

Bild 3. Grabenräummaschine B 771 in Transportstellung

Motor Typ und -leistung: 4 KVD 14,5/12-1  
SRL, 72 PS

Arbeitsgeschwindigkeiten, fein gestuft:	0,10 bis 1,25 km/h	} vorwärts und rückwärts
Transportgeschwindigkeiten	0,93 bis 8,00 km/h	

Bei Überführung der B 771 von der Transport- in die Arbeitsstellung wird also der gesamte Oberwagen der Maschine entweder nach rechts oder links geschwenkt. Der quasi als Gegengewicht zum Ausleger im Oberwagen angeordnete Antriebsmotor führt zu einer weitgehenden Egalisierung des Bodendruckes in der Arbeitsstellung, was im Gegensatz zur B 770 besonders hervorzuheben ist.

### 3. Zusammenfassung

Die Weiterentwicklung der Grabenräummaschine B 770 zur B 771 und die ihr zugrundeliegende Gesamtkonzeption bietet alle Voraussetzungen für eine moderne, leistungsfähige, universell einsetzbare Grabenräummaschine. Als Haupteinsatzgebiet sollten grabenreiche Gegenden bzw. größere Meliorationsgenossenschaften angesehen werden, in denen sie das Problem der Mechanisierung der Grabenräumarbeiten ohne Zweifel lösen könnte. Obwohl sie sich für die Grundräumung und Wiederherstellung des Grabenprofils am wirtschaftlich-

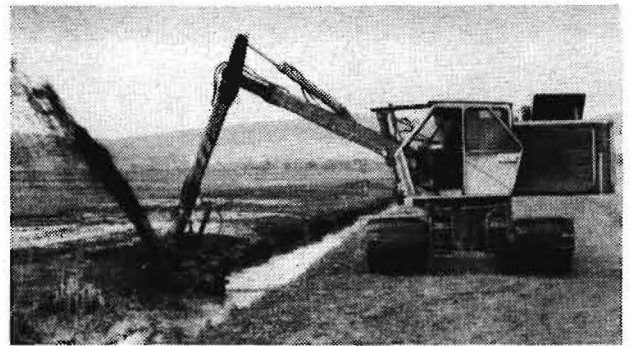


Bild 4. Grabenräummaschine B 771 im Einsatz mit dem Grabenreiniger mit Förderrad

sten einsetzen läßt, ist anzunehmen, daß die vorgeschlagenen Anbauarbeitswerkzeuge für die übrigen Arbeitsarten bei der Grabenräumung in zahlreichen Fällen wünschenswert sein werden. Ergänzt durch einen Traktorbagger nach Art des MF 710 oder E 153 für die Räumung kurzer, verstreut liegender Gräben, mit dem unter diesen Einsatzbedingungen die Erdräumung besser durchgeführt werden kann, ergänzt durch eine leichte Traktoranbaumaschine für die Böschungspflege und Sohlenkrautung, die über am Graben stehende Koppelzäune hinwegreicht und die Krautstoffe unter normalen Einsatzbedingungen in einem Arbeitsgang aus dem Graben herausschleubt, und ergänzt durch ein Traktoranbaugerät zur chemischen Grabenentkrautung — das ebenfalls über Koppelzäune hinwegzureichen vermag und durch gute Anpassung des Spritzarmes an das Grabenprofil eine intensive, sparsame und unterschiedlich starke Besprühung von Grabensohle und Grabenböschung erlaubt — ist die universelle Grabenräummaschine B 771 geeignet, das Kernstück des Maschinensystems für die Grabenräumung darzustellen.

### Literatur

- [1] TEIPEL, R.: Stand der mechanisierten Grabenreinigung in der DDR. Deutsche Agrartechnik (1964) H. 1, S. 21 bis 24
- [2] SCHINKE, H.: Zur Beurteilung von Grabenräummaschinen. Deutsche Agrartechnik (1964) H. 1, S. 27 und 28
- [3] SCHINKE, H.: Neue Möglichkeiten der maschinellen Grabenräumung durch neue Technik. Deutsche Agrartechnik (1964) H. 12, S. 550 und 551 A 6654

Dipl.-Ing.  
H. HÖLJEWILKEN, KDT\*

## Über den selbsttätigen Ausgleich von Bodenunebenheiten bei der Arbeit mit der Maulwurfdränmaschine B 750

Bei allen Arten der Dränung ist die Lage der Dränstränge in richtigen Gefälle eine wesentliche Voraussetzung für die einwandfreie Funktion und lange Nutzungsdauer der Dränanlage. Daher werden in den Dränanweisungen hierzu strenge Maßstäbe gesetzt. In den „Agrotechnischen Forderungen“ an Dränmaschinen ist aus denselben Gründen folgende Formulierung enthalten: „Abweichungen der Grabensohle (entsprechend Dränstrangachse) von der Sollgefällelage sind bis zu 150 mm zulässig, jedoch darf kein im Gefälle aufwärts liegender Punkt der Grabensohle mehr als die halbe lichte Weite des vorgesehenen Dränrohrs tiefer liegen als jeder im Gefälle abwärts liegender Punkt“. Moderne Dränmaschinen sind deshalb mit einer Gefällesteuerungseinrichtung ausgestattet, die sich aus einer kinematisch zweckmäßigen Anlenkung des Arbeitswerkzeugs an den Maschinenrahmen und einer mechanischen oder hydraulischen Krafteinrichtung zur Relativbewegung des Werk-

zeuges gegenüber dem Maschinenrahmen oder dem auf der Grabensohle gleitenden Schleifschuh zusammensetzt. Dabei erfolgt die Auslösung der Steuerbewegungen durch das Abtasten der Höhenlage an einer vorher festgelegten Gefällelinie. Diese wird durch einen angespannten Leitdraht oder durch Visiertafeln dargestellt und der Höhenvergleich geschieht dementsprechend mechanisch durch Abtastung oder optisch durch Peilung. Diese Art der Steuerung eines künstlichen Gefälles bringt einmal den Aufwand für die Fixierung der Gefällelinie mit sich und erfordert große Sorgfalt des Maschinisten. Sie ist aber bei der Dränung auf Horizontalebene und auf stark welligem Gelände, wo das projektierte Drängefälle vom natürlichen Geländegefälle abweicht, nicht zu umgehen.

Es gibt aber einen großen Anteil dränbedürftiger Flächen, bei denen durch geschickte Projektierung erreicht werden kann, daß das projektierte Drängefälle mit dem durchschnittlichen natürlichen Geländegefälle übereinstimmt. In diesen Fällen könnte mit den Dränmaschinen mit konstanter

\* Institut für Mechanisierung der Landwirtschaft Potsdam-Bornim der DAL zu Berlin (Leiter: Obering. O. BOSTELMANN).

Arbeitstiefe gearbeitet und auf die Steuerung eines künstlichen Gefälles verzichtet werden, wobei sich große arbeitswirtschaftliche Vorteile ergäben. Leider steht dieser Möglichkeit die Tatsache einschränkend entgegen, daß ein natürliches Gelände meist ein vielseitiges Mikrorrelief aufweist, das mehr oder weniger kurzweilige erhebliche Abweichungen von der durchschnittlichen Geländeneigung aufweist. Kämme und Furchen im Gelände überragen oder unterschneiden die Durchschnittsebene oft um mehrere Dezimeter.

Jede Dränmaschine mit einigermaßen günstiger Anbaukinematik gleicht solche kurzweiligen Bodenunebenheiten selbsttätig teilweise aus. Dieser teilweise Ausgleich hängt stark von der Konstruktion der Maschine ab und ist also von Maschinentyp zu Maschinentyp sehr verschieden. Wenn man über das tatsächliche Ausgleichsvermögen einer bestimmten Maschine genaue Kenntnisse hat und das Mikrorrelief einer vorgesehenen Dränfläche kennt, kann man abschätzen, unter welchen Bedingungen man ohne Gefällesteuerung arbeiten darf. Die dabei eintretenden arbeitswirtschaftlichen Vorteile fallen insbesondere bei der Maulwurfdränung und auch bei der Maulwurfrohrränung ins Gewicht.

Um über den selbsttätigen Ausgleich von Bodenunebenheiten bei der Arbeit mit der Maulwurfdränmaschine B 750 quantitative Aussagen machen zu können, wurden in den Jahren 1964 und 1965 vom Institut für Mechanisierung der Landwirtschaft Potsdam-Bornim, Abteilung Melioration, einige Versuche auf natürlich unebenem Gelände und auf ebenem Gelände mit künstlichen Unebenheiten durchgeführt, über die im folgenden berichtet werden soll.

### Das kinematische System der Maulwurfdränmaschine B 750

Die Maulwurfdränmaschine B 750 (Bild 1) besitzt ein einfaches kinematisches System. Es handelt sich im Prinzip um einen Schwingpflug mit langem Grindel. Bei der Arbeit ist das Schwert mit dem Grindel um den Grindelgelenkpunkt  $G$  (Bild 2) frei schwenkbar. Wird der Grindelgelenkpunkt in Arbeitsrichtung bewegt, so dringt das Schwert soweit in den Boden ein, bis die Resultierende aller am Schwert angreifenden statischen Kräfte durch den Grindelgelenkpunkt weist. Bleibt während der Arbeitsfahrt der Boden homogen und bleiben damit die angreifenden Kräfte konstant, so beschreibt z. B. die untere Schwertschneide eine zur Bahn des Grindelgelenkpunktes parallele bzw. äquidistante Bahn. Wird der Grindelgelenkpunkt zwangsweise in seiner Führungsbahn auf- oder abwärts bewegt, so weist die Resultierende nicht mehr durch den Grindelgelenkpunkt. Es entsteht zwangsläufig ein Moment um den Grindelgelenkpunkt, das das Schwert nach oben bzw. unten dreht und in die neue äquidistante zur neuen Grindelgelenkpunktbahn zwingt. Dies geschieht nicht sprunghaft wie möglicherweise die Bewegung des Grindelgelenkpunktes, sondern in Form einer Schleppkurve. Die Bahn der Schwertschneide und damit die Lage des Dräns ist also – homogener Boden selbstverständlich vorausgesetzt – abhängig von der Bahn des Grindelgelenkpunktes. Die Steuerung eines künstlichen Gefälles mit der Maulwurfdränmaschine B 750 geschieht nun

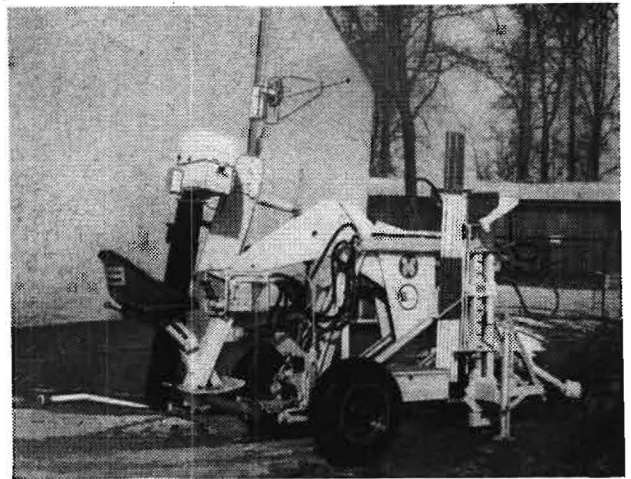
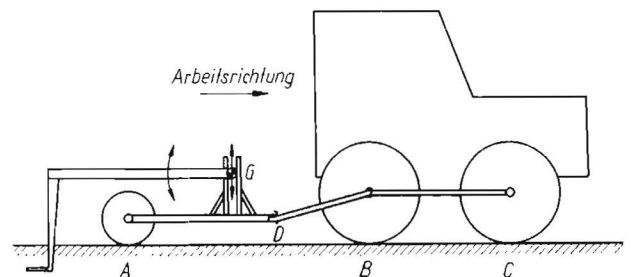


Bild 1. Maulwurfdränmaschine B 750

Bild 2. Funktionsschema B 750 mit Traktor D 4 K



einfach dadurch, daß der Grindelgelenkpunkt zwangsweise mit Hilfe eines hydraulischen Arbeitszylinders immer parallel zur mit Visiertafeln oder Leitdraht fixierten Gefällelinie geführt wird. Dann muß nach dem vorher Gesagten auch der Drän in einer Parallelen zur Gefällelinie liegen.

### Die Arbeit mit konstanter Arbeitstiefe

Will man mit der Maulwurfdränmaschine B 750 ohne künstliche Gefällesteuerung arbeiten, was, wie einleitend erwähnt, untersucht werden sollte, so wird der Grindelgelenkpunkt in einer Höhenlage, die der gewünschten Arbeitstiefe entspricht, festgelegt. Da er dann bei der Arbeit nicht mehr auf- und abwärts bewegt wird, macht er auf seiner Bahn nun die Bewegungen mit, die Zugmaschine und Arbeitsmaschine beim Überfahren von Hindernissen (Bodenunebenheiten) ausführen; und zwar in einer bestimmten Übersetzung, die von der geometrischen Lage des Grindelgelenkpunktes relativ zu den Zugmaschinenachsen, der Arbeitsmaschinenachse und der Lage des Kopplungspunktes  $D$  (Bild 2) abhängig ist.

Diese Verhältnisse sind in Bild 3 dargestellt. Es muß hier eingeschaltet werden, daß die Versuche mit dem Traktor D 4 K als Zugmaschine durchgeführt wurden. Die entsprechenden Abmessungen wurden im Bild 3 etwa maßstäblich berücksichtigt. In der Phase 1 sind Traktor und Zugmaschine auf der Ebene fahrend dargestellt. Bei homo-

Bild 3. Schematische Darstellung des Überfahrens eines Hindernisses mit D 4 K und B 750 in 4 Phasen. 1 Traktor und Maschine auf ebenem Gelände; 2 Vorderräder des Traktors auf Bodenwelle; 3 Hinterräder des Traktors auf Bodenwelle; 4 Maschinenräder auf Bodenwelle

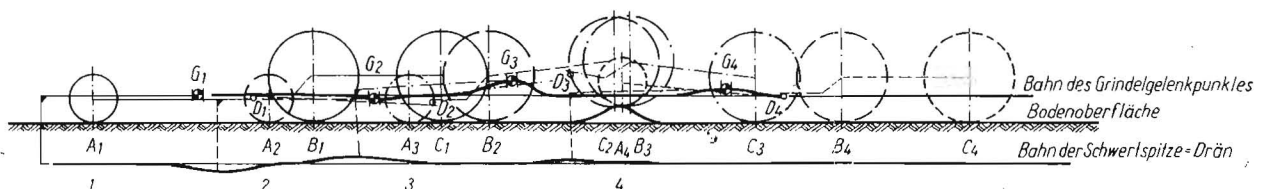
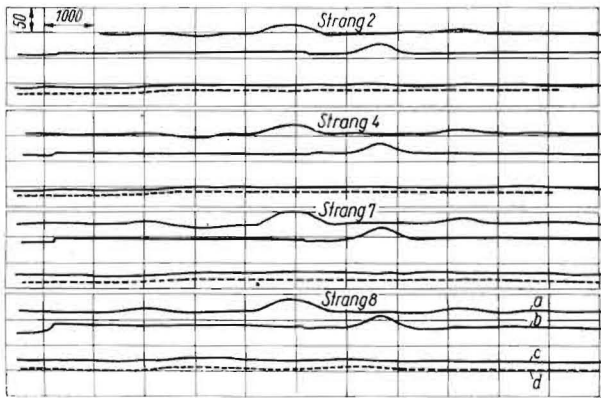




Bild 4. Versuchsfahrt über künstliches Hindernis

Bild 5. Dränstranglage bei künstlichen genau definierten Hindernissen. Höhenmaßstab zu Längenmaßstab = 1 : 1; a Bahn des Grindelgelenkpunktes, b Bodenoberfläche, c Lage des Dränstranges, d theoretische Lage des Dränstranges (um 100 mm) nach unten versetzt gezeichnet



genem Boden und ohne ein Hindernis würden Bodenoberfläche, Bahn des Grindelgelenkpunktes und Bahn der Schwerts Spitze drei parallele Linien ergeben (dünn ausgezogene Linien).

Beim Überfahren einer Bodenerhebung mit dem Vorderrad des Traktors (c) – Phase 2 – wird der Kopplungspunkt D abgesenkt und damit auch der Grindelgelenkpunkt G. – Hierbei ist schon deutlich erkennbar, wie stark die Bahn des Grindelgelenkpunktes von der Lage des Kopplungspunktes D abhängt. Würde man ihn z. B. zwischen die Achsen des Traktors legen können, würde sich in diesem Falle keine Absenkung, sondern ein Anheben des Grindelgelenkpunktes ergeben. – Die absolute Größe der Bewegung des Grindelgelenkpunktes läßt sich bei Kenntnis der geometrischen Abmessungen leicht durch mehrfache Anwendung des Strahlensatzes errechnen oder ebenso einfach graphisch ermitteln.

Sie beträgt in diesem Fall bei der Phase 2 28,15 % der Hindernishöhe. Die Schwerts Spitze folgt nun der Bewegung des Grindelgelenkpunktes in einer Schleppkurve, und zwar, wie die theoretischen und praktischen Untersuchungen<sup>1</sup> zeigen, unter einem durchschnittlichen Schleppwinkel von 0,9 bis 3°. Das bedeutet, daß die Schwerts Spitze erst nach einem Weg von etwa dem 20- bis 50fachen der Abweichung des Grindelgelenkpunktes die gleiche Abweichung erreichen würde. Nehmen wir an, ein Hindernis ragt 250 mm aus der Ebene heraus, dann senkt sich beim Auffahren der Vorderräder des Traktors D 4 K auf das Hindernis der Grindelgelenkpunkt um  $250 \cdot 0,2815 = 70,4$  mm. Die Vorderräder müßten für  $70,4 \cdot 38^\circ = 267,5$  mm Fahrtstrecke auf dem

Hindernis gleicher Höhe bleiben, bis auch die Schwerts Spitze eine Abweichung von 70,4 mm erreicht hätte. – Praktisch ist das nicht möglich, weil der Achsabstand des D 4 K nur 1950 mm beträgt und daher die Hinterräder auch auf dieses lange Hindernis auflaufen würden. – Derartige lange Hindernisse gleicher Höhe kommen praktisch nur selten vor, außerdem sollten, wie eingangs erwähnt, kurze Unebenheiten untersucht werden, wobei unter „kurz“ Ausdehnungen der Erhebungen oder Senken bis höchstens Achsabstand verstanden werden sollen. Diese Betrachtung sollte auch nur zeigen, daß die Schwerts Spitze nur sehr langsam und träge der Bewegung des Grindelgelenkpunktes folgt. Längst ehe die Schwerts Spitze die volle Abweichung erreicht hat, haben die Vorderräder ein „kurzes“ Hindernis überfahren, und der Grindelgelenkpunkt hat wieder seine Normallage erreicht. Damit beginnt auch die Zurückführung der Schwerts Spitze in die Normallage, selbstverständlich genau so träge wie die Abweichung. Durch diesen Effekt erfolgt eine weitere Kompensation des realen Hindernisses. Für unser Beispiel ergaben die Untersuchungen eine Gesamtkompensation um  $K_2 = 91,4\%$ , für das Überfahren des Hindernisses mit den Vorderrädern. Von der Höhe des Hindernisses wirken sich also nur 8,6 % als Abweichung der Schwerts Spitze von der Nulllinie, und zwar nach unten aus. Bei 250 mm Hindernishöhe sind das 21,5 mm.

Analog kann man nun die weiteren Phasen beim Überfahren des Hindernisses mit den Hinterrädern (Phase 3) und mit den Maschinerrädern (Phase 4) analysieren. Man muß dabei berücksichtigen, daß die Phasen ineinander übergehen. Die Schwerts Spitze hat die Nulllage noch nicht wieder erreicht, wenn die nächste Phase beginnt. Für die Kompensation durch die Grindelgelenkpunktbahn  $K_G$ , die Kompensation durch das Schwingpflugprinzip  $K_S$  und die Gesamtkompensation K ergeben sich für die drei Phasen:

$$\begin{aligned} K_{G2} &= 71,85\% & K_{S2} &= 69,3\% & K_2 &= 91,4\% \\ K_{G3} &= 7,4\% & K_{S3} &= 75,0\% & K_3 &= 76,9\% \\ K_{G4} &= 64,5\% & K_{S4} &= 43,0\% & K_4 &= 79,8\% \end{aligned}$$

Man sieht, daß die größte Abweichung in der Phase 3 beim Überfahren des Hindernisses mit den Hinterrädern eintritt. Hier beträgt die Abweichung der Schwerts Spitze 23,1 % der Hindernishöhe; für unser Hindernis von 250 mm Höhe also 58 mm. Der sehr ungünstige Wert  $K_{G3}$  kommt dadurch zustande, daß der Kopplungspunkt D beim Überfahren des Hindernisses mit den Hinterrädern des Traktors höher angehoben wird als das Hindernis selbst hoch ist. Glücklicherweise ist an dieser Stelle die Kompensation durch das Schwingpflugsystem  $K_{S3}$  am größten, so daß sich doch noch eine annehmbare Gesamtkompensation  $K_3$  ergibt. Es würde den Rahmen dieses Berichtes übersteigen, wenn hier die Ermittlung der Kompensationsgrößen im einzelnen dargelegt würde. Es sei auf die Arbeit von SANDMANN verwiesen. Die Ermittlung geschah theoretisch auf numerischem und graphischem Weg, wobei für die am Schwert wirkenden Kräfte nach Erfahrung geschätzte Werte angenommen wurden. Zum Beleg der theoretischen Ergebnisse wurden praktische Versuche beim Überfahren genau definierter Hindernisse vorgenommen (Bild 4). Einige Ergebnisse dieser Versuche sind in Bild 5 dargestellt. Zum Vergleich ist die theoretische Stranglage um 100 mm nach unten versetzt mit eingezeichnet. Eine identische Übereinstimmung war selbstverständlich nicht zu erwarten, da der natürliche Boden nicht so ideal homogen ist, wie es in der Theorie vorausgesetzt ist. Trotzdem ist die prinzipielle Übereinstimmung in Form und Größenordnung deutlich zu erkennen.

Diese Versuche betrafen das Überfahren eines genau definierten künstlichen Hindernisses auf einer sonst ebenen Fahrbahn. Da in der Praxis aber die ganze Fläche ein sehr unregelmäßiges Mikrorelief aufweist und sich die Kompensation hier vielfältig überlagert, wurden in anderen Versuchen eine große Anzahl von Dränsträngen auf natürlichen Flächen gezogen, mit einer festen Einstellung des Grindel-

<sup>1</sup> Die theoretischen und praktischen Untersuchungen beim Überfahren eines künstlichen genau definierten Hindernisses wurden von cand. ing. H. P. SANDMANN im Rahmen eines Großen Beleges der Technischen Fakultät der Universität Rostock im Institut für Mechanisierung der Landwirtschaft Potsdam-Bornim durchgeführt.

<sup>2</sup> für 250 mm Hindernishöhe beträgt der Schleppwinkel etwa  $1,5^\circ$ ;  $\cot 1,5^\circ = 38$ .

gelenkpunktes für eine konstante Arbeitstiefe. Dabei wurde die Bodenoberfläche und die Lage des Dränstranges möglichst genau aufgenommen. Einige dieser Versuchsstränge sind in Bild 6 dargestellt. Auch hier ist die Auswirkung der selbsttätigen Kompensation deutlich zu erkennen. Die statistische Auswertung des umfangreichen Zahlenmaterials zu diesen Versuchen ist noch nicht abgeschlossen. Hierüber wird evtl. später berichtet.

### Schlußfolgerungen

Die Berechnungen und Versuche haben gezeigt, daß die Maulwurfdränmaschine B 750 die Fähigkeit besitzt, kurzweilige Bodenunebenheiten bis zu 350 mm Abweichung zu einem erheblichen Teil selbsttätig zu kompensieren. Wird als Zugmaschine der Traktor D 4 K benutzt, so beträgt die Kompensation 76,9 %, das heißt, die Höhe oder die Tiefe der Bodenunebenheit wird nur mit weniger als  $\frac{1}{4}$  im Dränstrang wirksam. Unter der Annahme, daß der Schleppwinkel  $3^\circ$  beträgt und eine Unterschreitung der Horizontalebene um 20 mm (etwa  $\frac{1}{2}$  Dränrohrdurchmesser) gerade noch zulässig ist, kann man folgende Einsatzgrenzen für die Arbeit der Maulwurfdränmaschine B 750 ohne künstliche Gefällesteuerung festlegen:

Maximale Abweichungen von der durchschnittlichen Ebene im Gelände [mm]	Mindestens erforderliches natürliches Gefälle der durchschnittlichen Geländeebene [%]
87	0,00
100	0,74
150	2,20
200	3,09
250	3,58
300	3,90
350	4,10

Die genannten Zahlen bieten eine große Wahrscheinlichkeit dafür, daß bei ihren Relationen kein „Wassersack“ größer als 20 mm Tiefe auftritt, auch wenn ohne Gefällesteuerung gearbeitet wird. Eine absolute Gewähr können sie natürlich nicht geben, denn eine ungünstige, allerdings sehr unwahrscheinliche Aufeinanderfolge von Unebenheiten könnte die Kompensation so ungünstig beeinflussen, daß doch einmal eine größere Abweichung eintritt. Diese seltenen Möglichkeiten kann man aber in Kauf nehmen, wenn man dadurch erhebliche Aufwendungen für das Aufstellen von Visiertafeln oder gar das Spannen eines Leitdrahtes einspart.

Der praktische Bereich der Anwendung dieses vereinfachten Verfahrens wird sich wohl auf natürliche Hangneigungen zwischen 1 ‰ und 2 ‰ erstrecken, und in diesem Bereich werden Abweichungen von der durchschnittlichen Geländeebene von der Größenordnung um 130 mm selbsttätig kompensiert, d. h., auf ein ungefährliches Maß reduziert. Für den verantwortungsbewußten und verantwortungsfreudigen Meliorationspraktiker bieten sich also in den gesteckten Grenzen weitere Möglichkeiten zur Rationalisierung der Maulwurf- und Maulwurfrohrdränarbeiten.

### Zusammenfassung

Ausgehend von theoretischen und praktischen Untersuchungen über die Kompensationswirkung der vom Traktor D 4 K gezogenen Maulwurfdränmaschine B 750 gegenüber Bodenunebenheiten wird abgeleitet, daß für bestimmte in ihrer Größenordnung festliegende natürliche Hangneigungen und zugehörige zulässige Bodenunebenheiten ohne künstliche Gefällesteuerung, d. h. mit konstant eingestellter Arbeitstiefe, gearbeitet werden kann. Infolge des selbsttätigen Ausgleichs durch die Maschine bleiben die Abweichungen des Dränstrangs dann unter der zulässigen Grenze.

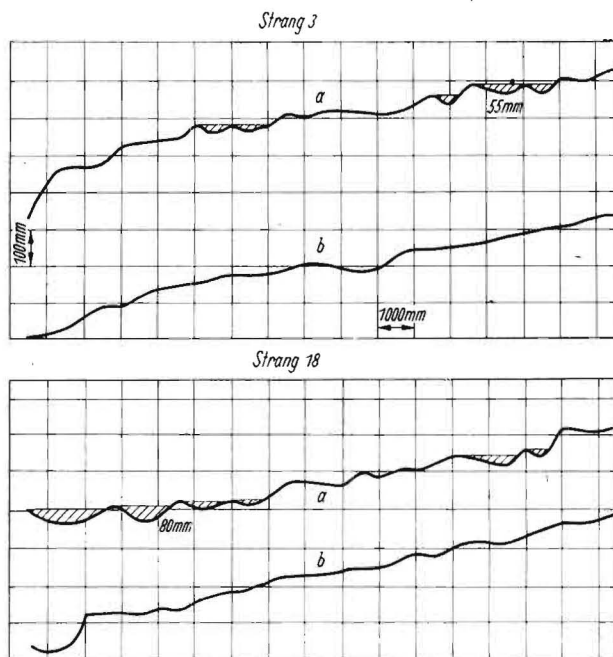


Bild 6. Dränstranglage bei natürlich unebenem Gelände. a Bodenoberfläche, b Stranglage (Höhenmaßstab zu Längenmaßstab 10:1)

### Literatur

- HEESE, K. / H. HOLJEWILKEN: Ein neues Maulwurfrohrdränverfahren. Deutsche Agrartechnik (1962) H. 2, S. 84 bis 89  
 HEESE, K.: Erfahrungen mit der Maulwurfdränmaschine B 750 in der DDR. Deutsche Agrartechnik (1964) H. 1, S. 12 bis 14 A 6655

# ORANO



- weiches Herzstück
- Vorschrotbahn
- Feinmahlbahn
- halbweiche Luftfurche

## Der Schrotstein von höchster Wirtschaftlichkeit

Referenzen:

1. Kegler, Gebr. KG, 4604 Eckartsberga bei Naumburg/Saale
2. Mischfutterwerk Träbert-Mühle, 8211 Herzogswalde über Freital
3. Müller, Martin, Talmühle, 7981 Opperhain über Finsterwalde N.L.
4. LPG Mischfutterwerk 3541 Kossebau über Osterburg/Altmark
5. Koreng, Joh's, Mühle, 8291 Zerna über Kamenz
6. VVB „Tierzucht“, VEG Tierzucht, 3582 Boetendorf/Altmark
7. Abel, Fr., Mühle, 3701 Veckenstedt über Wernigerode
8. LPG „Junge Welt“, 4731 Esperstedt über Artern

## Orano Mühlsteinfabrik (13)

Rembert Zwingmann, 5821 Thamsbrück (Thür.)