

den. Die Kurvenzüge beider Versuchsreihen zeigen, wie zu erwarten war, mit steigender Größe der Schlitzloch-Absiebung einen deutlichen Rückgang der Doppelbelegungen. Reihe A (Vollinie) erbringt dabei nur eine geringe Zunahme der Fehlbelegungen, wogegen Reihe B schließlich bis gegen 12% Fehlbelegungen aufweist. Bei der gegebenen Zellengröße wird also mit zunehmender sphärischer Gleichmäßigkeit der Knäuel von 5 mm Dmr. der Füllvorgang erschwert, während sich diese zunehmende sphärische Gleichmäßigkeit bei Einhaltung genügenden Spielraums zwischen Kaliber-Obergrenze und Zellenbohrung sehr günstig auswirkt.

Der dargestellte Versuch macht deutlich, welcher Wert einer zuverlässigen Kalibrierung des Saatgutes für die Funktion einer Einzelkornsämaschine zukommt.

Die Einzelkornsämaschine A 765-2,5

Vorstehend behandelte Untersuchungen sind im Zusammenhang mit der Lösung der durch Ministerratsbeschluss vom 12. Juni 1958 gestellten Aufgabe der Entwicklung einer Einzelkornsämaschine vorgenommen worden. In enger Zusammenarbeit zwischen dem Landmaschinen-Institut der Universität Halle und der Entwicklungsstelle beim VEB Landmaschinenbau Bernburg entstand die in Bild 3 vorgestellte Einzelkornsämaschine A 765, deren abschließende Erprobung im Frühjahr 1962 erfolgt. Diese Maschine dient zur Aussaat von kalibriertem Zuckerrübensaatgut in gleichmäßigen Abständen und geringen Aussaatmengen. Sie ist zum Zwischenachsanaubau an den Geräteträger RS 09 eingerichtet und entspricht in ihrem Aufbau dem Anbau-Vielfachgerät P 320 des VEB Landmaschinenbau Torgau. Eine eingehende Darstellung technischer Ein-

zelheiten wird nach Aufnahme der Serienfertigung erfolgen. Es sei jedoch hier bereits darauf hingewiesen, daß die Maschine auf die Aussaat herkömmlicher Saatgutformen (Normalsaatgut, Bigerm, Monogerm) in dem relativ weiten Kalibrierbereich von 3,25 bis 4,75 mm Dmr. eingerichtet und zu ihrem Einsatz weder pilliertes, noch einzelfrüchtiges Saatgut erforderlich ist. Entwicklung und Einführung der Einzelkornsämaschine sind damit nicht an die Verfügbarkeit natürlich einzelfrüchtigen Saatgutes gebunden. Die biologischen Gegebenheiten bei Keimung und Feldaufgang führen in gewissem Grade zum Auflaufen einzelner Pflanzen auch aus mehrfrüchtigen Knäulen, so daß bei Einhaltung arbeitswirtschaftlich erforderlicher Mindestabstände in der Kornablage mit einem beträchtlichen Anteil an Einzelpflanzen im Feldbestand zu rechnen ist. Da der Kornabstand ohnehin die arbeitswirtschaftlich erforderlichen Mindestabstände nicht unterschreiten sollte, wird die unter erschwerten Aufgangsbedingungen zur Bestandessicherung notwendige Keimreserve auch in Zukunft über einen gewissen Anteil mehrfrüchtiger Knäule geschaffen werden müssen. Nach den gegenwärtigen Erkenntnissen dürfte die Einführung der Einzelkornsämaschine bei Verwendung kalibrierten Saatgutes herkömmlicher Art unter allen Bedingungen des Rübenanbaues unserer Republik möglich sein.

Wenn sich auch die „Einzelkornsämaschine“ auf die sicheren Rübenböden beschränken mag, so wird das künftige System der Einzelkornsämaschine – unter Verwendung standardisierter und nach zweckmäßigen Anteilen gleichkalibriger einzel- und zweifrüchtiger Körner gestufter Saatguttypen – die Voraussetzungen zu höchster Produktivität bei der Strandraumzunutzung schaffen.

A 4610

Dr.-Ing. K. HEESE*)
Dipl.-Ing. H. HOLJEWILKEN*)

Ein neues Maulwurfrohrdränverfahren

Nachdem die Entwicklung der „Dränstrangverlegemaschine“ des VEB Maschinenbau und Schweißbetrieb Halle im Sommer 1960 wegen schwerwiegender Mängel abgebrochen wurde, erhielt der VEB Mährescherwerk Weimar den Auftrag, die Möglichkeiten für die Maulwurfrohrdränung mit Plastmaterialien zu untersuchen. Durch die vorbildliche sozialistische Gemeinschaftsarbeit zwischen dem VEB Mährescherwerk Weimar und den wissenschaftlichen Mitarbeitern der Abteilung Meliorationstechnik des Instituts für Landtechnik Potsdam-Bornim der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin gelang es, in nur fünf Monaten ein neues Verfahren der Kaltformung von Dränrohren aus PVC-Folie zu entwickeln sowie eine funktionstüchtige Versuchsmaschine zu konstruieren und zu bauen. Innerhalb weiterer sechs Monate konnten durch die Hilfe des Instituts für Landtechnik Potsdam-Bornim, der Institute für Boden- und Wasserwirtschaft sowie für Landtechnische Betriebslehre der Technischen Universität Dresden, der Reparatur-Technischen-Station Friesack, des VEB Gewässerunterhaltung und Meliorationsbau Dresden sowie des Instituts für Meliorationswesen der Humboldt-Universität zu Berlin auf vier verschiedenen Standorten Versuchsanlagen hergestellt werden. Über die Probleme und Ergebnisse der Entwicklung sowie über die ersten Ergebnisse der Versuchsanlagen wird nachfolgend berichtet.

I. Veranlassung und Zielsetzung

Die Situation in der Entwicklung der Maulwurfrohrdränung im Jahre 1960 und die Veranlassung zu der neuen Forschung wurden von K. HEESE und H. SCHINKE [1] bereits dargestellt. Die dabei vorgeschlagenen Maßnahmen, nämlich

1. erhebliche Steigerung der Arbeitsgeschwindigkeit,
2. Anwendung der Kaltformung des Rohrs,
3. Reduzierung der Materialdicke,
4. Ersatz des Bodenhobels durch ein Schwert und
5. gründliche Erforschung der Eignung verschiedener Eintrittsöffnungen

wurden dem neuen Forschungsprogramm zugrunde gelegt.

Eine erhebliche Steigerung der Arbeitsgeschwindigkeit ist das wesentliche Mittel zur Durchsetzung der Maulwurfrohrdränung. Wenn, wie bei dem Greifswalder Rohrpfug, die Arbeitsgeschwindigkeit nicht größer als bei modernen Drängaben-

baggern und das Rohrmaterial zudem teurer als das Tonrohr ist, kann das unvermeidliche Risiko der unkontrollierbaren Verlegung der Dränstränge sowie einer noch nicht bekannten Lebensdauer nicht in Kauf genommen werden. Es wurde daher eine Steigerung der Arbeitsgeschwindigkeit auf 2000 bis 3000 m/h angestrebt. Derartige Arbeitsgeschwindigkeiten setzen eine Kaltformung des Rohres voraus, denn die Warmformung gestattet infolge der geringen Wärmeleitfähigkeit des PVC-Materials keine höheren Arbeitsgeschwindigkeiten als ≈ 300 m/h [2]. Ein weiteres wesentliches Ziel der neuen Forschung war die Reduzierung der Materialdicke auf das statisch erforderliche Maß. Dazu war es unumgänglich, den breiten, einen Graben aufbrechenden Bodenhobel zu verlassen und ein schmales, den Boden durchschneidendes und nach beiden Seiten verdrängendes Schwert zu verwenden.

Von verschiedenen Seiten wurde die Verwendung des Schwerkes kritisiert, da mit ihm kein aufgelockerter Graben erzielt wird. In diesem Zusammenhang erscheinen einige grundsätzliche Bemerkungen zu der Stellung und dem Anspruch der

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

Maulwurfrohrdränung erforderlich. Die Maulwurfrohrdränung ist als Bindeglied zwischen der Maulwurfdränung und der Tonrohrdränung geschaffen worden und soll in erster Linie die Grenzgebiete beider Verfahren abdecken, ohne dagegen diese beiden bewährten Verfahren völlig zu verdrängen. Sie wird vermutlich auch in ihrer Wirkung und Lebensdauer – zumindest in den Jahren ihrer wesentlichen Entwicklung – eine Mittelstellung zwischen der Tonrohrdränung und der Maulwurfdränung einnehmen, und es ist aus dieser Einsicht heraus nicht zu verstehen, warum man von ihr als einem völlig anderen Verfahren den gleichen aufgelockerten Graben wie bei der Tonrohrdränung fordern sollte, was man unseres Wissens z. B. bei der Maulwurfdränung nie getan hat. Wesentlich ist nur, daß gewisse Nachteile gegenüber anderen Verfahren durch entsprechende Vorteile aufgehoben werden, und das ist mit der Zielsetzung des neuen Verfahrens: Steigerung der Arbeitsproduktivität im Vergleich zu der maschinellen Tonrohrdränung auf das Fünf- bis Zehnfache und Senkung der Dränkosten auf 20 bis 30% reichlich gewährleistet.

2. Durchführung und Ergebnisse der Forschung

2.1. Allgemeines

Infolge des sehr großen Umfangs des Forschungsprogramms können zahlreiche Versuche, insbesondere die zur Auswahl der Materialdicke und zur Entwicklung des Rohrverschlusses, nur in ihren Ergebnissen angedeutet werden. Auch auf die Versuchsanlagen sei hier nicht näher eingegangen. Der Bericht beschränkt sich also auf die Auswahl des Rohrmaterials, die Entwicklung des Rohrverschlusses und des Schließverfahrens, die Entwicklung und Erprobung der Versuchsmaschine, die möglichen Arbeitsverfahren sowie die festgestellten Arbeitsleistungen und Kosten des Verfahrens. Eingehende Berichte über die Versuchsanlagen sollen in Kürze von den wissenschaftlichen Betreuern der Versuchsanlagen gegeben werden.

2.2. Das Rohrmaterial

Als Rohrmaterial wird die durch JANERTS Versuche bereits bekannte PVC-Hartfolie verwendet. Sie ist hervorragend beständig gegen Chemikalien, unterliegt keinem nennenswerten organischen Abbau und wird von Nagetieren nicht angegriffen [2] [3] [4].

Die Wanddicke wurde auf 0,4 mm festgelegt. Diese Entscheidung stützt sich auf die Ergebnisse eines Belastungsversuchs in gewachsenem Lehmboden, bei dem mit Hilfe eines Maulwurfplugs in 0,4 bis 0,6 m Tiefe zahlreiche Rohre mit Durchmesser von 35 und 50 mm und Wanddicken zwischen 0,2 und 0,8 mm eingezogen und durch mehrmaliges Überfahren mit einer 5,5 t schweren Straßenwalze belastet worden waren. Endgültige Klarheit über die in den verschiedenen Bodenarten erforderlichen Wanddicken werden die Versuchsanlagen bringen.

Es galt nun zu untersuchen, ob das Rohr mit der Wanddicke 0,4 mm und dem gewählten Durchmesser von 36 mm den nachfolgend aufgeführten, bei der Verlegung und im Boden auftretenden Belastungen gewachsen ist. Die bei dem Verlegen des Rohres auftretenden Belastungen wurden an der Versuchsmaschine unter praktischen Bedingungen gemessen und können bei einer Serienmaschine unterboten werden.

2.2.1. Beim Verlegen auftretende Beanspruchungen sind:

- Umlenken um 200° mit einem Biegeradius von 5 mm bei Temperaturen zwischen - 5 und + 40 °C und einer Zugbelastung von 2 bis 5 kp,
- Wölben des Bandes zum Rohr mit 36 mm Dmr., bei Temperaturen zwischen - 5 und + 40 °C und einer Zugbelastung von 15 bis 20 kp,
- Ineinanderführen der Verschlußelemente bei Bedingungen wie b),
- Zugbelastung des fertigen, vom Boden umhüllten Rohrs mit 15 bis 20 kp, in Stößen bis 50 kp.

2.2.2. In der Erde wird das Rohr belastet durch

- einen je nach der Bodenart und Tiefenlage unterschiedlichen Scheiteldruck unbekannter Größe bei Temperaturen zwischen 0 und + 10 °C,

- die Wirkungen des fließenden Wassers,
- die an den Ausmündungen einwirkende Witterung bei Temperaturen zwischen - 30 und + 40 °C.

Der Vergleich dieser Belastungen mit den Materialeigenschaften der PVC-Hartfolie bestätigt nicht nur die Eignung des Materials für diese Aufgaben, sondern offenbart auch eine große Sicherheit der gewählten Abmessungen. So wird die theoretische Zugfestigkeit des Bandes, das eine nutzbare Breite von 106 mm besitzt, nur zu 28% ausgenutzt, denn

$$\frac{\sigma_{\text{vorh.}}}{\sigma_{\text{Bruch}}} = \frac{50 \text{ kp}}{420 \text{ kp/cm}^2} = 0,28$$

Verschiedene Zerreißversuche unter praktischen Bedingungen haben gezeigt, daß mit dem in TGL 7596 geforderten $\sigma_{\text{Bruch}} = 420$ bzw. 450 kp/cm² gerechnet werden kann; es wurden sogar zumeist σ_{Bruch} -Werte von 480 bis 500 kp/cm² erreicht. Die Umlenkung mit einem Biegeradius von 5 mm stellt im Vergleich mit dem Hin- und Herbiegeversuch nach DIN 53374, bei dem Kanten mit 0,1 mm Radius verwendet werden, ebenfalls keine nennenswerte Belastung dar. Der Einfluß der Temperatur darf nicht vernachlässigt werden, da das Material mit absinkenden Temperaturen versprödet. Bei Temperaturen zwischen - 1 und + 38 °C wurde ohne Schwierigkeiten gearbeitet, bei - 10 °C bricht das Material häufig beim scharfen Falten. Da die Dränarbeit bei Frost ohnehin zum Erliegen kommt und die vorgenannten - 5 °C nur in Sonderfällen auftreten, kann bei den bisher vorliegenden Ergebnissen von keiner Einschränkung des Einsatzes durch widrige Temperaturen gesprochen werden. Auch der Bestand der Rohre, insbesondere der Ausmündungen, erscheint durch Temperatureinflüsse nicht gefährdet. So wurde bei 30 maligem Einfrieren bis - 25 °C und Auftauen bis + 5 °C in dreistündigen Intervallen sowohl an der Folie als auch den fertigen Rohren keine schädliche Veränderung festgestellt¹⁾. Wichtig ist nur, daß die Rohre in eingefrorenem Zustand vor Schlag und Stoß bewahrt werden.

Neben der meistverwendeten Folie - 1. Wahl - (3,50 DM/kg) wird versuchsweise auch die aus Abfällen hergestellte 4. Wahl (1,50 DM/kg) eingesetzt. Die Folie 4. Wahl hat verschiedene Fehler, wie kleine Löcher und Fremdkörperanschlüsse und weist nur 75% der Festigkeitswerte der 1. Wahl auf. Wenn vom Hersteller eine gewisse Beschränkung der Zahl und Abmessungen der Fehler garantiert werden kann, ist mit diesem Material eine weitere Verbilligung des Verfahrens zu erzielen.

Die verwendete Folie von 130 mm Breite und 0,4 mm Dicke wiegt 72 g/lfm und kostet bei Verwendung der 1. Wahl 0,25 DM/lfm, bei Einberechnung von 20% Verschnitt- und Zuschnittkosten 0,30 DM/lfm.

2.3. Der Rohrverschluß

Die Auskleidung eines Erddrängs hat die Aufgabe, seine Zerstörung durch den Erddruck, durch das Einwachsen von Pflanzenwurzeln, den Angriff von Lebewesen sowie die Schleppkraft des fließenden Wassers aufzuhalten. Benutzt man dazu eine dünne Kunststoffolie, so ist es unbedingt erforderlich, das daraus geformte Rohr fest in den Erddräng einzufügen, wodurch erreicht wird, daß das Rohr den Erddräng vor dem Zusammenbruch bewahrt, während gleichzeitig das dünne Rohr sich seitlich gegen die Wandungen des Erddrängs abstützt und somit in die Lage versetzt wird, den Scheiteldruck der absinkenden Erde aufzunehmen. Aus dieser Forderung ergibt sich, daß das Einbringen der Folie in die Erde und ihre Formung zum Rohr innerhalb des Querschnitts eines Maulwurfschwertes und seines Preßkörpers vor sich gehen muß. In diesem Querschnitt Mechanismen unterzubringen, die unter den rauen Bedingungen des unterirdischen Einsatzes in einem oft wassergesättigten Boden störungsfrei arbeiten, erscheint aussichtslos, weshalb angestrebt wurde, alle bewegten Teile zu vermeiden. Diese beiden Forderungen wurden also der Entwicklung des Rohrverschlusses zugrunde gelegt.

¹⁾ Versuche des Instituts für Boden- und Wasserwirtschaft der TU Dresden.

Es bieten sich theoretisch die folgenden Möglichkeiten, eine Kunststoffolie ohne Wärmeeinwirkung zu einem Rohr zu formen:

2.3.1. durch Formverbindungen, d. h. durch eine bestimmte Formgebung des Rohrmaterials, die die Herstellung eines formbeständigen Rohrs gestattet,

2.3.2. durch Materialverbindungen, d. h. durch das Verbinden der beiden Folienkanten mit fremden Materialien,

2.3.3. durch Einpassen in ein größeres Rohr, d. h. hier durch die gestalterhaltende Wirkung des umgebenden Bodens beim Einziehen der zum Rohr geformten, aber sonst nicht fixierten Folie in den Erddrän.

Zu 2.3.1. Es wurde eine Vielzahl möglicher Formverbindungen untersucht, denen grundsätzlich folgendes gemeinsam ist:

a) das Ineinanderführen „vorgeformter Verschlüsselemente“ erfordert häufig einen Schließmechanismus. Andere Verschlüsselemente, wie z. B. Falze, stören bei den erforderlichen scharfen Umlenkungen der Folie.

b) Das „örtliche Ausformen“ von Verschlüsselementen wie Falze, Stanzungen usw. innerhalb der Verlegemaschine während des Rohrverlegens erfordert ebenfalls Mechanismen, die in dem geringen zur Verfügung stehenden Querschnitt nicht untergebracht werden können.

Zu 2.3.2. Zu den Materialverbindungen zählen neben dem Heften, Klammern und Nähen auch das Kleben und Schweißen. All diese Verfahren erfordern aufwendige Mechanismen, das Kleben darüber hinaus schnellabbindende Spezialkleber, die bisher noch nicht vorhanden sind.

Zu 2.3.3. Es wurde erwogen, ein Band im Boden zum Rohr zu formen und ohne Verschluss der gestalterhaltenden Wirkung des umgebenden Bodens zu überlassen. Ein derartiges Rohr leidet aber unter den verformenden Einflüssen des Bodendruckes wesentlich stärker als ein verschlossenes Rohr, weshalb diese einfache Ausführung nicht gewählt wurde. Weiterhin wurde die Möglichkeit untersucht, ein Rohr aus einem schmalen Band spiralförmig zu wickeln. Das unterirdische Wickeln des Rohrs ist technisch unmöglich, folglich müßte das Rohr oberirdisch hergestellt und als solches in die Erde hinabgeführt werden. Das dazu erforderliche biegsame Rohr kann nur aus einem ziemlich schmalen Band hergestellt werden. Ein aus einer 0,4 mm dicken und 130 bzw. 90 mm breiten Folie gewickeltes Rohr war derart biegesteif, daß es nicht verwendet werden konnte. Erst bei einer Folienbreite von 40 mm konnte ein Rohr mit dem Durchmesser von 36 mm gewickelt werden, das einen Biegeradius von $\approx 0,5$ m erlaubte. Bei dieser Bandbreite und einer Überdeckung von 15 mm liegt der Materialverbrauch aber um 40% höher als bei den längsgeschlossenen Rohren, weshalb auch diese Lösung ausschied.

Als günstigste Lösung wurde ein Verschluss der Gruppe vorgeformter Formverschlüsse ausgewählt, bei dem die Verschlüsselemente in der Folienebene liegen und damit bei scharfen Umlenkungen der Folie keinen besonderen Widerstand bringen, der sich ohne Einwirkung von Mechanismen einfach durch Zueinanderführen der Verschlüsselemente schließen läßt und sich unter keiner der im Boden auftretenden Belastungen von allein öffnet. Nachdem die grundsätzliche Form des Verschlusses

festgelegt war (Bild 1), galt es, die günstigsten Abmessungen zu finden.

Dazu wurden sowohl die Längen der Stege und Aussparungen, als auch die Ausrundungsradien mit dem Ziel variiert, einen Verschluss zu entwickeln, der sich leicht schließen läßt, aber nicht von allein öffnet, der ausreichende Wassereintrittsöffnungen aber keine freien Öffnungen besitzt, durch die Bodenteilchen einfallen könnten. Das Ergebnis dieser Betrachtungen

war u. a. die Festlegung des Wertes $\Delta = s_i - \frac{d_a + d_i}{2}$ als

Maß der Stabilität des Verschlusses auf 2 mm. Bei größeren Werten Δ wird der Verschluss sicherer gegen Öffnen durch irgendwelche Belastungen, und das ganze Rohr wird verwindungssteifer. Nachteilig ist aber, daß der Verschluss sich dann auch schwerer verschließen läßt. Des weiteren wurden die Ausrundungsradien festgelegt zu $r_a = 4$ mm und $r_i = 2$ mm. Wählt man r_i zu Lasten von r_a größer, so entstehen freie Schlitzlöcher, durch die Bodenteilchen in das Rohr einfallen können. Verringert man dagegen r_i zugunsten von r_a , so wird die Kerbwirkung erhöht, wodurch häufig Verschlüsselemente abreißen.

Die zum Verschließen der Rohre erforderliche Kraft ist bei gegebener Materialqualität in entscheidendem Maße von der Größe der Stegauladung ($s_a - s_i$) abhängig. Um den Verschluss mit der geringsten Schließkraft zu finden, wurden Versuche mit Stegen verschiedener Ausladungen durchgeführt, und zwar wurde mit Hilfe eines belasteten Stempels ein Steg durch eine Aussparung hindurchgedrückt. Dabei zeigte sich, daß die Schließkraft mit zunehmender Stegauladung abnimmt, daß aber der Schließweg erheblich größer wird. Da in dem kleinen Rohr von nur 36 mm Dmr. keine großen Wege zur Verfügung stehen, konnte die Stegauladung nicht allein nach der geringsten Schließkraft, sondern nur unter gleichzeitiger Berücksichtigung des zur Verfügung stehenden Schließweges ausgewählt werden. Die endgültigen Verschlussabmessungen ergaben sich somit zu

$$\begin{aligned} s_a &= 40 \text{ mm} & d_a &= 20 \text{ mm} & r_a &= 4 \text{ mm} \\ s_i &= 28 \text{ mm} & d_i &= 32 \text{ mm} & r_i &= 2 \text{ mm} \\ \Delta & & & & &= 2 \text{ mm} \end{aligned}$$

2.4. Die Rohrform- und -verschleißvorrichtung

Um die an den Längskanten ausgeformte Folie zum Rohr zu formen und zu verschließen, wurde eine einfache Blechhülle entwickelt, bei deren Durchlaufen das Band kontinuierlich zum Rohr geformt wurde. Kurz vor dem Austritt des Rohrs aus der Hülle wurden die übereinanderliegenden Verschlüsselemente durch äußeren Druck ineinandergeführt und das Rohr somit verschlossen. Dieses Verfahren ermöglichte kein zuverlässiges Schließen aller Verschlüsselemente und wurde daher durch eine Verschleißvorrichtung abgelöst, bei der die Verschlüsselemente nicht durch äußeren Druck ineinandergeführt werden, sondern sich unter der Wirkung vorher eingetragener Spannungen von selbst verschließen. Wie bei dem ersten Verfahren wird die Folie beim Durchlaufen einer Blechhülle geformt, allerdings hier nicht zum Kreisquerschnitt mit überlappenden Kanten, sondern etwa zu einem Brezelquerschnitt. Die beiden Folienkanten sind hier also nach innen in den Rohrquerschnitt hineingewölbt und führen vermittels der aus diesen elastischen Verformungen resultierenden Kräfte das Verschließen von selbst herbei. Mit dieser Rohrform- und -verschleißvorrichtung (Bild 2) wird ein sicheres Verschließen aller Elemente erzielt.

2.5. Die Versuchsmaschine

2.5.1. Kinematische Grundlagen

Die häufigste Bauform der Maulwurfspflüge ist der Karrenpflug, bei dem das Schwert starr mit dem Fahrgestell verbunden ist. Diese Feststellung gilt auch für Pflüge mit Tiefensteuerungseinrichtungen, denn trotz der Möglichkeit der vertikalen Relativbewegung von Schwert gegen Fahrgestell sind beide in jedem Moment starr miteinander verbunden. Die einfachste Ausführung eines Karrenpfluges sowie die an ihm wirkenden Kräfte sind in Bild 3 schematisch dargestellt. Dabei ist M die im Schwerpunkt angreifende Massenwirkungskraft, Z die an

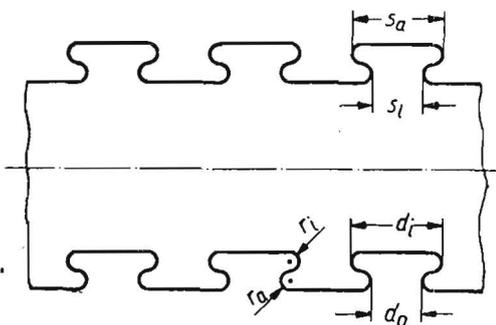


Bild 1
Form des
ausgewählten
Verschlusses

Zugpunkt angreifende Zugkraft, A die an den Abstützungen des Pfluges gegen den Boden wirkende Stützkraft, R_S die am Schwert und R_M die am Maulwurf angreifende Reaktionskraft. Im Idealfall, d. h. bei der Bearbeitung eines einheitlichen Bodens mit ebener Oberfläche, blieben die Kräfte während der Arbeit nach Lage, Richtung und Größe konstant und bildeten ein konstantes Momentengleichgewicht um den Zugpunkt. Im praktischen Einsatz wird das Gleichgewicht durch die Unebenheiten der Bodenoberfläche ständig gestört. Es gilt nun, die Störungen des Momentengleichgewichts durch konstruktive Maßnahmen möglichst gering zu halten. Betrachtet man daraufhin den Karrenpflug, so stellt man fest, daß diese Bauform sehr ungünstig ist. Wird z. B. eine Erhebung überfahren, so wächst die Stützkraft A rapid an, überwindet die vertikale Komponente der Bodenreaktionskräfte am Schwert und Maulwurf und hebt das Schwert an. Durch diese Aufwärts-

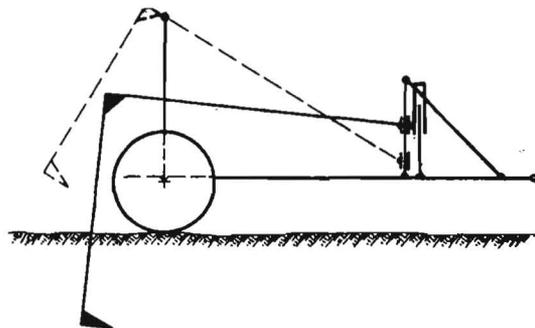


Bild 4. Schematische Darstellung des Maulwurfpflugs-Maulwurfrohrdränpflugs als Schwingpflug

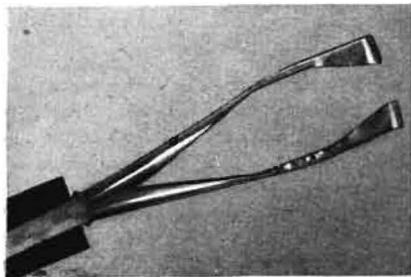


Bild 2. Rohrform- und verschlußvorrichtung

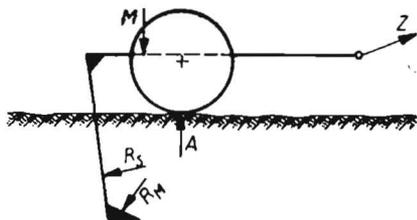


Bild 3. Schematische Darstellung der Kräfte am Karrenpflug

bewegung des Schwertes wird die Stützkraft A verringert und es stellt sich in einer neuen Höhenlage ein neues Gleichgewicht ein. Prinzipiell der gleiche, allerdings nicht so krasse Vorgang ist beim Überfahren von Senken zu beobachten. Mit den Tiefensteuerungseinrichtungen können derartige krasse Abweichungen des Schwertes von der gewünschten Tiefenlage nicht vermieden, sondern nur rückgängig gemacht werden.

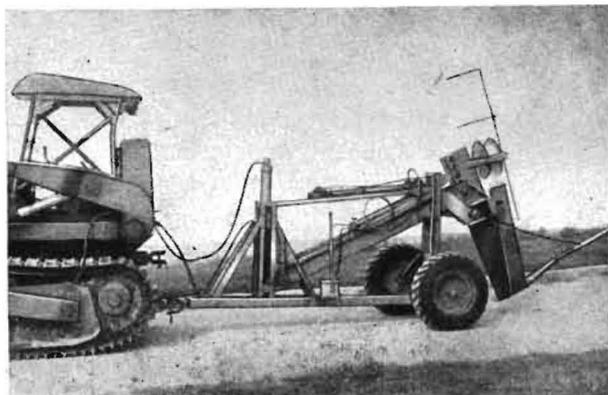
Durch verschiedene konstruktive Maßnahmen, wie z. B. Ersatz der Räder durch lange Gleitkufen, Einführung der Luftbereifung u. a. gelang es, die krasse Veränderung der Stützkraft A etwas zu reduzieren. Als Endziel dieser Entwicklung kann man die völlige Beseitigung der Stützkraft A , also die Ausbildung der Maschine als Schwingpflug betrachten. Ein derartiger Pflug war nach RAMSAUER [5] bereits vor \approx zehn Jahren in der Versuchstation Baton Rouge im Staate Louisiana (USA) in der Fpröbung. Da keine weiteren Mitteilungen darüber bekannt wurden, ist anzunehmen, daß die Versuche erfolglos waren. Die im Jahre 1959 im Institut für Landtechnik Potsdam-Bornim durchgeführten Versuche haben gezeigt, daß die Ausführung des Maulwurfspfluges als Schwingpflug, der bei richtiger Wahl der Abmessungen ein weitestgehend konstantes Momentengleichgewicht um den Grindelgelenkpunkt bei allen praktisch geforderten Arbeitstiefen garantiert, möglich ist [6]. Der aus diesen Erkenntnissen resultierende Vorschlag ist in Bild 4 schematisch dargestellt. Überfährt dieser Pflug Unebenheiten, so wird zwar der Grindelgelenkpunkt vertikal verschoben, das Schwert aber bleibt vorerst in seiner alten Lage und erfährt nur eine kleine Winkeländerung. Durch die Veränderung der Lage und Richtung der Zugkraft und die leichte Änderung der Richtung der Bodenreaktionskraft ist das Momentengleichgewicht leicht gestört und das Schwert gezwungen, der erzwungenen Abweichung des Grindelgelenkpunktes von der geraden Bahn zu folgen und das Gleichgewicht damit wieder herzustellen. Da diese Abweichung des Schwertes

von der gewünschten geraden Bahn aber sehr langsam vor sich geht, besteht die Möglichkeit, das Momentengleichgewicht durch Rückführung des Grindelgelenkpunktes in seine alte Bahn wieder herzustellen. Durch diese gezielte Steuerung des Grindelgelenkpunktes und seine günstige Mittellage zwischen den beiden tragenden Achsen, die die Unebenheiten der Bodenoberfläche nur halbiert auf ihn wirken läßt, können die Abweichungen des Schwertes von der vorgeschriebenen Bahn klein (von zweiter Ordnung) gehalten werden.

2.5.2. Die Konstruktion der Maschine

Die Versuchsmaschine ist eine einachsige, luftbereifte Anhängermaschine in Schweißkonstruktion (Bild 5). Der Grundrahmen mit der starren Achse trägt vorn eine senkrechte Führungsbahn und einen Hydraulikzylinder für die Höhenverschiebung des Grindelgelenkpunktes, hinten eine weitere senkrechte Führungsbahn für den Grindel, dazwischen den Grindel mit dem durch zwei Steckbolzen biegesteif angeschlossenen Schwert und den Einrichtungen für das Verlegen der Kunststoffrohre sowie eine kleine handbetätigte Hydraulikanlage, mit der das Schwert in die Transportstellung gehoben wird. Der Grindelgelenkpunkt ist, abgesehen von der hinteren vertikalen Führungsbahn, die ein seitliches Ausweichen des Schwertes verhindert, die einzige Verbindung des Grindels mit dem Fahrgestell. Mit Hilfe des vorderen, an den Traktor angeschlossenen Hydraulikzylinders wird er vertikal bewegt, wodurch in gleichem Maße der Tiefgang des Schwertes verändert wird. Zwischen dem Grindel und dem Schwert befinden sich zwei starke Spindeln, mit denen der Winkel zwischen Spindel und Schwert verändert und der Pflug den verschiedenen Bodenarten und -zuständen angepaßt werden kann. Am Schwert befestigt sind die Aufnahmevorrichtung für die Bandtrommel, der Bandführungsschacht, die Bandumlenkung, das verkleidete Rohrformwerk, der Maulwurfpreßkörper und ein Peilstab (Bild 6). Die mit dem vorbereiteten PVC-Band gefüllte Trommel liegt drehbar in der Aufnahmevorrichtung. Das Band läuft zunächst durch den Schacht, folgt der Abwinkelung des Schwertes um 100° und wird unmittelbar danach in der Bandumlenkung um 200° gewendet. Dann tritt es in das in einen gelenkig angeschlossenen Formwerkskasten eingelegte

Bild 5. Die Versuchsmaschine in Transportstellung



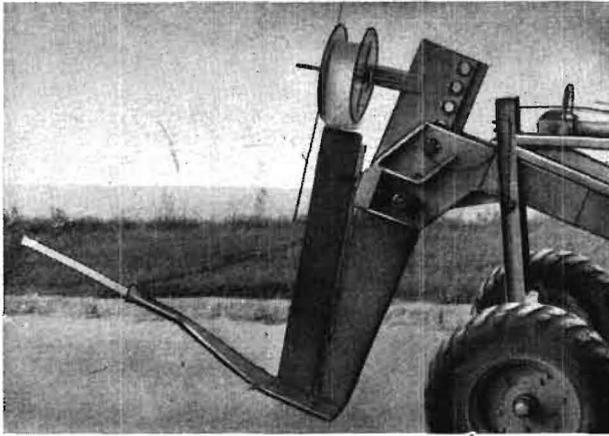


Bild 6. Die Versuchsmaschine: Detail Schwert und Rohrformeinrichtung

Formwerk ein, wird zum Rohr geformt und verschlossen und gleitet durch den Maulwurfpreßkörper in den Erd-drän hinüber. Der Maulwurfpreßkörper ist abschraubbar und gegen Preßkörper anderer Formen und Abmessungen austauschbar, womit in jeder Bodenart und bei jedem Bodenzustand ein Erd-drän erzeugt werden kann, der das PVC-Rohr fest umschließt.

Mit dem im Bild 5 und 6 gezeigten unsymmetrischen Schwert kann die Verschlüßfuge des Rohrs wahlweise nach oben oder nach unten gelegt werden. Ein weiteres, symmetrisches Schwert gestattet, die Verschlüßfuge wahlweise an die rechte oder linke Seite zu legen. Die Maschine kann, indem die gesamte Bandführungs- und Rohrformvorrichtung fortgelassen und dafür ein entsprechender Preßkörper angehängt wird, auch als Maulwurfspflug eingesetzt werden.

2.5.3. Die Erprobung der Versuchsmaschine

Die Versuchseinsätze (Bild 7) bestätigen in vollem Maße die der Konstruktion zugrunde gelegten theoretisch und experimentell erarbeiteten kinematischen Zusammenhänge. In allen Böden, die für die Maulwurf- und Maulwurfrohrränung ausreichend bindig und feucht waren, konnte das Schwert von der Oberfläche aus in den Boden eingefahren, in jeder beliebigen Tiefe geführt und bis zur Oberfläche wieder ausgefahren werden. Das wurde auf verschiedenen Moorstandorten sowie auf Lehm- und Bruchböden bewiesen. Mangelhaft war die Steuerung des Schwertes in Moorböden geringer Mächtigkeit, bei denen das Schwert erheblich in den darunterliegenden Sand einschnitt. Derartige Flächen werden aber grundsätzlich auch nicht ge-ränzt. Von besonderem Vorteil ist, daß die Maschine ohne Verwendung spezieller Überlastungssicherungen gegen Beschädigungen durch die leider häufig vorkommenden Hin-

Bild 7. Die Versuchsmaschine im Einsatz



der-nisse im Boden sicher ist, denn beim Auffahren auf derartige Hindernisse wird die Bodenreaktionskraft schlagartig erhöht, damit das Momentengleichgewicht kraß gestört und das Schwert über das Hindernis abgleitend selbsttätig aus dem Boden ausgehoben. So wurden bei den Versuchseinsätzen häufig große Steine mit Durchmessern bis zu 40 cm, starke Baunwurzeln, alte Rohrleitungen, Stahlseile und sonstige Eisenteile ohne Beschädigung der Maschine angefahren. Lediglich der am untersten Schwertende angeschlossene Formwerkskasten kann bei direktem Auftreffen auf große Hindernisse beschädigt werden.

Die maximalen Zugkräfte wurden bei einer Arbeitstiefe von 0,90 m in einem sehr dicht gelagerten kiesigen Lehm mit Horizontbildung in 0,80 m Tiefe zu ≈ 3000 kp gemessen. Diese Belastung nahm die Maschine ohne nennenswerte Deformationen auf, lediglich die Steckbolzen, die das Schwert biegesteif mit dem Grindel verbinden, waren leicht durchgebogen. Bei der Arbeit in Moorböden treten Zugkräfte von 800 bis 1200 kp auf.

Bei den Versuchseinsätzen wurden, um die Abflußmessungen und mechanischen Rohrprüfungen zu erleichtern, fast ausschließlich in offene Gräben ausmündende Einzelsauger angelegt. Dabei wurde das folgende Arbeitsverfahren angewendet:

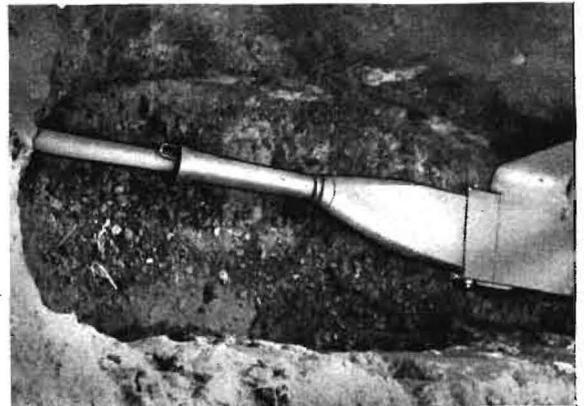


Bild 8. In der Erde freigelegtes Rohr mit Bandumlenkung und Rohrformkasten

Die Bedienungsmannschaft besteht aus vier Personen, und zwar dem leitenden Ingenieur, der das Dränprojekt lesen und die Vermessungsarbeiten durchführen kann, einer Hilfskraft für die Absteckungsarbeiten, einem Schlosser für die Bedienung der Maschine und einem Traktoristen.

Nachdem das vorbereitete PVC-Band durch den Materialschacht und das Rohrformwerk hindurchgeführt und zum Rohr geformt ist (Bild 8), wird die Maschine in der durch Fluchtstangen markierten Trasse rückwärts an den Graben herangefahren. Das Schwert wird bis auf die gewünschte Dräntiefe abgesenkt und der Peilstab in die Blickhöhe des vom Traktor aus nach hinten visierenden Bedienungsmanns eingerichtet. Nun wird hinter der Maschine durch zwei Visiertafeln das gewünschte Stranggefälle markiert und gleichzeitig das aus dem Rohrformwerk herausragende Rohrende durch eine einfache Klemmvorrichtung im Graben festgelegt. Bei der nun folgenden Arbeitsfahrt sind nur der Traktorist und der Bedienungsmann der Maschine beschäftigt, während die beiden anderen Personen bereits die neue Trasse abstecken. Der Bedienungsmann führt durch hydraulisches Heben oder Senken des Grindelgelenkpunktes den Peilstab und damit den Dränstrang in der gewünschten Gefällelinie. Am Ende des Stranges wird die Maschine angehalten, der Strang freigelegt, abgeschnitten und gesichert sowie vermessen. Die Maschine fährt an den Graben zurück und ist sofort wieder einsatzfähig. Die Ausmündungen werden durch 1 bis 1,5 m lange Aufschieb-linge der gleichen Rohrqualität gesichert. Bei den Aufschieb-lingen wird die Verschlüßfuge grundsätzlich nach oben gelegt, wo-

durch der Wasseraustritt aus dem Rohr unmittelbar an der Böschung vermieden wird.

Der Bandvorrat einer Trommel beträgt etwa 250 m. Ist eine Trommel leer, so wird sie ausgetauscht, das neue Band mit dem alten überlappt und durch 10 bis 15 Klammern der normalen Büroklammergeräte verbunden.

Bei der Dränung einer 30 ha großen Moorgrünlandfläche in Dreetz wurden nach dem vorgenannten Verfahren die folgenden Leistungen ermittelt:

	[s]
1. Visiertafeln einrichten, Rohr festlegen	240
2. 42 m Arbeitsfahrt	155
3. Vorrattrommel auswechseln, neue Folie an alte anklammern	320
4. 65 m Arbeitsfahrt	245
5. Aufgraben, Abschneiden und Sichern des Rohrs, Pflug ausfahren, neue Flucht markieren, Haltevorrichtung lösen, Ausmündung sichern	400
6. Maschine neu ansetzen	170
	<hr/> 1530

Da das Auswechseln der Trommeln nur etwa alle 250 m vor-
kommt, müssen $\frac{250 - 107}{250} \cdot 320 = 183$ s abgezogen werden.

Die Gesamtzeit für 107 m Strang beträgt somit $1530 - 183 = 1347$ s = 22 min 27 s.

Das entspricht einer effektiven Arbeitsgeschwindigkeit von 286 m/h. Da bei dieser Anlage mit Rücksicht auf die sehr unebene Bodenoberfläche, die die Einhaltung der äußerst geringen künstlichen Gefälle von 0,25 und 0,20% außerordentlich erschwerte, nur mit Fahrgeschwindigkeiten von 1000 m/h gearbeitet wurde, während bei anderen Einsätzen 1800 m/h erreicht wurden, ist die effektive Arbeitsgeschwindigkeit von 286 m/h noch keine obere Grenze. Das Verfahren der Rohrformung und des -verschließens erlaubt praktisch unbegrenzte Arbeitsgeschwindigkeiten. So wurde bei Versuchen ein einwandfreies Schließen noch bei Geschwindigkeiten von 12000 m/h erreicht.

Die praktische Arbeitsgeschwindigkeit wird nur von den zulässigen Grenzen der Abweichungen vom vorgeschriebenen Gefälle bestimmt.

2.5.4. Abflüsse der Versuchsstränge

Da die Versuchsanlagen erst vor zwei bis sechs Monaten fertiggestellt wurden, ist es noch nicht möglich, zusammenhängende Abflußmessungen vorzulegen. Wir beschränken uns daher auf die Wiedergabe einzelner Stichproben.

2.5.4.1. Niedermoorgrünland:

Dräntiefe $T = 0,60$ bis $0,70$ m

Abstand $E = 3$ m

Stranglänge $l = 65$ m

Abflußbeginn bereits 1 min nach Fertigstellung des Strangs,
nach 15 min $q = 1,73$ l/min $\cong 1,48$ l/s · ha
nach 30 min $q = 1,84$ l/min $\cong 1,57$ l/s · ha

Dabei ist zu beachten, daß so kurze Zeit nach Fertigstellung der Stränge ein erheblicher Anteil des Gesamtabflusses unter dem unten offenen Rohr auf der Sohle des Erddröns fließt und unkontrollierbar an der Böschung austritt. Nach einigen Stunden ist die Fuge zwischen dem Erddrön und dem Rohr völlig gedichtet und der gesamte Abfluß tritt aus der Rohrmündung aus.

2.5.4.2. sehr dichter, humoser, schluffiger, z. T. auch kiesiger Feinsand, tagwasservernäbt.

Dräntiefe $T = 0,80$ bis $0,90$ m

Abstand $E = 7$ m

Stranglänge $l = 48$ bzw. 50 m

Nach Gewitterniederschlägen im Juni 1961 wurden Abflüsse von $q = 1,58$ l/min $\cong 0,78$ l/s · ha und $q = 3,30$ l/min $\cong 1,57$ l/s · ha (fremdwasserbeeinflußt) gemessen. Die abklingende Tendenz dieser am Vormittag gemessenen Werte zeigt,

daß die Abflüsse vor Beginn der Messungen noch erheblich höher gewesen sein können.

3. Zusammenfassung

In einer einjährigen Forschung wurden die Probleme der Maulwurfrohrdränung mit Plastrmaterialien untersucht und ein außerordentlich produktives neues Verfahren entwickelt. Es wird eine 0,4 mm dicke PVC-Hartfolie, die durch einen reißverschlößähnlichen Verschlöß in Rohrform stabilisiert wird, verwendet. Die Folie wird hinter dem Schwert eines Anhängemaufwurfpluges in die Erde geleitet und dort ohne Einwirkung von bewegten Teilen zum stabilen Rohr mit günstigen Wassereintrittsöffnungen geförmt. Da alle Vorgänge des Materialtransports und der unterirdischen Rohrformung im Querschnitt des Schwertes und Preßkörpers eines Maulwurfpluges vor sich gehen, kann hier von einer echten Maulwurfrohrdränung gesprochen werden, bei der durch das organische Zusammenwirken von Erddrön und auskleidendem Rohr ein großer Verformungswiderstand und damit eine lange Lebensdauer des Rohrs mit nur 0,4 mm Wanddicke erreicht wird. Zugleich liegen die Kosten des Rohrmaterials noch unter denen der Tonrohre geringster Nennweite.

Die für diese neue Dränung entwickelte Versuchsmaschine stellt die erste gelungene Anwendung des Schwingpflugprinzips bei den Maulwurfplügen dar und hat sich bei den Versuchseinsätzen hervorragend bewährt. Je nach den Unebenheiten konnten bei Fahrgeschwindigkeiten zwischen 1000 und 1800 m/h ausreichend genaue Stranggefälle erzielt werden. Die effektive Arbeitsgeschwindigkeit betrug bei Fahrgeschwindigkeiten von 1000 m/h und Stranglängen von ≈ 100 m, einschließlich der Vermessungsarbeiten, 286 m/h. Das neue Verfahren läßt im Vergleich zur maschinellen Tonrohrdränung eine Steigerung der Arbeitsproduktivität auf das Zehnfache und eine Senkung der Gesamtkosten auf 20 bis 30% erwarten.

Wir benutzen abschließend die Gelegenheit, den Mitarbeitern der Institute und Betriebe, die uns bei der Anlage der Versuchsflächen unterstützten, sowie insbesondere den Kollegen der Versuchswerkstatt des VEB Mährescherwerk Weimar auch an dieser Stelle für ihren unermühtlichen Einsatz ganz besonders zu danken.

Literatur

- [1] HEESE, K. / SCHINKE, H.: Zur Situation in der Entwicklung der Maulwurfrohrdränung. Deutsche Agrartechnik (1960) H. 9, S. 413 bis 417.
- [2] JUNGnickel, H. / WIPPENHOHN, H.: PVC-Kunststoffe für Industrie und Handwerk. Fachbuchverlag Leipzig 1959.
- [3] SAECHTLING / ZEBROWSKI: Kunststoff-Taschenbuch. 14. Ausgabe. Carl Hanser Verlag München 1959.
- [4] SCHRADER, W.: Die Kunststoffverarbeitung und Schweißung. 4. Auflage. VEB Carl Marhold Verlag, Halle 1958.
- [5] RAMSAUER, B.: Die Maulwurfdränung. 7. Mitteilung aus dem Bundesversuchsinstitut für Kulturtechnik und Technische Bodenkunde. Petzenkirchen, Österreich 1952.
- [6] HEESE, K.: Die Entwicklung von Maschinensystemen für die Binnentwässerung. Diss. TU Dresden 1961. A 4601

(Schluß v. S. 52)

geordneten Organen waren bei 18 Kooperationsbetrieben notwendig. Das Ergebnis aller Bemühungen ist, daß der Geräteträger RS 09 jetzt störfrei produziert und der Landwirtschaft und dem Außenhandel planmäßig zur Verfügung gestellt werden kann. Es wurden, wie bereits angeführt, beachtliche Materialeinsparungen erzielt, wobei der technische Stand nicht nur gehalten, sondern in einigen Baugruppen verbessert werden konnte. Das Zapfwellengetriebe z. B. ist übersichtlicher und leichter bedienbar geworden. Weitere Verbesserungen des Geräteträgers sind für die Serieneinführung in Vorbereitung. Vom gesamten Werkkollektiv des VEB Traktorenwerk Schönebeck wird alles darangesetzt, der Landwirtschaft einen Geräteträger zur Verfügung zu stellen, der in immer größerem Umfang zur Entwicklung der Produktivkräfte auf dem Land beiträgt.

Mit der Störfreimachung der Produktion wurde ein wichtiger Schritt in der Entwicklung der Geräteträger-Fertigung getan. Die nächsten Schritte müssen darin bestehen, im Rahmen einer engen Wirtschaftsgemeinschaft mit der Sowjetunion und der vorteilhaften internationalen Arbeitsteilung mit den sozialistischen Staaten die großen Möglichkeiten des Sozialismus für die ökonomische und technische Entwicklung der Geräteträgerproduktion entsprechend den internationalen Vereinbarungen auszunutzen und die hiermit verbundenen, schweren Aufgaben erfolgreich zu lösen.

A 4623 Dipl.-oec. R. BECK, VEB Traktorenwerk Schönebeck