen werden:

Maschine	I	II	III
$i$ [AK]	1	2	2
$b$ [m]	1	2,5	2,5
$B$ [dt]	10	30	30
$a$ [min]	1	3	1
Bemerkungen	Bunkermaschine	Maschine mit Anbau- oder Anhängerbunk.	Nebenherfahrender Schnellkipper

Alle Maschinen wurden für die mittlere Arbeitsgeschwindigkeit  $v' = K_2 \cdot v = 1$  bis 3 km/h untersucht.

In Bild 9 und 10 sind die Abhängigkeit der Flächenleistung und des AKh-Bedarfs von dem Steinertrag für die erwähnten Maschinen I bis III dargestellt.

Zur Bestimmung der Kosten der Entsteinung wurden – da über Reparaturkosten der Entsteinungsmaschinen und ihre Abschreibung keine sicheren Unterlagen vorliegen – die Lohn- und Schlepperbetriebskosten ermittelt, die im folgenden als direkte Betriebskosten bezeichnet werden.

Die Gesamtkosten (einschl. Reparatur und Abschreibung) dürften um mindestens 20,- DM/ha bei Verfahren B und um mindestens 50,- DM/ha bei Verfahren C<sub>2</sub> über den direkten Betriebskosten liegen.

Für Lohnkosten werden 2,00 DM/AK, für die Schlepperkosten die entsprechenden Werte nach DAHSE [2] gerechnet.

Für die Zugkraftberechnung wurden folgende Näherungswerte des Zugkraftbedarfs der leeren Maschinen benutzt:

$$\begin{aligned} \text{Maschine I } Z &= 200 \text{ kp} \\ \text{II + III } Z &= 400 \text{ kp} \end{aligned}$$

Ferner wurde der Rollwiderstand des gefüllten Behälters mit einem Rollwiderstandsbeiwert  $f' = 0,15$  berücksichtigt; bei Maschine II und III ist die Masse des Anhängerbunkers bzw. -kippers mit 1 t unterstellt worden.

Die Maschine II (Anhängerbunker) wird daher nur unter sehr günstigen Umständen von einem Radschlepper auch bei Zugkraftspitzen (bis etwa 200% Z) gezogen werden können. Dieser Sonderfall, der nicht den Einsatz eines Kettenschleppers erfordert, wird mit Maschine II' bezeichnet.

Die direkten Betriebskosten sind in Bild 11 dargestellt. Wie ein Vergleich der Bilder 9 bis 11 zeigt, erbringt das Verfahren I die geringste Flächenleistung. Ferner erfordert diese Maschinen-

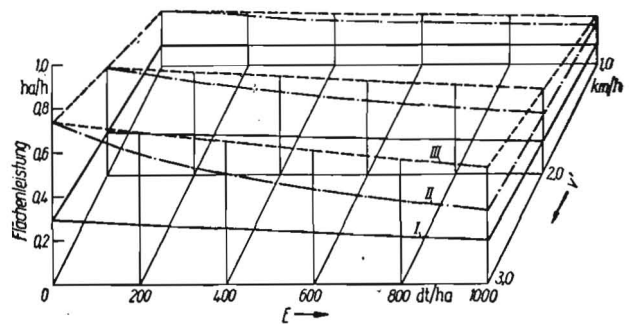


Bild 9. Flächenleistung bei drei verschiedenen Entsteinungsmaschinen (Erläuterung im Text)

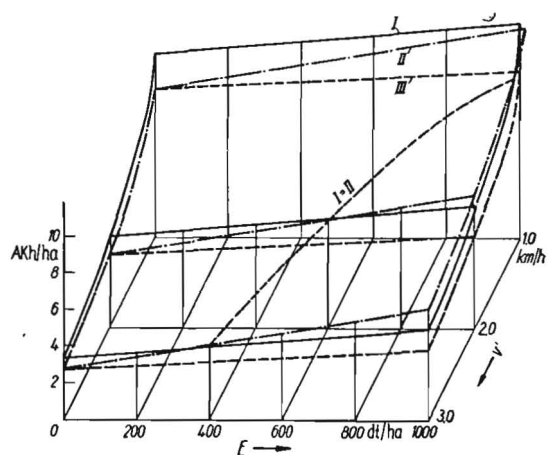


Bild 10. AKh-Aufwand bei drei verschiedenen Entsteinungsmaschinen (Erläuterung im Text)

variante den höchsten AKh-Aufwand unter allen Varianten, wenn man von dem Gebiet  $D > 2 \cdot b \left[ \frac{dt}{min} \right]$  absieht, wo die Variante II den höchsten Aufwand an AKh/ha hat. Ebenfalls sind die direkten Betriebskosten bei diesem Verfahren die höchsten aller Radschleppervarianten und werden lediglich von der Kettenschleppervariante II übertroffen.

Vergleicht man die Variante II mit der Variante III, so fällt bei höheren Durchsätzen die beträchtliche Minderung der Flächenleistung durch das zeitaufwendigere Abgabeverfahren der Variante II auf. Dadurch steigen auch AKh-Bedarf und direkte Betriebskosten wesentlich stärker mit zunehmendem Steinertrag als bei der Variante III.

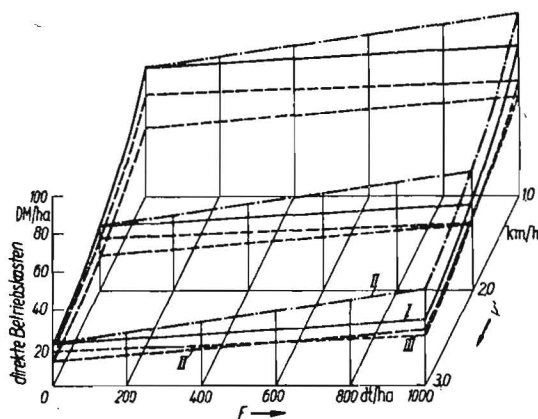


Bild 11. Direkte Betriebskosten bei drei verschiedenen Entsteinungsmaschinen (Erläuterung im Text)



Bild 12. Versuchsausführung eines Allradschleppers mit Hochkippbunker (1,5 t Speicherkapazität) beim Überladen des Rodegutes auf Standwagen

Interessant ist in diesem Zusammenhang ein Kostenvergleich der Radschleppervariante II' mit der Kettenschleppervariante II. Während die Radschleppervariante II' im gesamten untersuchten Durchsatzgebiet  $D < 7,5 dt/min$  die geringsten Kosten aller Varianten aufwies, hat die Kettenschleppervariante II bei gleicher Flächenleistung und gleichem AKh-Aufwand die höchsten Kosten aller Varianten.

Hier zeigt sich als Mangel – ebenso wie bei der Kartoffelernte bei niedrigen Rodegeschwindigkeiten –, daß in der DDR kein genügend zugfähiger serienmäßiger Radschlepper zur Verfügung steht, der eine Speichermöglichkeit von etwa 2 t auf einer Schlepperkippritsche bzw. auf einem Schlepperhochkippbunker bietet [9]. Ein solcher Schlepper wäre ohne weiteres in der Lage, die kostengünstigste Variante II' zu bestreiten [Bild 12].

Es muß daher für die Praxis mit dem Einsatz eines Kettenschleppers bei der Variante II gerechnet werden, so daß die Variante III sich als günstigste der drei untersuchten Maschinenausführungen ergibt.

### 2.2.3. Steinsammler mit Zermahlung

Aus der Patentliteratur sind einige Fälle bekannt, bei denen die Kombination eines Steinbrechers mit einem Steinsammelgerät vorgeschlagen wird [4]. In den Fachzeitschriften wurde vor längerer Zeit über ein amerikanisches Versuchsmuster berichtet, das bei 60 cm Arbeitsbreite und über 2 t Masse diese Kombination praktisch versuchte [13]. Daher muß die Frage untersucht werden, ob für die Bedingungen der DDR eine solche Kombination Vorteile verspricht.

Beschränkt man den Durchsatz für ein derartiges Kombinationsgerät auf  $D < 1 dt/min$  und verlangt nur eine Spaltweite des Brechers von 30 mm (diese Spaltweite ergibt noch Brechgut mit größeren Abmessungen als 30 mm), so käme bei der Zerkleinerung von Hartgestein ein Brecher in der Größenordnung des Typs „5g“ des VEB Schwermaschinenbau Ernst Thälmann Magdeburg in Frage. Dieser Brecher hat Abmessungen von  $1,5 \times 1,2 \times 2,3 m^3$  und eine Masse von 4900 kg. Er benötigt eine Antriebsleistung von etwa 15 PS. Der Rollwiderstand der Steinsammelmaschine würde sich durch den Brecher um etwa 750 kp erhöhen.

Verlangt man höhere Durchsätze oder kleinere Stückgrößen, so kann sich die Kombination Vor- und Nachbrecher erforderlich machen (Masse der Kombination etwa 6000 kg, Leistungsbedarf etwa 15 PS). Bei den erwähnten Maschinenmassen erscheint es nicht sinnvoll, eine Kombination von Steinsammler und -brecher bei den im norddeutschen Raum auftretenden Hartgesteinen zu versuchen. Diese Lösung wäre evtl. diskutabel bei Verwitterungsgesteinen geringer Festigkeit (Kalk- bzw. Sandstein), wie sie z. T. in den deutschen Mittelgebirgen vorkommen, da dann Brecher kleinerer Abmessungen einsetzbar sind. Für die norddeutschen Verhältnisse ist – wenn keine unzerkleinerte Verwendung vorgesehen ist – die Aufarbeitung der geborgenen Steine zu Bausplitt sinnvoller.

Dies ist durch eine fahrbare Schotteranlage zu lösen, wie sie z. B. vom VEB Hazet, Zwickau, unter der Bezeichnung H/Hz4 geliefert wird. Mit dieser Anlage könnten die von der Steinsammelmaschine aufgeschütteten Steinhalden in einem späteren Arbeitsgang aufgearbeitet werden.

### 2.3. Steinentfernung mit Sammelrodern

Die den Kartoffelsammelrodern ähnliche Konstruktion vieler Steinsammler des Typs  $C_2$  läßt die Frage auftauchen, ob es nicht sinnvoll wäre, statt zweier Arbeitsgänge – Entsteinen und Kartoffelernte – mit ähnlichen Maschinen, diese zu einem bei der Kartoffelernte zusammenzuziehen. Damit taucht das Problem der Trennung der Kartoffeln von den Steinen auf, die auf der Maschine oder stationär erfolgen kann.

#### 2.3.1. Stationäre Abtrennung der Steine

Bei der stationären Abtrennung der Steine werden Kartoffeln und Steine ohne Verlesearbeit auf dem Sammelroder zusammen geladen und zu einer stationären Trenneinrichtung gebracht. Bei der Ernte und vor allem bei dem Transport und dem Umschlag mit den Steinen erleiden die Kartoffeln bei hohem Steingehalt stärkere Beschädigungen, so daß die auf diese Weise geernteten Kartoffeln in erster Linie als Futter- oder Fabrikkartoffeln zu nutzen wären. Für diesen Verwendungszweck stehen geeignete Trennprinzipien, die meist nach Auftrieb trennen, zur Verfügung [8]. Sie wären beispielsweise als Vorabscheider vor der Wäsche einer kontinuierlichen Dämpfanlage einsetzbar.

Wie frühere Untersuchungen zeigten [1], ist das Verfahren der stationären Abtrennung der Beimengungen bei genügendem Durchsatz der Rodemaschine für mittlere und hohe Steinbesätze wirtschaftlich anwendbar.

Die Kartoffelerntemaschinen müßten aber den höheren Beanspruchungen in den stark steinigen Böden gewachsen sein. Der Einsatz dieses Verfahrens erfordert bis zu einer wirksamen Steinminderung (nach etwa drei Rotationen) den Verzicht auf Qualitätskartoffelanbau.

### 2.3.2. Abscheidung der Steine auf dem Sammelroder

Die in neuerer Zeit entwickelten mechanischen Trenneinrichtungen mit federnden Elementen (Borstenträder, -walzen u. ä.) gestatten eine Abscheidung der Beimengungen auf dem Kartoffelsammelroder ohne zu hohen Verlesehandaufwand. Dieses Trennverfahren dürfte ohne zu hohe Kartoffelbeschädigungen und zu hohen baulichen Aufwand bis zu einem Steinertrag von etwa 300 dt/ha anwendbar sein.

Soll eine wirksame Stein Entfernung mit dem Roden verbunden werden, dann müssen aber die abgeschiedenen Steine sinnvoll gespeichert werden können. Die gegenwärtig an allen Kartoffelsammelrodern der DDR-Produktion angebrachten Steinsammelkästen haben ein so geringes Fassungsvermögen, daß sie bei hohem Steinbesatz wegen der kurzen Entleerungsintervalle einfach offen gelassen werden, oder die abgelegten Steinhäufen sind auf Grund der Behältergröße so klein, daß sie später untergepflügt, aber nicht abgefahren werden.

Die günstigste Lösung würde sich durch einen genügend großen Kippbehälter am Schlepper ergeben, auf den über einen Förderer die Steine verladen werden. Da aber ein entsprechender Schleppertyp – wie erwähnt – der Praxis nicht zur Verfügung steht, wäre die Verladung auf einen zweiten nebenher gezogenen Hänger denkbar.

Hier wird es aber im praktischen Betrieb kaum eine andere Lösungsmöglichkeit geben, als daß mit zwei Hängern und auch zwei Schleppern nebenher gefahren werden muß, wobei einer der beiden in den Kartoffelreihen fährt. Dieses Verfahren hätte als Nachteile den höheren Schlepperbedarf während einer Arbeitsspitze und die Gefahr der Kartoffelbeschädigungen im Damm durch nichtspurende Anhänger.

Daher erscheint ein entsprechend großer Steinsammelbunker am Sammelroder die günstigste praktisch durchführbare Lösung zu sein. Die zu speichernde Steinmenge muß einerseits so groß sein, daß ein Unterpflügen der Häufen nicht mehr möglich ist und daß sich andererseits das Aufladen mit dem Kran oder Frontlader lohnt.

Eine Steinspeicherkapazität von 0,5 t müßte hier als untere Grenze angesehen werden, ein Behälter mit 1,0 t Fassungsvermögen wäre wünschenswert. Bei dem Kartoffelsammelroder E 675 ergäbe sich – evtl. unter Verstärkung der Vorderachsbereifung oder Aufsattelung der Maschine – die Möglichkeit eines Bunkeraufbaues vor dem Verladeband. Sonst wäre ein Beiwagenbunker ähnlich der Rübenkombi SKEM-3 denkbar.

Im Rahmen der Spezialisierung der Sammelroder sollten den unterschiedlichen Rüstzuständen eines Grundtyps besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden.

### 3. Folgerungen

Für die Entwicklung von Steinsammelgeräten und die Organisation ihres Einsatzes lassen sich Gesichtspunkte aus den angeführten Untersuchungen ableiten. Dringend notwendig wäre die Entwicklung und Erprobung folgender Maschinen:

#### a. Oberflächenentsteinungsmaschine (Verfahren B)

Die Maschine müßte bei einer Arbeitsbreite von 2,5 m vom Schlepperfahrer bedient werden (Variante III). Die Verladung soll auf einen nebenherfahrenden Schnellkipphänger erfolgen. Ist eine Maschine dieser Arbeitsbreite nicht von einem Radschlepper sicher zu ziehen, ist die Konstruktion auf schmalere Bunkersammler mit Einmann-Bedienung (1,0 bis 1,2 m Arbeitsbreite) umzustellen.

#### b. Schichtentsteinungsmaschine (Verfahren C<sub>2</sub>)

Da auf einigen steinreichen Böden Interesse an Qualitätskartoffelanbau besteht, ist die Entwicklung einer Schichtentsteinungsmaschine ratsam.

Hierzu könnte der Grundrahmen des Sammelrodens E 675 benutzt werden, der mit verstärkten Siebketten und einem 1 bis 2-t-Bunker versehen wird. Die Einmann-Bedienung müßte durch die Betätigung der Scharaushebung und

Behälterentleerung mittels der Schlepperhydraulik gewährleistet sein. Der Zugkraftbedarf muß von einem Radschlepper aufgebracht werden. Schwingende Schare vermeiden nach unseren Versuchen Zugkraftspitzen durch Erdstauungen. Weiterhin hätte dieser Steinsammlertyp für die Winternutzung von Maschinenträgern der 45- bis 60-PS-Klasse Bedeutung.

#### c. Kartoffelsammelroder für stark steinige Böden

Im Zuge der Spezialisierung der Landmaschinen für besondere Einsatzbedingungen ist der Grundtyp des Kartoffelsammelrodens E 675 durch Baugruppen für diese speziellen Verhältnisse zu ergänzen. Hierzu gehören eine mechanische Trenneinrichtung mit Borstenelementen zwischen Hubrad und Verleseeband, ein ausreichender Steinbunker (0,5 bis 1,0 t Fassungsvermögen) und eine verstärkte Siebkette.

Da die Ergänzungsbaugruppen nur bekannte Bauelemente umfassen, die keine Forschungsarbeit erfordern, wäre hier eine schnelle Hilfe möglich.

Für Kartoffeldämpfanlagen ist ein leistungsfähiger kontinuierlicher Steinabscheider vorzusehen.

Wenn man bei den RTS in stark steinhaltigen Gebieten spezielle Entsteinungsbrigaden bildet, so könnten zusätzliche Arbeiten zur maschinellen Entsteinung mit den erwähnten Maschinen in folgender Form durchgeführt werden.

Die Entfernung von Findlingen müßte, soweit sie nicht mit Mitteln des betreffenden landwirtschaftlichen Betriebes bewerkstelligt werden kann, ebenso wie die Grobentsteinung (Verfahren A), der Entsteinungsbrigade der RTS vorbehalten bleiben.

Für die Entfernung der Findlinge wäre die Erprobung und evtl. Ergänzung des Anbaurodegerätes zum KT 50 empfehlenswert, da Spezialtraktoren wie der DT-54 mit RUB-150 kaum bei uns ausgelastet sein dürften.

Maschinen für die Oberflächenentsteinung (Verfahren B) könnten dagegen in jedem größeren landwirtschaftlichen Betrieb ausgelastet werden, da praktisch jede saarfertige Fläche entsteint werden muß. Daher dürften diese Maschinen direkt den VEG und Groß-LPG zuzuordnen sein.

Die evtl. Aufarbeitung der gewonnenen und am Feldrand auf Halde geschütteten Steine zu Splitt sollte dagegen den Entsteinungsbrigaden der RTS oder Splittkolonnen der Bauindustrie vorbehalten bleiben. Eine entsprechende Vergütung für das Rohmaterial könnte auch einen gewissen finanziellen Anreiz für die Entsteinung beinhalten. Genügendes Interesse für den gewonnenen Splitt dürfte in der Bauindustrie bestehen, auch wenn er infolge des relativ runden und kleinstückigen Ausgangsmaterials nicht alle Qualitätsansprüche erfüllen sollte.

Die Schichtentsteinung (Verfahren C<sub>2</sub>) und evtl. Krumentsteinung (C<sub>1</sub>) bei flachen Krümen wäre dagegen zweckmäßig wieder von der Entsteinungsbrigade durchzuführen, da diese Maschinen im Brigadeinsatz laufen müßten, um zu mehreren Maschinen an einer Einsatzstelle (ausreichende Schlagkraft) auch eine entsprechende Reparaturkapazität zu konzentrieren. Während für die Schichtentsteinung hauptsächlich die Monate Oktober bis Dezember und März bis Mai zur Verfügung stehen, die durch die feuchte Witterung erschwerte Siebbedingungen bieten, sollte eine Krumentsteinung in den trockneren Sommermonaten durchgeführt werden. Eine entsprechende Anpassung der Fruchtfolge an diese Meliorationsmaßnahmen ist sowohl bei dem Verfahren C<sub>1</sub> als auch bei dem Verfahren C<sub>2</sub> (Stallmistgabe!) unvermeidlich, wenn die vorhandenen Maschinen wirkungsvoll ausgenutzt werden sollen.

Die Durchführung der Entsteinungsverfahren C<sub>1</sub> und C<sub>2</sub> durch Spezialbrigaden der RTS gestattet die hier wohl notwendige staatliche Stützung dieser Meliorationsarbeiten.

Auch bei diesen Entsteinungsverfahren sollten die Steine am Feldrand zwischengelagert werden, um große Maschinenketten, die bei Störungen stillstehen, zu vermeiden. Für die Aufarbeitung der Steine gilt das bereits für die Oberflächenentsteinung Gesagte.

Die erwähnten speziellen Entsteinungsverfahren müßten dadurch ergänzt werden, daß den landwirtschaftlichen Betrieben in diesen Gebieten Kartoffelsammelroder des Grundtyps mit den Sonderbaugruppen für steinige Böden zur Verfügung gestellt werden.

Die bisher kaum genauer bekannte Materie der maschinellen Steinentfernung erfordert es aber, daß bei der Werkerprobung und Prüfung der neuentwickelten Steinsammelgeräte besonders sorgfältig die ökonomischen Faktoren der einzelnen Verfahren vergleichbar bestimmt werden. Speziell Störzeitenanteil und Reparaturkosten können es noch erforderlich machen, die bisherigen Vorstellungen über eine mechanisierte Entsteinung einer Korrektur zu unterziehen.

#### 4. Zusammenfassung

Nach einem Überblick über die Aufgabenstellung bei der mechanisierten Entsteinung der Ackerböden und die hierfür bisher bekannten Maschinen und Geräte wird eine Systematik der Steinentfernungsverfahren angeführt. Untersuchungen der verschiedenen Abgabeverfahren in Abhängigkeit vom Stein-

durchsatz gestatten genauere Forderungen an die konstruktive Auslegung der Steinsammelmaschinen. Neben Neuentwicklungen ist die Sonderausrüstung vorhandener Maschinen für steinige Böden notwendig. Für die Organisation der mechanisierten Steinentfernung wurden Vorschläge gemacht.

#### Literatur

- [1] BAGANZ, K.: Zur Frage des Sammelrodens von Kartoffeln bei hohem Beimengungsanteil. Grdlg. d. dt. Landt. H. 12, S. 25.
- [2] DAHSE, F.: Kosten des Schleppereinsatzes. DAL-Tagungsbericht Nr. 31, S. 25, Berlin 1961.
- [3] JAKUNIN, A. S.: (Die Roderäummaschine RUB-150.) Traktori i Selchosmaschini (1960) H. 2, S. 36.
- [4] KÖSTLER, F.: Über maschinelles Beseitigen der Steine vom Acker. Dipl.-Arbeit, Landmaschinen-Inst. Univ. Halle 1960 (enthält umfangreiche Literaturangaben).
- [5] PUTTKAMMER, D. v.: Steineabsammeln ohne Bücken. Dtsch. Landw. Presse 79, S. 266.
- [6] SCHMIDT, I.: Der Bodenfrost als gestaltende und zerstörende Naturerscheinung in den gemäßigten winterrkalten Gebieten. Forschungen und Fortschritte 31, H. 1, S. 1 bis 9.
- [7] SIMONS, D.: Landtechnik in Schweden, Parey, Berlin 1953, S. 72.
- [8] SOHST, J.: Kartoffelernte mit stat. Fremdkörperabscheidung. Deutsche Agrartechnik (1959) H. 7, S. 311.
- [9] STROUHAL, E.: Einige Bemerkungen zu den energetischen Quellen im landwirtschaftlichen Transport. Deutsche Agrartechnik (1961) H. 7, S. 302.
- [10] WISNIEWSKY, F.: Entfernt die Steine von den Feldern. Mechanizakia rolnictwa 7, S. 22.
- [11] Undersökningar rörande maskinell stenröjning. Stat. Maskinprovningar. Ultuna Meddelande 899.
- [12] Prospekte der Firmen Lockwood, Self Manuf. Comp. u. a.
- [13] A Stonepicker which pulverises the Stones and Returns the Powder to the Soil. Farm Implement u. Mach. Review Mai 1953, S. 91 bis 95.

A 4518

Dipl.-Landw. P. FEIFFER, KDT,  
Löderburg\*)

## Wie die Saat, so die Ernte

So alt dieses Sprichwort ist, so aktuell ist es auch noch heute. Als es vor Jahrzehnten noch allenthalben gebraucht wurde, war damit die „Saat“, also das Saatgut schlechthin gemeint. Heute hat der Begriff „Saat“ in Verbindung mit der Vorbereitung der vollmechanisierten Ernte eine Bedeutung erlangt, wie sie nur von den wenigsten Betrieben voll erkannt wird. Es sei deshalb an dieser Stelle der Begriff „Saat“ für unsere heutige Mechanisierungsstufe und Wirtschaftsform näher definiert. Als Saat können wir heute etwa verstehen:

Das Ausbringen qualitativ hochwertigen Saatgutes zu agrotechnisch günstigsten Termin in einer Weise und Nachbehandlung, die für den folgenden Einsatz der Vollerntemaschinen optimale Bedingungen schaffen.

Das Schwergewicht dieser Formulierung liegt dabei im Gegensatz zu früheren Jahrzehnten wohl mehr auf dem zweiten Teil des Satzes als auf dem ersten.

Untersuchen wir nun die einzelnen Faktoren etwas näher, die hinsichtlich der Aussaat innerhalb der Getreide- und Sonderkulturernte zu einem optimalen Ernteertrag führen. Von Einfluß auf die nachfolgende Ernteernte sind im wesentlichen folgende Faktoren: Bodenbearbeitung; Einsaat; Düngung und Pflege; Sortenwahl; Stafflung und Ernteverteilung.

#### 1. Bodenbearbeitung

Die Anforderungen an die Bodenbearbeitung sind weitestgehend bekannt. Für eine gleichmäßige Ausreife ist in jedem Fall die Winterfurche förderlich (Bild 1). Durch Schleppen und Eggen sollte eine möglichst gute Oberfläche geschaffen werden; Rinnen und Furchen sind zuzuschleppen, um die Mähdrusch nicht, z. B. in dünnstehenden Beständen, bei der Arbeit im 3. Gang untersetzt stark ins Schwanken kommen zu lassen, wodurch Fahrwerk und Rahmen in Mitleidenschaft gezogen werden.

#### 2. Einsaat

Hier ist vor allem ein Unterschied zwischen Getreide und Sonderkulturen hinsichtlich des zu wählenden Einsaattermins zu beachten. Während bei den Getreidearten die Einsaat zu dem Zeitpunkt vorgenommen werden muß, der den höchsten

\*) ZfS, Prüfstation Mähdrusch, Nordhausen.

Ertrag verspricht und zu dem nur eine sehr geringe Variierung hinsichtlich eines zu verschiebenden Erntetermins möglich wäre, ist bei den Sonderkulturen die Wahl des Einsaatzeitraums in erster Linie eine Frage des gewünschten Erntetermins.

#### 2.1. Getreide

Hier sind Betriebe im Vorteil, die schon im Herbst den Roggen rechtzeitig und vor allem nicht zu tief gedreht haben. Auch bei den anderen Winterungen trägt eine frühere Aussaat zu einer rechtzeitigen und verlustlosen Ernte bei. Hat ein Betrieb viel Wintergerste angebaut, dann kann man die Sommergerste etwas später drillen, um Arbeitsspitzen bei beiden Gerstenarten zu vermeiden. Ist wenig Wintergerste vorhanden, dann wird man so früh wie möglich mit der Aussaat der Sommergerste beginnen. Sommerweizen muß man in jedem Fall rechtzeitig drillen, um die Reife nicht zu verspäten und die Ernte rechtzeitig abschließen zu können.

#### 2.2. Sonderkulturen

Gemäß der angebauten Getreidefläche ist die Einsaat der einzelnen Sonderkulturen so vorzunehmen, daß ein kontinuierlicher Reifefluß schon von der Seite der Einsaat aus über das ganze Jahr gesichert bleibt.

Bild 1. Versäumte Schälfurche im Herbst bringt oft Fußkrankheiten und damit erschwerten Mähdrusch

