

FORSTTECHNISCHE INFORMATIONEN

I S 2894 E

Mitteilungsblatt des
„KURATORIUM FÜR WALDARBEIT UND FORSTTECHNIK“

Herausgeber: Oberforstmeister a. D. Müller-Thomas

Postverlagsort Mainz

Verlag „Forsttechnische Informationen“, 65 Mainz-Gonsenheim, Kehlweg 20

Nr. 8

August 1969

Optimale Gestaltung der Rückekosten durch Ermittlung der wirtschaftlichen Grenzen zwischen Walderschließung und Einsatz von Rückemaschinen

von Dr. H. Schleicher

Im Rahmen der Rationalisierungsbestrebungen zur Verbesserung der wirtschaftlichen Lage der Forst- und Holzwirtschaft kommt der optimalen Gestaltung der Rückekosten eine besondere Bedeutung zu.

Auf dem Gebiet des Waldwegebaus ist bezüglich der Bautechnik und der Instandhaltung nunmehr ein Stand des Wissens und Könnens erreicht worden, wie für die Technik der Holzbringung ein ebenso reicher Erfahrungsschatz vorliegt. Es fehlten bisher jedoch genaue Angaben über die Wechselbeziehungen zwischen Walderschließung und Holzbringung, vor allem fundierte Kostenanalysen hierzu. Die Gefahr einer „Fehlmechanisierung“, z. B. durch Anschaffung eines Knickschleppers bei zu geringem Arbeitsvolumen, ist in gleicher Weise gegeben wie eine auf Jahrzehnte festgelegte „Fehl-Investition“ in ein zu engmaschiges Wegenetz.

In Zusammenarbeit mit der Mechanisch-technischen Abteilung und dem Arbeitsring „Waldwegebau“ des Kuratoriums für Waldarbeit und Forsttechnik (KWF) hat daher im Auftrage des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten ein Sachverständigen-Ausschuß im Jahre 1968 mit der Erhebung von Unterlagen begonnen, um die wirtschaftlichen Grenzen zwischen Walderschließung und Einsatz von Rückemaschinen aufzuzeigen. Die hierbei als Voraussetzung unerlässlichen theoretischen Überlegungen, gestützt auf die Auswertung des umfangreichen in der Praxis erhobenen Zahlenmaterials, sollen nunmehr konkretisiert werden.

Das Ziel ist, die tatsächlichen Wege- und Rückekosten in ihrer Abhängigkeit von Gelände, Holzsorten, Wegebau- und Rücketechnik mit einer ausreichenden Differenzierung so darzulegen, daß der Praktiker im konkreten Einzelfall des „Transportstandortes“ auf rechnerischem Wege, d. h. also kalkulatorisch, die optimale Erschließung bei möglicher Rücketechnik und somit den erreichbaren, geringsten Gesamttransportkosten-Aufwand herleiten kann.

Nach vorbereitenden Arbeitssitzungen mit Besichtigung beispielhafter Lösungen in Mittelgebirgsrevieren des Sollings und Harzes hat der Sachverständigen-Ausschuß vom 2. - 4. Juni 1969 in Bernried / Starnberger See eine Arbeitssitzung abgehalten, auf der Oberforstmeister Dr. Loycke, Abteilungsleiter des KWF, für eine Fichtenbetriebsklasse die Möglichkeiten der Vorausschätzung von Leistungen für das Rücken von Stammholz mit Forstschleppern verschiedener Typen aufzeigte. An Hand umfassender Erhebungsunterlagen gab Loycke eine Analyse des Bringungsprozesses und vermittelte die Herleitung von Faustzahlen. Für Industrieholz und für Buche sind sinngemäße Erhebungen in Vorbereitung, wobei eine enge Zusammenarbeit mit den forstlichen Hochschulinstiuten und Versuchsanstalten angestrebt wird.

Oberregierungsvermessungsrat Ringhandt zeigte an Hand von Formeln und Skizzen, wie die in einem Erlaß der Landesforstverwaltung Nordrhein-Westfalen für verbindlich erklärten Zahlen für Wegeabstände im Verhältnis zur Ertragsleistung

INHALT:

Olfm. Dr. H. Schleicher

Optimale Gestaltung der Rückekosten durch Ermittlung der wirtschaftlichen Grenzen zwischen Walderschließung und Einsatz von Rückemaschinen.

ORFR. Dr. G. Reissinger:

Anweisung für den Anbau und den Gebrauch des Wegepflegegerätes.

ORFR. Dr. G. Reissinger:

Drahtgeflechte als Hilfsmittel beim Waldwegebau.

OR.-Vermessungsrat Dipl.-Ing. G. Ringhandt,
FEA Düsseldorf

Hilfsmittel für die Planung eines Waldwegenetzes.

und zu den Wegebaukosten bei verschiedenen Hanglagen entwickelt worden sind. (S. FTI 8/68 König „Stärkere Schlepper — weniger Wege?“).

Es ist vorgesehen, die bisherigen Ergebnisse des Sachverständigen-

Ausschusses, die sich besonders auch auf die Vorarbeiten von Prof. Dr. Volkert, Fm. Dr. Piest, Ofm. Dr. Loycke und Olfm. König stützen werden, baldmöglichst der Praxis zur Verfügung zu stellen.

Anweisung für den Anbau und den Gebrauch des Wegpflegegerätes* „R 2“

von Dr. G. Reissinger

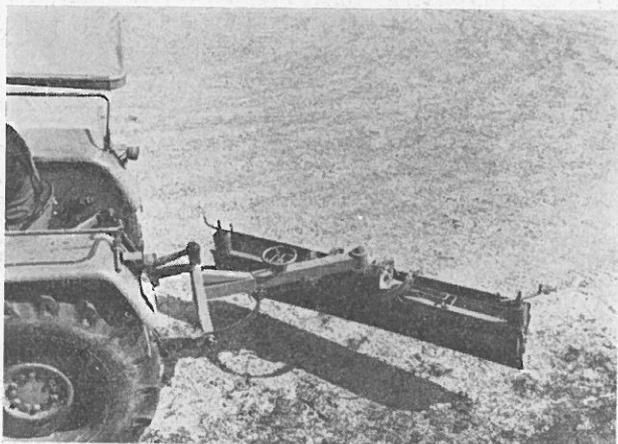
Zweck des Gerätes: Der „R 2“ dient dazu, das an die Wegränder und in die Mitte gewanderte Material jeglicher Beschaffenheit und Korngröße wieder auf die Fahrbahn bzw. in die Fahrspuren zu bringen. Außerdem hat er die Aufgabe, das Hereinwachsen des Grases in den Weg und die Begrünung des Mittelstreifens zu verhindern. Des weiteren erhält er zuverlässig das Querprofil des Weges und verhindert jegliche Wasserschäden auf der Fahrbahn. Das Gerüst des Weges wird unter keinen Umständen angegriffen.

Bemerkung:

Das Gerät kann ohne bauliche Veränderungen an jedem Schlepper mit Dreipunkthydraulik angebaut werden. Empfehlenswert sind Schlepper ab 25 PS. Für den Frontanbau am UNIMOG wird ein passendes Parallelogramm geliefert.

A) Das Gerät besteht im Wesentlichen aus zwei Bauteilen:

- a) einer Zugvorrichtung,
- b) einer Arbeitsschiene.



Lichtbild 1:

Gesamtansicht des Wegpflegegerätes „R 2“. Zentralverschluss und halbkreisförmige Stahlfederbögen sind deutlich zu erkennen. An der Arbeitsschiene befinden sich zwei starke Druckfedern, die die Schürfleisten nachgiebig in ihrer jeweiligen Stellung festhalten.

Zu a): Die Zugvorrichtung besitzt an einem Ende Bolzen und Ösen zum Anbau an die Hydraulikarme. Am anderen Ende sind die Befestigungsteile für horizontales und vertikales Verstellen der Arbeitsschiene angebracht. Eine Wippe mit Gummifederung gestattet die Anpassung des Gerätes an die Unebenheiten des Weges. Zwei senkrecht stehende Lochschei-

ben dienen zur Feineinstellung der Schürfleisten. Je eine Wippen Sperre hält die Schiene fest, um schärfer in den Wegrand eingreifen zu können.

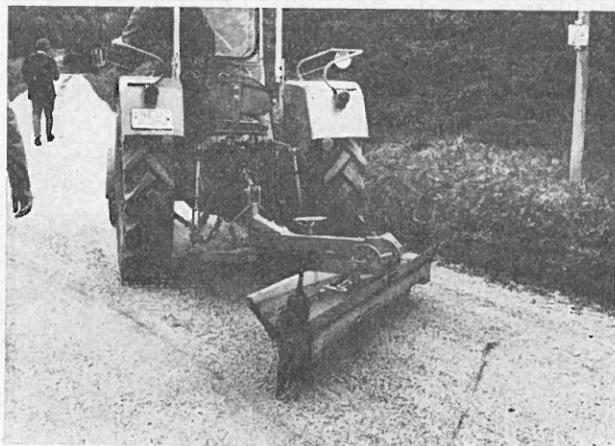
Ein über ein Sternrad zu bedienender Zentralverschluss an der Zugvorrichtung ermöglicht über zwei halbkreisförmige Stahlfederbögen ein Schwenken der Zugvorrichtung und — unabhängig davon — der Arbeitsschiene in die gewünschte Richtung. Bei übermäßiger Beanspruchung, z. B. beim Anfahren an ein Hindernis, gleiten die Federbögen durch die Bremsbeläge des Zentralverschlusses, so daß das Gerät nicht zerstört werden kann.

Zu b): Die Arbeitsschiene weist zwei Schürfleisten auf, die an einem Drehkörper starr befestigt sind. Die eine Schürfleiste besteht aus Kunststoff (Vulkollan), die andere aus Chrom-Vanadiumstahl. Nach dem Lockern der an den Enden der Arbeitsschiene angebrachten Druckfedern kann die gewünschte Schürfleiste gewählt werden. Die Federn werden wieder so weit angezogen, daß die betreffende Schürfleiste festgehalten wird.

B) Anbau des Gerätes an den Schlepper

Zuerst werden die beiden Zapfen der Zugvorrichtung in die entsprechenden Hebearme der Hydraulik eingeführt und gesichert. Hierauf wird der obere Führungsarm in die dazugehörigen Ösen geschoben und der entsprechende Bolzen ebenfalls gesichert. Dann wird der Zugarm mit der Wippe hydraulisch so weit gehoben, daß die Arbeitsschiene in die passende Stellung gebracht werden kann, um den Mittelbolzen durchzuschieben und zu sichern.

Nunmehr wird das ganze Gerät vom Boden abgehoben und der in der Mitte der Zugvorrichtung befindliche Zentralver-



Lichtbild 2:

Das Gerät ist mit der Stahlleiste arbeitsbereit: Stellung III.

* Dem Sachverständigenausschuß als Möglichkeit einer wesentlichen Senkung der Wegeinstandhaltungskosten im FA. Seeshaupt vorgeführt.

schluß mit Hilfe des Sternrades geöffnet, so daß die Bremsbeläge die kreisbogenförmig angeordneten Federn freigeben. Jetzt kann die Einstellung der Arbeitsschiene vorgenommen werden.

C) Anwendung des Gerätes

Das „R 2“-Gerät sollte nur bei feuchter Fahrbahndecke, also während des Regens oder nach dem Regen eingesetzt werden. Dann ist die Wirkung am besten.

Die Fahrgeschwindigkeit liegt zwischen 5 und 20 km/h.

Beispiele:

- 1) Weg, nicht zugewachsen, mit lockerem Material an der Seite und in der Mitte.
Feste Fahrbahn: Ränder: Abb. 1, Stellung I.
Mittelstreifen: Zuerst linke Hälfte, dann rechte Hälfte nach Abb. 1, Stellung I.
Hierauf Verteilen des Materials auf der Fahrbahn: Abb. 2, Stellung II.

- 2) Weg wie bei 1), Fahrbahn jedoch weich und empfindlich: Abb. 1, Abb. 2, Stellung II.
- 3) Weg mit lockerem Material auf dem Mittelstreifen: Abb. 2, Stellung I oder II.
- 4) Weg mit hereingewachsenen Grasrändern und mit begrüntem Mittelstreifen:
Gras nicht auf einmal entfernen! Jeweils immer nur 10 bis 15 cm Grasrand abschneiden und mit dem anfallenden Material in die Fahrspuren legen. Nach ca. 14 Tagen den gleichen Vorgang wiederholen: Abb. 1, Stellung III.

Zum Entfernen des feinen Materials aus den Graswurzeln mehrere Male schnell nach Abb. 2, Stellung II hin- und herfahren. Beim Mittelstreifen ebenso verfahren. Zuerst also: Abb. 1, Stellung III, dann Abb. 2, Stellung II. Gras und Graswurzeln auf der Fahrbahn abtrocknen lassen. Diese organischen Bestandteile werden allmählich zerrieben und durch den Verkehr ausgestaubt.

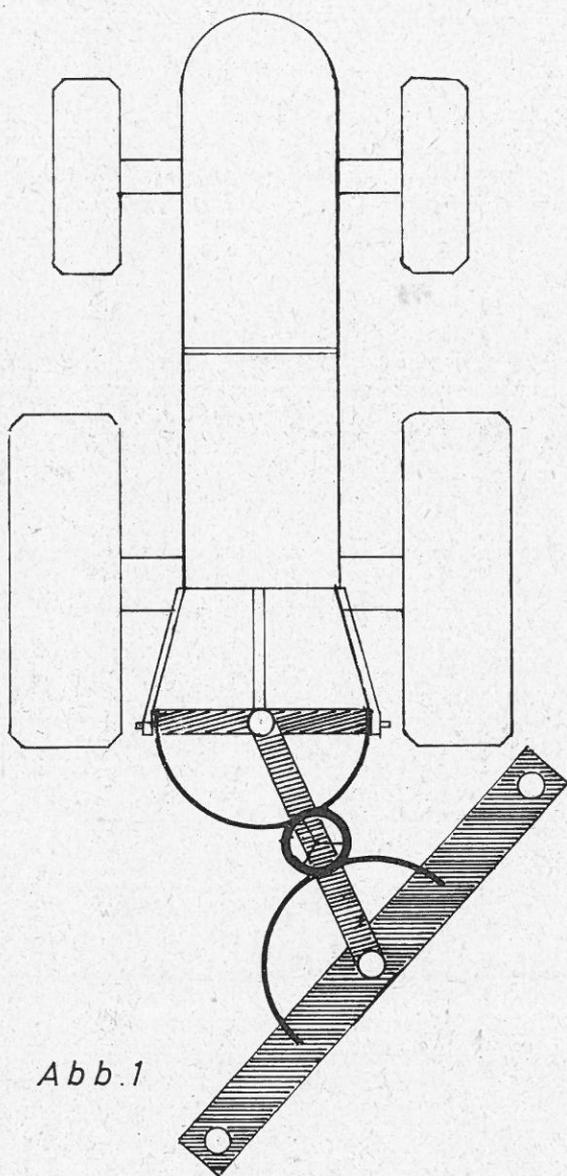


Abb. 1

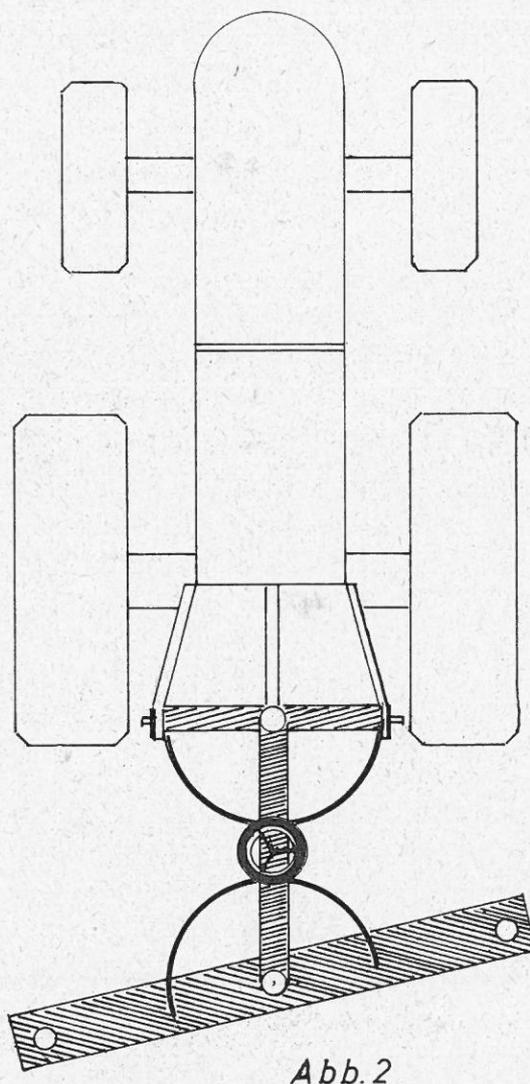
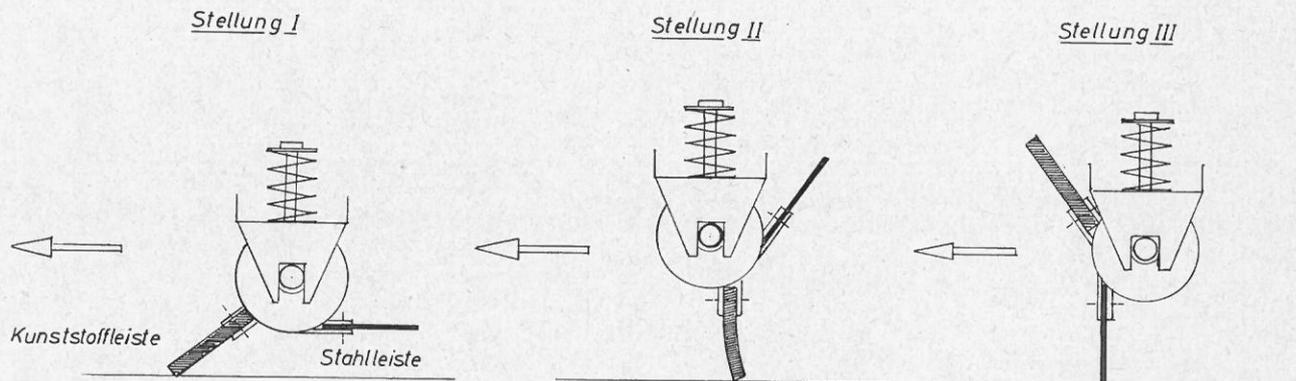


Abb. 2

Abb. 1: Normale Stellung des Gerätes zum Hereinräumen von lockerem Material oder zum Abschneiden des vom Rand her in die Fahrbahn wachsenden Grasses je nach der Art des Deckenaufbaues mit der Kunststoff- oder Stahlschürfleiste.

Abb. 2: Normale Stellung zum Verteilen des zurückgeräumten Materials oder zum Räumen des Mittelstreifens von lockerem Material.



- 5) Fällt so viel Gras an, daß es den Verkehr erheblich stören würde, dann:
Abb. 2, Stellung III, und Grasmassen rückwärts ins Gelände schieben.
- 6) Entfernen von grobem Geröll von der Fahrbahn:
Abb. 1, Stellung I oder II, Schiene so drehen, daß sie hinausräumt, und etwa 2 cm von der Fahrbahn abheben. In mehreren Streifen, anfangend von der Mitte aus, schnell fahren.
- 7) Schneeräumen wie bei 6)
Abb. 1, Stellung II oder I oder III, je nach Schnee- und Fahrbahnbeschaffenheit.

D) Um einen etwa festgefahrenen und mit Graswurzeln durchsetzten Wegrand wirkungsvoller bearbeiten zu können, wird die dem Wegrand zuliegende Wippensperre eingeschaltet.

E) Auftretende Störungen:

Wenn das Gerät in Stellung I holprig läuft oder springt, dann über Lochscheiben die Kunststoffleiste flacher einstellen. Außerdem muß die Arbeitsschiene schräg genug laufen, d. h. spitz nach vorne zeigen (s. Abb. 1), sonst arbeitet sie ebenfalls unruhig.

In Stellung III darf die Stahlleiste nicht vorlaufen, sie gräbt sich sonst ein. Die Leiste soll bei Stellung III senkrecht stehen, bei sehr empfindlichen Wegdecken (z. B. weichen Sanden) so gar etwas nachlaufen (s. Stellung II).

F) Transport:

Das Gerät wird hydraulisch abgehoben und eine Wippensperre eingeschaltet. (Beide Sperren können gleichzeitig nicht eingelegt werden). Beim Transport über öffentliche Straßen empfiehlt sich, eine gelbe oder rote Warnflagge am Gerät zu befestigen.

G) Pflege des Gerätes:

Die Gewinde des Zentralverschlusses und der Druckfedern sind von Zeit zu Zeit gut zu schmieren. Die Bremsbacken und Federbögen dürfen unter keinen Umständen geölt oder geschmiert werden, sie dürfen auch nicht mit Caramba oder ähnlichem eingesprüht werden. Die Federbögen sollten, wegen der sonst zu geringen Bremswirkung, nicht lackiert werden. Sie können rosten.

Weitere Pflege ist nicht erforderlich. Das Gerät kann ganzjährig im Freien stehen.

H) Technische Daten

- Länge der Arbeitsschiene 2000 mm
- Länge der Zugvorrichtung 960 mm
- Kunststoffleiste: Vulkollan 2000 x 230 x 30
- Stahlleiste: Chrom-Vanadiumstahl 2000 x 160 x 6 gehärtet, angelassen, gespannt und gerichtet.
- Gesamtgewicht: 235 kg
- Preis: ca. 1900,— DM
- Hersteller: Maschinenfabrik Ing. Alfred Schmidt, 7822 St. Blasien / Schwarzwald. Tel. 07672 / 373

Drahtgeflecht als Hilfsmittel beim Waldwegbau

von Dr. G. Reissinger

1.) Die Überwindung von Weichbodenstrecken

Weicher Untergrund ist der Schrecken der Wegbauer und derer, die den Wegbau bezahlen müssen. Die Situation ist dadurch gekennzeichnet, daß das aufgebrachte Material, insbesondere bei zu geringen Schütthöhen, durch die darüber fahrenden Baustellenfahrzeuge in den Untergrund gedrückt wird, der sich seinerseits mit der entsprechenden Masse zwischen die soeben aufgebrachten Baumaterialien hochschiebt, wie Basalt durch die Erdkruste. So entstehen im Weg Fremdkörper, die den gleichmäßigen Aufbau unterbrechen.

Schon früher hat man solche Schwierigkeiten dadurch zu meistern versucht, daß man entweder Prügelwege gebaut oder auf die gefährdeten Stellen frisches Reisig gelegt hat.

Das Einbringen des Reisigs erfolgt auch heutzutage in mehreren kreuzweise oder diagonal folgenden Schichten. Die Gesamtschichthöhe richtet sich nach dem Untergrund und schwankt zwischen 20 und 50 cm. Gemessen wird diese Höhe als Durchschnittswert aus dem locker liegenden Reisig.

Wirkung des Reisigs

Die kreuz und quer geschichteten frischen Äste, vornehmlich von Fichte, Tanne oder Kiefer gewonnen, sind hervorragend tragfähig und wirken druckverteilend. Die zahlreichen kleinen Ästchen und Verzweigungen dichten mit den Nadeln zusammen den Untergrund ab und lassen ihn nicht hochsteigen. Diese Bauweise ist bewährt und erfüllt ganz und gar ihren Zweck.

Die Haltbarkeit ist, wegen des fast völligen Luftabschlusses, über viele Jahrzehnte lang andauernd.

Drahtgeflecht als Hilfsmittel

Im Zeichen der teuren Handarbeit ist der Einbau von Reisiglagen genau zu überlegen. Am hiesigen Forstamt werden seit 1959 überall dort, wo die Reisiglage zu kostspielig ist, ersatzweise Drahtgeflechte eingebaut; sie haben also keine andere Aufgabe, als die des Reisigs zu übernehmen.

Es sollte nach Möglichkeit auf die unberührte Bodendecke ausgelegt werden, d. h. die Grasnarbe oder die tief abgeschnittenen Stöcke mit ihrem ganzen Wurzelwerk bleiben als Stütznetz erhalten und ergänzen die Wirkung, wie beim Reisig, so auch hier beim Drahtgeflecht.

Die Matte wird wie ein Teppich ausgerollt, wobei sich die einzelnen Bahnen 15 – 20 cm überdecken. Wir verwenden hier folgende Abmessungen:

- verzinktes Viereckgeflecht ohne Randlitzen,
- 1500 mm breit
- 50 mm Maschenweite
- 2,5 mm Drahtstärke

Besser wäre natürlich eine Breite aus „einem Stück“. Die Drahtfabriken liefern das wunschgemäß; meist aber lohnen sich Sonderanfertigungen nicht.

Die einzelnen Bahnen mit Holzpflocken zu befestigen oder sie mit Draht aneinander zu binden, ist nicht notwendig.

Die Breite der Drahtauflage richtet sich nach der Tragfähigkeit des Grundes. Je empfindlicher der Boden ist, z. B. bei einer Moorüberquerung, um so breiter muß zu allererst einmal die Drahtfläche genommen werden, d. h. wenn die normale Gesamtbreite 5 m beträgt, so wird man im angezogenen Fall vielleicht auf 7 m gehen. Dabei wird eine statische Belastungsfähigkeit von 30 t angenommen.

Man wird dann 4 Bahnen Drahtgeflecht nebeneinander legen oder auch kombinieren, indem man zuerst das Drahtgeflecht ausrollt, eine dünne Reisigschicht aus frischen Ästen darüber legt und dann den Weg darüber baut.

Unter ganz schwierigen Verhältnissen, die dann gegeben wären, wenn die Oberfläche des Moores schon zerwühlt ist, sollte man so vorgehen:

1. Auslegen des Drahtgeflechtes in der Breite von 7 m quer zur Fahrtrichtung, 20 cm überlappend. Dann wird die nächste Schicht wieder in der Längsrichtung, wie vorher beschrieben, ausgerollt.

Diese Art ist natürlich mehr als doppelt so teuer, hat aber den Vorzug, alle Längs- und Querbeanspruchungen hervorragend zu ertragen. Sie ist aber sehr selten erforderlich.

Der Bau des Weges

Sobald die Drahtmatte auf der Trasse liegt, kann weitergebaut werden.

Die Lastwagen fahren rückwärts an die Drahtstrecke heran und kippen das Schüttgut auf den Draht.

Die Planierraupe schiebt nun den Kies oder dergleichen über das Geflecht in der gewünschten Höhe.

Die Stärke des Auftrages wird zwischen 50 und 80 cm schwanken, je nachdem ob es sich um bindiges oder Material mit Einzelkornstruktur handelt.

Ist das Material verteilt, so fährt die Raupe zurück. Der nächste Lastwagen kommt.

Steht keine Walze zur Verfügung, so verdichtet die Raupe durch Hin- und Herfahren und Drehen den Wegkörper.

Es ist ganz wichtig, daß bei Wegbauten über Moor der Weg breit genug geschüttet wird, um eine möglichst große tragende Fläche zu erhalten.

Der Weg wird im Laufe der Zeit selber zu einem tragenden Körper, so daß die Belastung sich der ganzen Wegmasse mitteilt. Die Schwankungen, die ein darüber fahrender 30 t-Lastwagen hervorruft, werden, gehalten durch das Drahtnetz, dem ganzen Wegaufbau mitgeteilt und nicht nur kegelförmig nach unten ausstrahlend einer kleinen Aufstandsfläche unter dem rollenden Rad weitergegeben.

Die zahlreichen vor- und frühgeschichtlichen Funde aus Mooren lassen grundsätzlich hoffen, daß das Drahtgeflecht durch den fast völligen Luftabschluß — man könnte höchstens an den im Wasser gebundenen Sauerstoff denken — und trotz der Huminsäuren, lange genug hält, um die wirtschaftliche Forderung des Wegbaues erfüllen zu können.

Wir haben nach zehnjähriger Liegedauer einen während des Autobahnbaues München — Garmisch-Partenkirchen sehr stark belasteten Weg aufgegraben und das Drahtgeflecht untersucht. Das einfach verzinkte Material war leicht angerostet, die Drahtstärke voll erhalten.

Kosten des Einbaues von Drahtgeflecht

a) Material:

- verzinktes Viereckgeflecht ohne Randlitzen
- 1500 mm breit
- 50 mm Maschenweite
- 2,5 mm Drahtstärke
- je qm frei Arbeitsstelle 1,40 DM
- 3 Bahnen, 2 Überlappungen à 200 mm,
- daher tatsächliche Breite
- $3 \times 1500 \text{ minus } 2 \times 200 = 4,10 \text{ m}$
- $4,50 \times 1,40 = 6,30 \text{ DM.}$
- Materialkosten demnach 6,30 DM/lfdm.

b) Arbeitslöhne:

- Auslegen von 3 je 25 m langen Drahtrollen,
- durch 2 Arbeitskräfte in 20 Minuten
- $= 2 \times 20 = 40 \text{ Minuten Arbeitszeit}$
- je Arbeitsstunde 6,— DM = 4,— DM
- Belastung des lfdm. durch Arbeitslöhne:
- $4,— : 25 = 0,16 \text{ DM.}$

c) Gesamtkosten des verlegten Drahtgeflechtes bei einer

- tatsächlichen Breite von 4,10 m
- Material 6,30 DM/lfdm.
- Arbeitslöhne 0,16 DM/lfdm.
- Sa.: 6,46 DM/lfdm.

Im Vergleich dazu die Kosten der Reisiglage

Wird das Reisig unmittelbar an der Trasse gewonnen, so kostet der lfdm. etwa 2,50 DM. In diesem Fall wird man keine Drahtgeflechte einbauen. Muß das Reisig aber über eine größere Strecke herangeschafft werden, so stellt sich die Kalkulation wie folgt:

- | | |
|---------------------------------------------------------|---------|
| Schlepper mit Fahrer je Stunde | 13,— DM |
| Entfernung der Hiebsfläche mit Reisig 1500 m | |
| Hin- und Rückfahrt des Schleppers 3000 m | |
| (Fahrtgeschwindigkeit 8 km/Std.) | |
| $= 22 \text{ Minuten} = \frac{13 \times 22}{60} = 4,77$ | 4,77 DM |

Aufladen des Reisigs	
4 rm in 60 Minuten = 1 Schlepperstunde	13,— DM
zuzüglich 1 weiteren Arbeitskraft als Hilfe beim Aufladen	
1 Stunde = 6,— DM	6,— DM
Abladen und Einbauen von 4 rm Reisig in 60 Min. durch 2 Arbeitskräfte à 6,— DM	
	12,— DM
4 rm	35,77 DM

1 Raummeter (rm) kostet demnach $35,77 \text{ DM} : 4 = 8,94 \text{ DM}$

Bei 20 cm hoher Reisigpackg., Breite 4,10 m $0,82 \text{ rm} = 7,33 \text{ DM}$

Bei 30 cm hoher Reisigpackg., Breite 4,10 m $1,23 \text{ rm} = 11,— \text{ DM}$

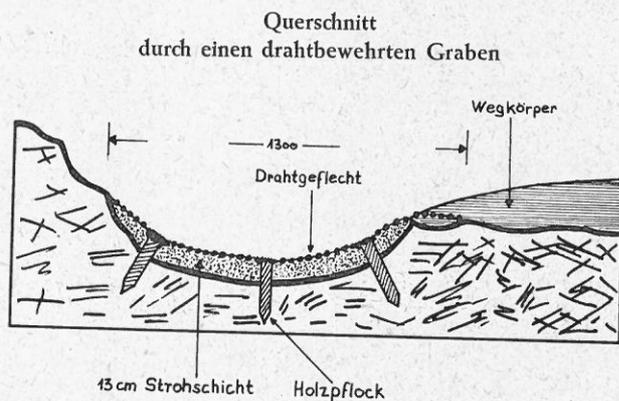
Bei 50 cm hoher Reisigpackg., Breite 4,10 m $2,05 \text{ rm} = 18,33 \text{ DM}$

2. Sicherer Erosionsschutz mit Hilfe von Drahtgeflecht

Sind Gräben in besonderem Maße erosionsgefährdet, sei es dadurch, daß der Untergrund dem Wasser kaum Widerstand leistet oder Katastrophenregen starken Schaden anzurichten pflegen, dann geht man so vor:

Man beläßt den vorhandenen Graben, oder, wenn er bereits starke Ausschwemmungsschäden zeigt, baut man ihn muldenförmig um. Es ist gleichgültig, welches Material man in den etwa erodierten Graben zur Auffüllung gibt; es darf im höchsten Grad abschwemmungsgefährdet sein.

Der Graben wird mit Stroh, Gras, Heu oder Schilf ausgelegt, und zwar über die ganze Breite der Muldenform. Sollten noch



alte Trapezgräben vorhanden sein, dann legt man die Sohle und die Wände mit Stroh oder dergleichen aus, und zwar in einer Schichtstärke von ca. 13 cm.

Auf dieses Stroh wird dann das Drahtgeflecht der gleichen Dimension, wie beim Wegbau verwendet, ausgerollt und in den Graben gedrückt, so daß es fest auf dem Stroh aufliegt. Mit etwa 300 mm langen, gespaltenen oder runden Holzpflocken wird das Drahtgeflecht auf dem Boden festgenagelt. Der Abstand richtet sich nach dem Gelände. 2 m genügen in den meisten Fällen. Die Pflöcke werden bündig mit dem Drahtgeflecht eingeschlagen, damit sie möglichst wenig Widerstand dem darüber fließenden Wasser bieten, keine kleinen Zweige oder Steine daran hängen bleiben und einen Stau verursachen (Abb.).

Nunmehr wird Grassamen eingesät — entweder vom Heuboden oder aus der Samenhandlung bezogen. Damit ist alles

getan. Auch bei stärkstem Regen fließt das Wasser nun wie über ein Strohdach ab; im Drahtgeflecht wird es mit Luft verquirlt, so daß diese Luftbeimischung das spezifische Gewicht des Wassers verringert und damit gleichermaßen seine Schleppkraft mindert.

In den kommenden Wochen geht der Grassamen auf, findet nach den ersten Regenfällen schon in dem Strohbett einen günstigen Nährboden. Das Gras sprießt und wächst. Nunmehr ist das Ziel erreicht. Das Gras wirkt als bremsende Bürste, legt sich zudem noch in Fließrichtung und läßt Wasser, Schlamm und Geröll darüber gleiten. Man soll die Gräben überhaupt in Ruhe und zuwachsen lassen. Und nicht reinigen! Niemals reinigen, es sei denn, daß sich ein Hindernis festgesetzt hat.

Gras wirkt im Graben wie das beste Fließpapier. Im übrigen sickert gerade über die Wurzel das Wasser senkrecht nach unten und nur dann in den Weg hinein, wenn schluffiges oder sandiges Material den Wegkörper aufbauen.

Professor Kirwald hat schon vor Jahren nachgewiesen, daß die horizontale Bewegung des Wassers, also die mit der Hangneigung parallel laufende, sehr gering ist.

Kosten der Bewehrung eines Grabens mit Drahtgeflecht

a) Material:

Viereckgeflecht, verzinkt, ohne Litzen, 1500 x 50 x 2,5 mm je lfdm. frei Baustelle	2,10 DM
Holzpflocke 300 x 40,	Stck. 0,10 DM
Stroh je Zentner 6,— DM je lfdm. 0,2 Raummeter =	1,20 DM

b) Löhne:

Ausbreiten des Strohs je lfdm. 4 Min. 1 Arbeitsstunde 6,— DM; 4 Minuten = $\frac{6 \times 4}{60}$ =	0,40 DM
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------

Ausrollen des Drahtgeflechts 1 Rolle à 25 m in 4 Minuten durch 2 Arbeitskräfte = 8 Minuten =	0,80 DM
Festnageln mit Holzpflocken	0,20 DM

Gesamtkosten lfdm. 4,80 DM

Die Kosten anderer Sicherungsmaßnahmen, wie z. B. Pflasterrirennen, liegen 6- bis 10-fach höher.

Zusammenfassung:

- 1.) Unter schwierigen, wenig tragfähigen Bodenverhältnissen kann die Verwendung von Drahtgeflecht durch den ganz geringen Anteil an Arbeitslöhnen sehr wirtschaftlich und dem Verlegen von Reisig vorzuziehen sein.
Gesamtkosten je lfdm. ca. 6,50 DM / 4,10 m breit.
- 2.) Bei erosionsgefährdeten Gräben bildet das Ausfüllen mit einer Strohlage und darüber befestigtem Drahtgeflecht mit nachfolgender Graseinsaat einen absoluten Schutz gegen jegliche Erosionserscheinungen.
Gesamtkosten je lfdm. ca. 4,80 DM.

Hilfsmittel für die Planung eines Waldwegenetzes

von G. Ringhandt

1 Optimaler Wegeabstand

Bei der Planung eines Erschließungsnetzes für die wirtschaftlichste Holzbringung sind im wesentlichen zwei völlig verschiedene Geländebeziehungen von ausschlaggebendem Einfluß.

D) Schlepperbefahrbare Geländebeziehungen

Hier wird das Holz im direkten Zug gebracht, und zwar bei Gefällverhältnissen von etwa 0–10% sowohl bergauf als auch bergab, bei Gefällverhältnissen von etwa 10–35% möglichst bergab.

Es soll bei den nachfolgenden Ausführungen zunächst unberücksichtigt bleiben, daß die angegebenen oberen Grenzen noch umstritten sind und sowohl von den gegebenen örtlichen Verhältnissen als auch von dem Rückegerät abhängen.

II) Geländebeziehungen, die eine Seilbringung erfordern

Die Seilbringung kann sowohl mit einem Schlepperseil als auch je nach Geländebeziehungen mit einem Seilkran erfolgen. Auch hier gibt es noch viele umstrittene Fragen.

Die Voraussetzungen für die Gestaltung eines optimalen Wegenetzes sind in den beiden Geländebeziehungen jedoch völlig verschieden. Soweit sich bis jetzt übersehen läßt, wird es keine gemeinsame Lösung geben.

Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich vor allem auf Geländebeziehungen der Gruppe I. Bei den Betrachtungen steht lediglich der aus der Sicht der wirtschaftlichen Holzbringung optimale Wegeabstand zur Debatte. Alle anderen Gründe (Feuerschutz, Dienstaufsicht usw.), die mit mehr oder weniger großer Berechtigung auf die Dichte des Wegenetzes von Einfluß sind, sind hier bewußt unberücksichtigt geblieben. Bei einer gut durchdachten Planung lassen sich die zusätzlichen Forderungen meist mit einbauen, ohne zusätzliche Wege zu beanspruchen.

Für die Praxis des Planens und die Prüfung der Planung ist primär nicht die Wegedichte interessant, sondern der Wegeabstand, der zu ihr gehört.

In den sehr eingehenden Untersuchungen von Volkert in (I) und (II) sind die Beziehungen aufgezeigt, die zwischen den Wegeaufwendungen, den Rückekosten und der optimalen Wirtschaftlichkeit der Gesamtaufwendungen bestehen. Aus den Untersuchungen ergeben sich Hinweise für die theoretisch optimale Wegedichte; aus dieser läßt sich dann der jeweilige Wegeabstand errechnen. Die Berechnung kann jedoch selten global für eine größere Fläche, etwa einen Forstamtsbereich, erfolgen, sondern muß den jeweiligen örtlichen Gegebenheiten angepaßt werden, also u. U. dem einzelnen Forstort, mindestens dem Einzugsgebiet des zu planenden Weges.

Da die Berechnungen zeitraubend sind, wurde — auf den Volkert'schen Untersuchungen fußend — eine Formel für den Wegeabstand bei optimaler Wegedichte entwickelt, deren Herleitung hier kurz erläutert werden soll.

1.1 Wegeabstand

Nach Volkert ist die theoretisch optimale Wegedichte dadurch gekennzeichnet, daß

$$(1) \text{ Summe Rückekosten} + \text{ Summe Wegeaufwendungen} = \text{Minimum}$$

sein soll. Bei der Herleitung der gewünschten Formel soll bewußt zunächst von aller verbliebenen Problematik, insbesondere bezüglich der verwendeten Variablen, abgesehen werden.

1.2 Summe Rückekosten

Die Rückekosten R je f_m sind definiert als Summe eines konstanten Faktors und einer von der Rückeentfernung abhängigen Größe. Die Rückeentfernung wird mit

$$\frac{a}{2}\sqrt{2} \text{ für einseitiges und mit } \frac{a}{4}\sqrt{2}$$

für beidseitiges Rücken zugrundegelegt, wobei a der Wegeabstand ist. Der Einfachheit halber soll zunächst nur das einseitige Rücken weiterverfolgt werden. Aus den Definitionen ergibt sich

$$(2a) R_{fm} = \text{const} (1) + \left(\frac{r}{100} \frac{a}{2} \sqrt{2} \right),$$

wobei r den Wert angibt, um den sich die Rückekosten bei je 100 m Rückeentfernung vergrößern.

Bezieht man, wie Strehlke in (III), den Wert const auf die ersten 100 m des Rückens, dann wäre die Gleichung (2) wie folgt anzusetzen:

$$\begin{aligned} (2b) R_{fm} &= \text{const} + \frac{r}{100} \left(\frac{a}{2} \sqrt{2} - 100 \right) \\ &= \text{const} + \frac{r}{100} \frac{a}{2} \sqrt{2} - r \\ &= (\text{const} - r) + \left(\frac{r}{100} \frac{a}{2} \sqrt{2} \right) \end{aligned}$$

Der Vergleich mit (2a) zeigt, daß die Konstante bei Strehlke um den Wert r kleiner ist, als die Konstante bei Volkert. Volkert weist u. a. darauf hin, daß der Wert const bei Schichtholz den doppelten Wert erreichen kann, wie bei Langholz. Für den praktischen Gebrauch wird die Konstante also einen Mittelwert aus den bei den verschiedenen Sortimenten gefundenen Werten darstellen und eher an der unteren als der oberen Grenze anzusetzen sein. Bei der weiteren Entwicklung soll jedoch die Gleichung (2a) zugrundegelegt werden. Für die zu entwickelnde Gleichung für a ist es — wie weiter unten gezeigt wird — unwesentlich, daß die Beziehung besteht

$$(3) \text{const Strehlke} = (\text{const Volkert} - r)$$

Die Rückekosten je ha sind einerseits von der Möglichkeit der Holzproduktion (Laubholz/Nadelholz), andererseits von der in den verschiedenen Lebensaltern des Bestandes anfallenden Stück- und Festmeteranzahl je ha und den Sortimenten abhängig. Auch hier wird ein Mittelwert anzusetzen

sein, für den zweckmäßigerweise der $dGz(u)$ zugrundegelegt wird. Damit ergibt sich aus (2a) die Gleichung

$$(4) R_{ha} = \left[\text{const} + \left(\frac{r}{100} \frac{a}{2} \sqrt{2} \right) dGz(u) \right] \\ = \text{const} dGz(u) + \left(\frac{r}{100} \frac{a}{2} \sqrt{2} \right) dGz(u)$$

1.3 Summe Wegeaufwendungen

Die Wegeaufwendungen w je lfdm werden definiert als die Summe der jährlichen Kosten für den Bau und die Instandsetzung der LKW-Wege, also einschließlich der Amortisation der Ausbauskosten und ggf. der für die Instandsetzung der Wege notwendigen Ausgaben des Maschinenparks.

Um mit (4) vergleichbare Werte zu erhalten, wird w ebenfalls auf den ha bezogen, hängt also von der Wegedichte je ha ab. Diese wird definiert als

$$(5) WD_{ha} = \frac{10\,000}{a}$$

In der einschlägigen Literatur wird darauf hingewiesen, daß diese Definition in streng mathematischem Sinne nur für die Ebene und parallele Wege gilt. Sie bezieht sich auch nur auf den Teil der reinen Zubringerwege, an den das Holz gerückt und gelagert wird (primär erschließende Wege).

Die Wegeaufwendungen je ha sind nach Vorstehendem dann gegeben durch die Gleichung

$$(6) w_{ha} = w \text{ lfdm } WD = w \frac{10\,000}{a}$$

1.4 Gesamtaufwendungen

Setzt man die Gleichungen (4) und (6) in die Definitionsgleichung (1) ein, so ergeben sich die Gesamtaufwendungen A mit

$$(7) A = \text{const} (1) dGz(u) + \left(\frac{r}{100} \frac{a}{2} \sqrt{2} \right) dGz(u) \\ + w \frac{10\,000}{a} = \text{Minimum}$$

1.5 Gleichung für a (Wegeabstand)

Nach der Definition soll der Wert A für optimale Verhältnisse ein Minimum werden. Nun zeigt die erste Ableitung einer Funktion, wenn man sie gleich Null setzt, wo Extremwerte stecken, und die zweite Ableitung zeigt, welcher Art diese Extremwerte sind. Bei einem Minimum soll der Wert der zweiten Ableitung positiv sein. Da eine Gleichung für den Wegeabstand a gesucht wird, können die Variablen r , w und $dGz(u)$ wie Konstante behandelt werden und (7) wird lediglich nach a differenziert. In den Gebieten, in denen die Planung durchgeführt werden soll, sind die Geländeverhältnisse und bei richtiger Wahl des Rückegerätes damit r gegeben. Die Wegeaufwendungen sind — evtl. bis hinunter zum einzelnen Forstort — bekannt, und durch Standort und Holzart ist der $dGz(u)$ gegeben.

Für die Leser, denen die Differenzierung von Funktionen nicht mehr so geläufig ist, soll die Rechnung im einzelnen durchgeführt werden.

Ausgangsgleichung ist

$$(7) f_A = \text{Min} = 0$$

$$(8) \frac{df}{da} = f' = \frac{r}{100} \frac{1}{2} \sqrt{2} \times dGz(u) - w \frac{10\,000}{a^2} = 0$$

Wird die Gleichung (8) nach a geordnet, so ergibt sich

$$(9) \frac{r}{100} \frac{1}{2} dGz(u) = w \frac{10\,000}{a^2}$$

$$(10) a^2 = 10^6 \frac{\sqrt{2} w}{r dGz(u)}$$

$$(11) a = \pm \sqrt{10^6 \sqrt{2} \frac{w}{r dGz(u)}}$$

$$= \pm \sqrt{10^6 \sqrt{2}} \sqrt{\frac{w}{r dGz(u)}}$$

$$(12a) a = \pm 1189 \sqrt{\frac{w}{r dGz(u)}}$$

$$= \pm \text{const} (2) \sqrt{\frac{w}{r dGz(u)}}$$

Die zweite Ableitung von (7) wird nach (8)

$$(13) f'' = + 2 w \frac{10\,000}{a^3}$$

Für positive Werte von a — und die allein haben für die Praxis Bedeutung — wird auch der Wert für f'' positiv. Damit stellt der positive Wert der Gleichung (12a) den Wert für den optimalen Wegeabstand dar, für den sich die optimale Wegedichte aus Minimum der Gesamtaufwendungen für Rücken und Wegeunterhaltung ergibt.

Die Ableitung wurde — wie in 1.2 bereits gesagt — nur für einseitiges Rücken durchgeführt. Für beidseitiges Rücken ist

in den Gleichungen (2a) und (4) für $\frac{a}{2} \sqrt{2}$ jeweils $\frac{a}{4} \sqrt{2}$ ein-

zusetzen, so daß sich dann eine Gleichung (7b) für beidseitiges Rücken ergibt. Die Rechnung soll — einschl. des Differenzierens — hier nicht im einzelnen durchgeführt werden. Das Ergebnis ist überraschend einfach und lautet:

$$(12b) a_{\text{beidseitig}} = a_{\text{einseitig}} \sqrt{2}$$

1.6 Untersuchung der Gleichung

Es erstaunt zunächst, daß der Wert ($\text{const} \cdot dGz(u)$) der Gleichung (7a) bei der Differenzierung herausfällt, demnach die Konstante ohne Einfluß auf den optimalen Wegeabstand ist. Schon die Entwicklung der Gleichung (4) ließ das vermuten. Der Wert const beeinflusst zwar die Höhe der R_{ha} sehr wesentlich, dieser Teil der Gleichung ist aber vom Wegeabstand unabhängig. Nach der Definition der Konstanten in der angezogenen Literatur ist sie in ihrer Größenordnung im wesentlichen bedingt durch die unvermeidlichen Manipulationen am Fällungsort sowie bei Beendigung des Rückevorganges. Die absolute Größe der Gesamtaufwendungen ändert sich zwar mit der Konstanten, bleibt aber bei dem nach (12) errechneten Wegeabstand ein Minimum. Volkert und andere weisen darum immer wieder darauf hin, daß neben anderen Faktoren eine gute Organisation für einen zügigen Ablauf des Rückens sowie die Wahl des jeweils geeigneten Rückeaggregates von großem Einfluß auf die Gesamtaufwendungen sein können.

Aus der Gleichung (12) für den optimalen Wegeabstand sind leicht alle Folgerungen zu ziehen, die auch Volkert aus seinen zahlreichen Kurven- und Tabellenscharen zieht. Der Wegeabstand a wächst mit wachsenden Aufwendungen für den lfdm LKW-Weg. Er verringert sich mit wachsendem r (Geländeschwierigkeiten usw.) und mit wachsendem $dGz(u)$ (Ertrag). Zu beachten ist, daß sich a nicht proportional zu den Werten ändert, sondern proportional zu den Quadratwurzeln, also wesentlich langsamer als die Werte selbst. Daraus läßt sich auch das mehr oder weniger breite Band erklären, in dem sich eine Änderung von a bewegen kann ohne den Bereich des Optimalen zu verlassen.

1.7 Folgearbeiten nach Rückevorgang

In dem Zusammenhang müssen noch einige Worte zu den Folgearbeiten nach Beendigung des reinen Rückevorgangs im Bestand gesagt werden. Es kann durchaus darüber diskutiert werden, ob das Poldern und das evtl. Rücken zum Polderplatz noch zum eigentlichen Rückevorgang gehört. Diese Frage ist m. E. mehr aus der Sicht des Ausbaus als aus der Sicht der Gestaltung des Wegenetzes zu untersuchen.

Das Poldern ist sehr teuer, besonders wenn es in mehreren Lagen erfolgt. Das gebrachte Holz sollte daher möglichst nach Beendigung des Rückens aus dem Bestand direkt am Weg gelagert werden. Dazu ist ein breiteres Planum des Weges notwendig, als es von der Breite des Transportzuges her erforderlich wäre. Bei Anfall einer größeren Holzmenge ist zusätzlich eine gute organisatorische Zusammenarbeit bezüglich des Bring- und Abfuhrvorgangs notwendig.

Werden jedoch die Kosten des Polderns und des evtl. Rückens bis zum Polderplatz mit in die Berechnung des optimalen wirtschaftlichen Wegenetzes. Sollten die Geländeverhältnisse tatsächlich nicht die Verbreiterung des Wegeplanums erlauben — Wegeabstandes einbezogen, so ergibt sich ein zu dichtes, un- und das ist wesentlich seltener der Fall, als allgemein angenommen! — dann gehört die Frage des Polderns usw. in ganz andere wirtschaftliche Überlegungen, wie sie in letzter Zeit z. B. bezüglich des Holzhofes usw. angestellt werden.

In besonderen Fällen — etwa Aufschluß eines Tales mit kurzen Hängen — kann der optimale Aufschluß dennoch erreicht werden, wenn der Zubringer nur bis zu einer bestimmten Stelle befestigt wird und das aus dem Bestande gebrachte Holz unter Beachtung des optimalen Wegeabstandes noch bis zu dieser Stelle auf einem bleibenden Rückeweg gerückt wird.

1.8 Faktoren zur Berechnung von a

Bei der numerischen Bestimmung der Faktoren w , r und $dGz(u)$, aus denen der optimale Wegeabstand berechnet werden soll, zeigt sich, daß die Werte zwar in ihrer Größenordnung bekannt sind, die Bestimmung im Einzelfall jedoch noch auf Schwierigkeiten stößt. Im Rahmen dieses Artikels soll auf die vielschichtigen Probleme nicht weiter eingegangen werden. Im Mitteleuropäischen Raum wird im allgemeinen nicht in jungfräulichem Gebiet geplant, sondern ein vorhandenes Wegenetz, das sehr viele Zwangsbedingungen mit sich bringt, soll ergänzt werden. Die Ergänzung bezieht sich häufig nur auf Zubringer oder Teile von Zubringern. Der theoretisch berechnete optimale Wegeabstand (Zielabstand) muß daher meist nach den örtlichen Gegebenheiten als möglicher Wegeabstand variiert werden. Es bleibt somit die Frage offen, ob es im Einzelfall einer exakten wissenschaftlichen Bestimmung der Faktoren bedarf.

Aus der Praxis der Planung und Planprüfung kann jedoch nicht darauf verzichtet werden, zu den einzelnen Faktoren einige Bemerkungen zu machen.

1.8.1 Faktor $dGz(u)$

Der am sichersten zu ermittelnde Faktor ist der Wert für $dGz(u)$. Aus den Zusammenstellungen des Forsteinrichtungswerkes ist er zwar meist nur als Gesamtmittel für den gesamten Forstbetrieb festzustellen, anhand der nach Holzarten und innerhalb dieser nach Altersstufen gefärbten Betriebskarten (Nordrhein-Westfalen) oder ähnlicher Hilfsmittel sowie der Standortseinheitenkarte läßt er sich aber mit einigermaßen Sicherheit auch für die einzelnen Wirtschaftsflächen bestimmen. Mitherausziehen ist das angestrebte Betriebsziel nach der Standortseinheit der zu untersuchenden Fläche. Der so

bestimmte Wert ist zwar in gewissen Grenzen unsicher, diese Grenzen dürften jedoch geringer sein als diejenigen, die sich aus den verwendeten Tafeln zur Bestimmung des $dGz(u)$ ergeben.

Aus der nachfolgenden Abb. 1 ist jedoch zu ersehen, daß eine gewisse Unsicherheit in der Bestimmung des $dGz(u)$ nur von geringem Einfluß auf den optimalen Wegeabstand ist. Bei mittleren Ertragsverhältnissen von 7 fm/ha ändert sich der optimale Wegeabstand bei einer Unsicherheit von ± 1 fm (= rd. 15 %) nur um i. M. etwa ± 8 % bei allen Werten von r und w .

1.8.2 Faktor r

Sowohl die Gleichung (2) selbst als auch die darin auftretenden Werte $const$ und r werden noch immer durch praktische Versuche erprobt. Insbesondere sollen dabei noch genauer die Einflüsse festgestellt werden, die auf ihre Größe wirken. In dem Wert $const$ ist ein von den anfallenden Festmetern und der Stückzahl abhängiger Teil enthalten (Erntealter), der durch den Faktor $dGz(u)$ allein nicht erfaßt wird. Weiterhin ist das Sortiment von Einfluß. Der Wert r wird neben diesen Einflüssen u. a. durch das Rückeaggregat beeinflusst. Es wird daher seit langem angestrebt, die angedeuteten Einflüsse, die ungünstig auf die Rückekosten einwirken, durch entsprechende Rückeverfahren, z. B. durch baumweises Rücken, zu kompensieren.

Aus der Abb. 1 ist zu ersehen, daß sich bei den mittleren Ertragsverhältnissen von 7 fm/ha der optimale Wegeabstand ebenfalls um etwa 7–8 % ändert, wenn r mit einer Unsicherheit von etwa 15 % behaftet ist. Diese Größenordnung würde etwa den nächstschwierigeren Gefällverhältnissen des Geländes entsprechen.

1.8.3 Faktor w

Die Bestimmung dieses Faktors ist am unsichersten und wohl auch am schwierigsten.

Auszugehen ist von den zu erwartenden tatsächlichen Baukosten in dem zu planenden Gebiet. Hierbei muß jedoch die Bedeutung des neuen LKW-Weges für Gegenwart und Zukunft berücksichtigt werden. Das aber ist entscheidend für die Intensität der Befestigung. Die zu dem Problem veröffentlichte zahlreiche Literatur, die hier im einzelnen nicht angegeben wurde, zeigt die unterschiedlichen Auffassungen aller damit zusammenhängenden Fragen.

Weiterhin erhebt sich die Frage der Amortisation und Verzinsung des festgelegten Kapitals. Auch zu diesem Problem gibt es die unterschiedlichsten Auffassungen.

Zu den Wegeaufwendungen gehört neben dem Ausbau auch die ständige Unterhaltung. Hier bestehen unterschiedliche Auffassungen über eine ständige oder periodische Unterhaltung, wobei bei der letzteren auch mehr oder weniger kostspielige Instandsetzungen mit in Kauf genommen werden.

Bei der Unterhaltung pp des Wegenetzes bestehen unterschiedliche Auffassungen darüber, ob die Unterhaltung des für den primär aufschließenden Zubringer notwendigen Abfuhrweges und die weiteren Hauptabfuhrwege in dem Faktor w mitverankert werden sollen. In diesem Falle würde der Wegeabstand immer größer und die Rückekosten höher werden, als wenn lediglich die Unterhaltung des neu geplanten Weges berücksichtigt würde.

Aus der Abb. 1 ist zwar zu ersehen, daß sich bei mittleren Ertragsverhältnissen von 7 fm/ha der optimale Wegeabstand

nur um etwa 3–4% ändert, wenn sich w um 15% ändert. Die Unterschiede für die Wegeaufwendungen in den einzelnen Betrieben, ja teilweise sogar innerhalb von Teilen eines Betriebes, sind im allgemeinen jedoch erheblich größer als nur 15%.

Aus der Abb. 1 ist auch zu ersehen, daß sich der Wegeabstand a mit steigendem w um einen immer geringeren Prozentsatz ändert. Steigt w von 0,25 DM/m um jeweils 0,25 DM/m auf 0,50 DM/m, 0,75 DM/m, usw., so ändert sich a um rd. 40%, 23%, 15%, 10% usw. (Die letzteren Werte sind hier nicht mehr dargestellt). D. h. es gibt eine obere Grenze für die Wegeaufwendungen, die bei etwa 1,50 DM/m liegen dürfte, bei der sich weitere Erhöhungen auf den Wegeabstand kaum noch auswirken. Allerdings handelt es sich dabei auch um Wegeabstände, die bei etwa 700 m liegen, bei geringerem $dGz(u)$ bei etwa 1000 m.

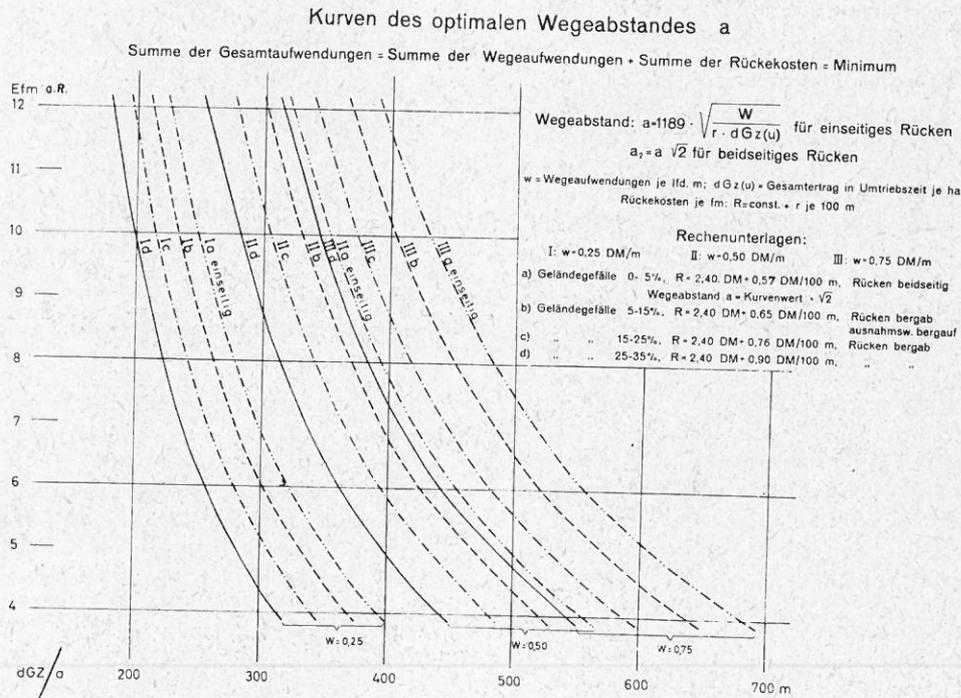
Liegen die Kosten der Wegeaufwendungen über 1,25 DM/m, so könnte eine Planung, die immer mit einem gewissen Aufwand verbunden ist, unterbleiben und statt dessen ein Wegeabstand etwa zwischen 700 und 1000 m vorgeschrieben werden. Welche Auswirkungen das auf die Rückekosten hat, braucht nicht besonders betont zu werden.

Darin ist das Aufseilen bzw. Heranseilen der Last auf etwa 30 m mit berücksichtigt. Für w wurde eine Amortisation der Baukosten von 30 Jahren ohne Verzinsung zugrundegelegt sowie ein Anteil von 0,10–0,12 DM/lfdm für Unterhaltung. Der letztere Wert wird zwar im allgemeinen noch nicht erreicht, doch werden die technischen Geräte für diese Zwecke immer mehr vervollkommen. Insbesondere wird das Gerät von Dr. Reissinger, das demnächst auf den Markt kommt, erlauben, mit dem angenommenen Betrag auszukommen.

Für den Hochwert ist $dGz(u)$ und für den Rechtswert a angegeben. Die zu einem Wert des Parameters w gehörenden, sich aus verschiedenen Werten des Parameters r ergebenden Kurven sind in verschiedener Strichform dargestellt, so daß sich Kurven, die aus verschiedenen Werten des Parameters w mit gleichem Wert des Parameters r errechnet sind, durch gleiche Strichform kennzeichnen. Zusätzlich sind noch römische Zahlen und kleine arabische Buchstaben zur besseren Orientierung bei Interpolation eingetragen.

Für das beidseitig mögliche Rücken der Ebene wurden nur die Kurvenwerte mit $\frac{a}{2}\sqrt{2}$ berechnet und dargestellt. Damit sollte

Abb. 1



1.9 Kurven des optimalen Wegeabstandes

Tabellen der Gesamttransportaufwendungen bei verschiedenen Wegeabständen a , jedoch gleichem $dGz(u)$ und w erlauben, wie König in (IV) eingehend erläutert hat, in einzelnen konkreten Fällen den notwendigen Vergleich der absoluten Kosten. Sie erleichtern die Entscheidung bei mehreren Lösungsmöglichkeiten eines Entwurfs und sind somit für die Planung unentbehrlich. Häufig genügt es jedoch, den optimalen Wegeabstand zu kennen. Um das jeweilige Neuberechnen von a nach Gleichung (12a) bzw. (12b) für die verschiedenen zu untersuchenden Objekte zu vermeiden, wurden mit den drei Parametern w , r und $dGz(u)$ Kurvenscharen berechnet, die in Abb. 1 dargestellt sind.

Für die Rückekosten wurden die in der Abb. 1 angegebenen Richtwerte für die verschiedenen Geländeverhältnisse unterstellt, die aus Versuchsmessungen des KWF abgeleitet wurden.

für Vergleiche mit den übrigen Kurven die gleiche Ausgangsbasis gegeben sein. Unter den Rechenunterlagen in der Abbildung wurde angegeben, wie sich entsprechend der Gleichung (12b) der Wegeabstand für Gefälle von 0 bis 10% aus dem Kurvenwert errechnet.

Die angegebenen Werte von w entsprechen etwa folgenden Ausbauposten:

w	Ausbauposten
0,25 DM/m	4,5 DM/m
0,50 "	12,0 "
0,75 "	19,0 "
1,00 "	26,0 "

Für den gegebenen $dGz(u)$ und die gegebenen Geländeverhältnisse wird dann mit dem Wert w die zugehörige Größe von a entnommen.

1.10 Fehlergrenzen

Volkert hatte entsprechend der Gleichung (7) unter Abschnitt 1.4 Kurvenscharen für die Gesamtaufwendungen entwickelt, die parabelähnliche Formen haben. Sie wurden am Minimumpunkt um so steiler, je kleiner w war, andererseits bei sonst gleichen Voraussetzungen um so flacher, je kleiner $dGz(u)$ war. Sie zeigten das mehr oder weniger breite Band an, um das der berechnete optimale Wegeabstand geändert werden kann, ohne die optimalen Gesamtaufwendungen um einen bestimmten Betrag zu überschreiten. Wird als obere Grenze eine Überschreitung der Gesamtaufwendungen — und diese liegt immer bei Veränderung des Abstands vor — von etwa 0,50 DM/ha noch als zulässig betrachtet, so können die optimalen Wegeabstände im groben Mittel um 20–15 % bei hohem $dGz(u)$ und um 25–20 % bei geringem $dGz(u)$ geändert werden, wobei die höheren Werte jeweils den geringeren Wegeaufwendungen entsprechen.

Aus der Gleichung (7) oder (12 a) ließe sich durch partielle Differentiation eine Gleichung herleiten, nach der man die jeweilige Änderung von a nach entsprechender Änderung der einzelnen Variablen berechnen könnte.

Für die Praxis genügt es im allgemeinen, zu wissen, daß eine Änderung des optimalen Wegabstandes um etwa $\pm 15-20\%$ optimal noch tragbar ist. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, daß eine Verringerung des Abstandes — das zeigen auch die Volkertschen Kurvenscharen — eher aus dem optimalen Bereich führt als eine Vergrößerung.

2 Hilfsmittel zur Bestimmung der Geländegefälle

2.1 Geländestufenkarte

Eine Schwierigkeit bei der häuslichen Vorprüfung der eingezeichneten Wegeentwürfe bestand darin, daß die Geländegefälle — selbst unter Zuhilfenahme von evtl. vorhandenen Luftbildern — nicht klar erkennbar waren. Vom Verfasser wurde daher die „Geländestufenkarte“ als Hilfsmittel dafür entwickelt, die Grenzen für ein- und beidseitiges Rücken sowie für Rücken mit Seil leichter zu finden. Im vergrößerten Maßstab 1 : 10000 des Meßtischblattes oder einer anderen Karte gleichen Maßstabs, die genauere Höhen enthält, wird mit dem „Gefällmaßstab“ (s. Abb. 2) das Geländegefälle ermittelt und die verschiedenen Stufen der Gefällverhältnisse, die bei den Richtwerten zugrundegelegt wurden, verschiedenfarbig gefärbt. Zusätzlich wurden auch die Gefällstufen 35–50 %, 50–75 % und über 75 % gefärbt. Wird für das schwächste Gefälle die hellste und für das stärkste Gefälle die dunkelste Farbe verwendet, so ergibt diese Karte ein sehr anschauliches und fast plastisches Bild von den Gefällverhältnissen des zu prüfenden Objektes. Zur Orientierung werden die dem reinen Holztransport dienenden vorhandenen Straßen (LIO usw.) in Karmin und die als Zubringer für das Heranrücken, Lagern und Laden des Holzes verwendbaren LKW-Wege — u. a. z. B. auch die am Rande des Betriebes verlaufenden Gemeindestraßen usw. — in Orange eingetragen. Die häusliche Prüfung des eingezeichneten Generalwegenetzentwurfes läßt anhand dieser Karte leicht die neuralgischen Punkte erkennen, die dann eine eingehende örtliche Erkundung und entsprechende Verhandlung mit dem ortskundigen Forstamtsleiter erfordern.

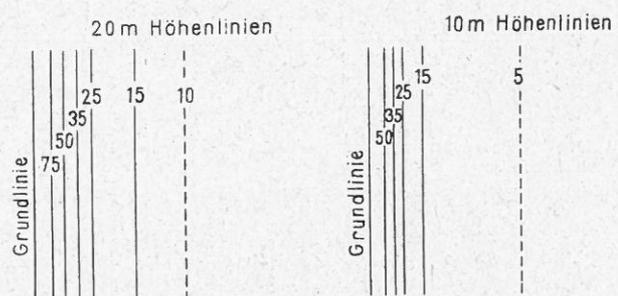
Die Herstellung einer solchen „Geländestufenkarte“ kostet bei einer Fläche von ca. 4000 ha Größe bei einiger Übung etwa 3–5 Pfg/ha.

2.2 Gefällmaßstab

Der Gefällmaßstab (Abb. 2) dient dazu, das Geländegefälle aufgrund der Höhenlinien zu ermitteln. Man kann ihn sich

leicht selbst herstellen. Wird das Gefälle statt in Grad in Prozent gemessen, so läßt sich letztere Messung ohne große zusätzliche Rechnung in eine Höhenmessung umwandeln. 23 % Gefälle z. B. bedeutet, daß auf 100 m (pro cent) ein Höhenunterschied von 23 m besteht. Daraus läßt sich proportional errechnen, in welchem Abstand bei diesem Gefälle die 10 m oder 20 m Höhenlinie (oft auch Schichtlinie genannt) verläuft. Bei 35 % Gefälle verläuft z. B. die 10 m Linie im Abstand von rd. 28,6 m, die 20 m Linie im Abstand von rd. 57,2 m und die 30 m Linie im Abstand von rd. 85,8 m vom Ausgangspunkt aus. Errechnet man sich für die einzelnen in Abb. 1 genannten Gefällstufen den Abstand der 20 m Linie oder der 10 m Linie von der Grundlinie aus (mit Rechenschieber sehr einfach) und trägt sie im bestimmten Maßstab (hier 1 : 10000) von dieser aus auf, so erhält man eine Schar von Parallelen, den Gefällmaßstab. An die einzelnen Parallelen schreibt man sich zweckmäßigerweise das zugehörige Gefälle.

Abb. 2



Gefällmaßstab für 1:10000

die Zahlen geben das Geländegefälle an

Zur Erstellung der Geländestufenkarte ist es zunächst nötig, die Abgrenzungen der Stufen festzustellen. Dazu bewegt man den Gefällmaßstab so über die Höhenlinienkarte, daß die Grundlinie eine Höhenlinie ständig tangiert, bis die nächstfolgende 10 oder 20 m-Linie mit einer der Parallelen zusammenfällt. Die Verbindung des Tangentenpunktes mit dem letzteren gibt die Grenze zwischen 2 Gefällstufen an. Zu beachten ist, daß diese Grenzlinie senkrecht zu den Höhenlinien liegt, da ja das Geländegefälle immer im stärksten Gefälle, also senkrecht zur horizontalen Höhenlinie, ermittelt wird.

Färbt man den auf durchsichtigem Papier gezeichneten Gefällmaßstab am Rand noch mit den einzelnen vorgesehenen Farben der Gefällstufen (0–5 %, 5–15 %, 15–25 % usw.) lassen sich Fehler leichter vermeiden. Nachdem man die Grenzlinien in entsprechender Farbe miteinander verbunden hat, wobei man diese Verbindungslinie noch zügig dem tatsächlichen Geländeverlauf anpassen kann, werden die zwischen den Linien liegenden Flächen mit dem Kolorit der Gefällstufe gefärbt (Buntstift!).

2.3

Mit dem aus der Abb. 1 entnommenen Wegeabstand wird — von den vorhandenen Straßen und Wegen ausgehend — zunächst festgestellt, wo ein neuer Weg hingehört. Die Praxis hat gezeigt, daß sowohl die Geländeausformung als auch das vorhandene Wegenetz und die Besitzform meist zwingen, den optimalen Wegeabstand zu unterschreiten, seltener — und dann nur für Flächen von wenigen ha Größe — zu überschreiten.

Es sei noch vermerkt, daß unter Zugrundelegung der eingehend geschilderten Hilfsmittel (Kurvenscharen Abb. 1 und

Geländestufenkarten) in Nordrhein-Westfalen seit Jahren in Verbindung mit der Forsteinrichtung das Generalwegenetz geplant, örtlich untersucht und nach Prüfung genehmigt wird. Teilweise werden für den späteren Ausbau gleichzeitig bestimmte Richtlinien festgelegt. Der Ausbau erfolgt zunächst jedoch nur in dem Umfange, als es die waldwirtschaftlichen Maßnahmen des folgenden Einrichtungszeitraumes notwendig machen. Zugleich wird dabei geprüft, wieweit vorhandene Erdwege, deren LKW-fähigkeit in irgend einem Zeitpunkt für notwendig gehalten wird, in die nächsthöhere Ausbaustufe überführt werden müssen.

3 Schlußbetrachtung

Bei den Untersuchungen über den optimalen Wegeabstand sollte nicht vergessen werden, daß dieser lediglich ein Maßstab oder anders betont ein Maßstab ist, um ein wirtschaftliches Verhältnis zwischen dem Wegeaufwand und den Rückkosten zu finden. Er ist aber zugleich auch die unterste Grenze dessen, was erreicht werden soll und muß. Aus der

Abb. 1 ist zu ersehen, daß die Wegeabstände in den einzelnen Gefällverhältnissen — abgesehen von rein ebenen Verhältnissen — je nach Größe von w um etwa 50 bis 100 m differieren. Angesichts der Tatsache, daß die Planung meist Ergänzung eines vorhandenen Netzes ist, wäre zu erwägen, ob nach Festlegung des Faktors w für die Praxis nicht ausreichend wäre, für verschiedene $dGz(u)$ bestimmte Wegeabstände als Richtwerte anzugeben.

Literaturhinweise (Auswahl)

- (I) E. VOLKERT: Betriebswirtschaftliche Gesichtspunkte bei der Gestaltung des Waldwegenetzes
AFuJZ 1959 S. 110
- (II) E. VOLKERT: Extensivierung im Waldwegebau
Forsttechn. Inf. 1961 Nr. 8 und Nr. 10
- (III) E. G. STREHLKE: Holzbringung und Wegebau
Forstarchiv 1957 S. 73
- (IV) W. KONIG: Stärkere Schlepper — weniger Wege?
Forsttechn. Inf. 1968 Nr. 8



Ministerialdirigent Franz Klose 65 Jahre

Am 16. August 1969 begeht Ministerialdirigent Franz Klose seinen 65. Geburtstag und scheidet mit Ablauf des Monats aus dem aktiven Dienst. Als Leiter der Abteilung V „Forst- und Holzwirtschaft“ des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten war Ministerialdirigent Klose vor allem die schwierige Aufgabe gestellt, im Rahmen der Möglichkeiten des Bundes die Wirtschaftskrise überwinden zu helfen, die den Waldbesitz und viele Sparten der Holzindustrie seit der Sturmkatastrophe 1967 und der gleichzeitigen Rezession der deutschen Wirtschaft verschärft betroffen hatte. Aus Mitteln des „Grünen Planes“ bzw. der „Maßnahmen zur Verbesserung der Agrarstruktur“ wurden den privaten und kommunalen

Waldbesitzern wesentliche Hilfen zuteil. Von besonderer Bedeutung werden aber die Auswirkungen der in diesen Tagen zu erwartenden Forstgesetze des Agrarprogramms der Bundesregierung sein, die auch der Holzwirtschaft von Nutzen sein können.

Der Jubilar hat in seinem Amt und in seinem Ehrenamt als Präsident des Deutschen Forstvereins auch die Rationalisierungsbestrebungen der Forstbetriebe tatkräftig gefördert und dem KWF stets volle Unterstützung zur Erfüllung seiner Aufgaben auf dem Gebiet der Waldarbeit und Forsttechnik erwiesen. Die Pflege der internationalen Beziehungen ließ er sich besonders angelegen sein. Neben seinen Bemühungen um eine Koordinierung der Forstpolitik in den Europäischen Gemeinschaften galt seine Initiative der Pflege eines erweiterten Erfahrungsaustausches mit Drittländern; hierbei bediente er sich in einschlägigen Fragen des KWF mit seinen Abteilungen, Prüf- und Arbeitsausschüssen.

Das Kuratorium wünscht Ministerialdirigent Franz Klose gute Gesundheit und Wohlergehen der Familie für noch viele Jahre.

Dr. H. Schleicher

Hinweise auf bemerkenswerte Veröffentlichungen in der Fachpresse des In- und Auslandes

- FRAUENHOLZ, O.: Entästen mit der Motorsäge. Forstarchiv 1969 Nr. 6
- LEIS, H.: Ergebnisse von Pulsfrequenzmessungen im Holzeinschlag. Der Forst- und Holzwirt 1969 Nr. 12
- RICHTER, J.: Die Sozialkosten als Kostenfaktor. Der Forst- und Holzwirt 1969 Nr. 13
- SCHLEICHER, H.: Die Mechanisierung in der Forstwirtschaft. Schweiz. Zeitschrift für Forstwesen 1969 Nr. 6
- VINEY, R.: Holzverkauf auf dem Stock in Frankreich. Allgem. Forstzeitschrift 1969 Nr. 23

Schriftleitung: Oberforstmeister a. D. Müller-Thomas, Verlag „Forsttechnische Informationen“, 65 Mainz-Gonsenheim, Kehlweg 20, Ruf: 41280; Druck: Druckwerkstätten Gebrüder Nauth, Mainz. Erscheinungsweise: monatlich. Jahresbezugspreis 16,50 DM. Zahlung wird erbeten auf Konto „Verlag Forsttechnische Informationen“ Nr. 2030 bei der Stadtparkasse Mainz oder Postscheckkonto Ludwigshafen, Nr. 78626. Kündigungen 4 Wochen vor Jahresende. Nachdruck nur mit Genehmigung des Verlages. Gerichtsstand und Erfüllungsort ist Mainz.