

FORSTTECHNISCHE INFORMATIONEN

herausgegeben von Oberforstmeister Müller-Thomas, Mainz

im Auftrage der

TECHNISCHEN ZENTRALSTELLE DER DEUTSCHEN FORSTWIRTSCHAFT

unter Mitwirkung des

INSTITUTS FÜR WALDARBEIT UND FORSTMASCHINENKUNDE DER UNIVERSITÄT GÖTTINGEN

Postverlagsort Mainz

Verlag »Forsttechnische Informationen«, Mainz, Ritterstraße 14

Juni 1957

Nr. 6/7

Wegebau-Sondernummer

Auswertung der Ergebnisse des Arbeitsringes "Waldwegebau"

von Oberforstmeister Dr. H. Schleicher, Frankfurt/Main

Der zunehmende Einsatz von Maschinen bei zahlreichen Arbeitsvorhaben im Walde und die damit verbundene Umstellung des forstlichen Wirtschaftsbetriebes auf einen mehr mechanischen Arbeitsablauf anstelle der Handarbeit beeinflussen nicht zuletzt auch den Waldwegebau. Es kommen seit einigen Jahren bei der Neuanlage und Instandsetzung von Waldwegen technische und chemische Verfahren zur Anwendung, wie sie früher nur im allgemeinen Straßenbau üblich waren. Die besonderen Witterungsverhältnisse des Waldes, der anders geartete Verkehr mit vorwiegend schweren, aber langsam fahrenden Lasten sowie die verhältnismäßig geringe Verkehrsdichte auf Waldwegen lassen jedoch in der Regel eine Übertragung der allgemein im Landstraßenbau gültigen Verfahren nicht ohne weiteres zu. Es machen sich zumeist Abwandlungen in der Bauweise sowie in der Auswahl der Maschinen und sonstigen Baugeräte erforderlich, um eine Wirtschaftlichkeit im Gesamtrahmen des Forstbetriebes zu sichern. (s. Bilder 1-4).

Der Arbeitsring "Waldwegebau" sieht es daher als vordringliche Aufgabe an, über Landes- und Besitzgrenzen hinweg umfassende Erfahrungen zu sammeln, die alle Teilgebiete des Waldwegebaues betreffen, und diese auszuwerten. Mit Hilfe seiner 10 Arbeitsgruppen, zu deren Mitglieder die namhaften Wissenschaftler und Praktiker des Waldwegebaues aller Waldbesitzarten zählen, ist der Arbeitsring in besonderem Maße bestrebt:

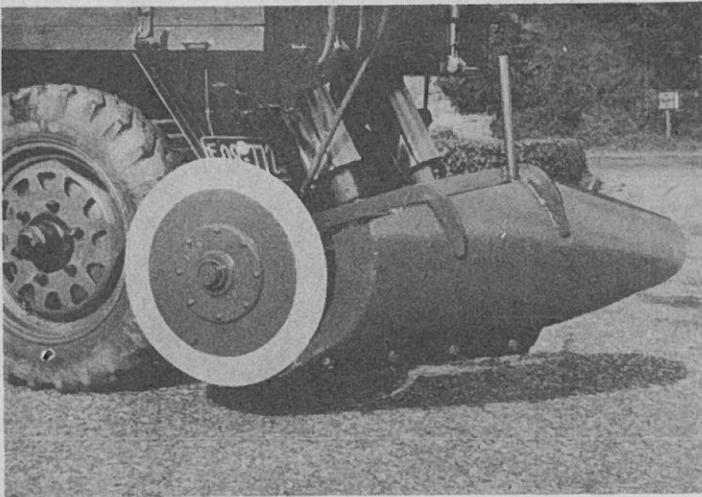
- 1) die technischen Fortschritte des allgemeinen Straßenbaues zu erfassen, um eine Auswertung für den Waldwegebau zu überprüfen;
- 2) in laufenden Versuchseinsätzen mit Straßenbaumaschinen und -geräten eine Auslese von robust und einfach zu bedienenden Ausrüstungen zu treffen, die den besonderen Einsatzbedingungen im Walde gewachsen sind;
- 3) notwendige Weiterentwicklungen und Verbesserungsvorschläge in Zusammenarbeit mit den Entwicklungsingenieuren der Industrie zu verwirklichen;
- 4) mit eigenen Arbeitskräften sowie Bautrupps der Straßenbauunternehmen Waldwegebauerteams herauszubilden, die bezüglich Ausrüstung und Arbeitsorganisation den gemachten Erfahrungen entsprechen.

Mannigfaltig sind hierbei die Arbeitsmittel und -methoden, um zum Ziele zu gelangen: Erhebungsbogen für die verschiedenen Bauweisen, Maschinen- und Leistungstagebücher, kleinere Arbeitstagungen und Bereisungen von ausgeführten Wegebauten bzw. in Bau befindlicher Strecken, schriftlicher Erfahrungsaustausch. Hinzu kommt die enge Fühlungnahme mit den Stellen des allgemeinen Straßenbaues, insbesondere mit der Forschungsstelle für das Straßenwesen e.V., den Unternehmen bzw. deren Verbänden und mit den Beratungsstellen der einschlägigen Industrie. Die bis in die ersten Nachkriegsjahre sich auswirkende Isolierung vom Ausland ist nicht zuletzt durch den Arbeitsring überbrückt worden, und es hat sich ein fruchtbarer Erfahrungsaustausch vor allem mit europäischen Nachbarländern entwickelt.

Nach Jahren unermüdlicher Vorarbeit sind die Arbeitsgruppen des Arbeitsringes "Waldwegebau" nunmehr so weit, Teilergebnisse in Wegebau-Sonderheften der forstlichen Fachpresse zu veröffentlichen und abschließende Ergebnisse in Form "Technischer Richtlinien" herauszugeben. Diese Veröffentlichungen werden sowohl den Forstbetrieben bei Ausschreibungen, wie Regiearbeiten, als auch den am Waldwegebau interessierten Unternehmen von Nutzen sein. Möge auch vorliegende Wegebau-Sondernummer *) dazu beitragen, durch ein ausreichendes und dem fortschrittlichen Verkehr angepaßtes Wegnetz die Ertragssteigerung der forstlichen Betriebe zu fördern.

*) Ein Beitrag von ORR. Greiß, Wegebaureferent beim RFA. Mittelfranken über "Die mechanische Stabilisierung von Wirtschaftswegen" folgt als eigene Information.

Das Profiliergerät zum Unimog
als Beispiel eines wirtschaftlichen Baugerätes für die Forstbetriebe



Bordkantenschneider zum Profiliergerät am UNIMOG für die Wegeinstandhaltung



Einsatz des Profiliergerätes mit Bordkantenschneider auf stark vom Bankett her grasbewachsenem Waldweg



Der Mittelstreifenpflug am Profiliergerät entfernt den sogenannten "Schweinsrücken" Mitte Fahrbahn



Mit der Transportmulde wird das gelöste organische Material erfaßt und seitwärts in den Bestand abgeladen.

sprechend. Bohrlochtiefen über 150 cm wurden bei unseren Arbeiten nicht benötigt, sodaß Erfahrungen hierüber nicht vorliegen.

Praktisch kann mit dem Bohrhammer in jeder Richtung von senkrecht nach unten über schräg nach unten bis waagrecht nach der Seite gebohrt werden. Für ein Bohren schräg nach oben erscheint das Gerät nach Konstruktion weniger geeignet. Beim Bohren senkrecht und schräg nach unten kann bei kürzerem Bohrer gut ein Mann allein bohren (Abb. 1), insbesondere wenn beim Schrägbohren das Gleitblech (Schlitten) der Maschine auf das Knie aufgelegt werden kann (Abb. 3). Der zweite Mann kann während dieser Zeit weitere Bohrstellen vorbereiten oder sonstige Hilfsarbeit verrichten. Bei längeren Bohrern, zur Vermeidung zu ermüdender Beanspruchung des Geräteführers und zu Loch- oder Bohrerwechsel muß er aber allzeit zur Mithilfe verfügbar sein (Abb. 2). Zum waagerechten Bohren empfiehlt sich das Schaffen einer stützenden Auflage, die ein gleitendes Verschieben des Geräts erlaubt (Abb. 4). Bei allen Bohrrichtungen muß zur Sicherung der Kraftstoffzufuhr darauf geachtet werden, daß die Maschine nicht verkantet wird.

Der Einsatz des WARSOP-Bohrhammers, wie überhaupt alle Sprengarbeit, erfolgte zweckmäßig der Planierraupe um Tage voraus. Im Zuge der Raupenarbeit selbst traten dann immer noch genug Fälle ein, die ein erneutes Sprengen notwendig machten und das griffbereite Bohrgerät besonders schätzen ließen.

Es wurde bei uns mit dem WARSOP-Gerät im verschiedensten Gesteinsmaterial gearbeitet: Gneis, Granit, Buntsandstein, Muschelkalk. Es funktionierte bei allen Arten einwandfrei und gab bei allen Arten auch wieder Hemmungen. Bei weichem und grobkörnigem Gestein sank die Leistung, bei starker Zerklüftung noch mehr, bei Wasserzutritt konnte wegen Verschlammung des Bohrkanals volles Versagen eintreten.

Bei einer großen Anzahl wechselnder Einsätze in verschiedenen Forstämtern ergaben sich bei Verwendung von Hohlbohrern mit Vidia-Einfachmeißelschneide folgende Mittelwerte der Leistung:

<u>Bohrlochlänge</u> je Bohrhammerstunde	<u>3,1 m</u>
<u>1 m Bohrloch</u> bedurfte somit	<u>19,4 Minuten Bohrzeit</u>
<u>Kraftstoffverbrauch</u> je Bohrhammerstunde	<u>2,00 Liter</u>
<u>Kraftstoffverbrauch</u> je 1 m Bohrloch	<u>0,65 Liter</u>

D. Kostenlage

Anschaffungspreis: DM 2.550.--
Nutzungsdauer: 3 Jahre, geschätzt zu je 800 Betriebsstunden

I. Geschätzte unveränderliche Kosten:

Jährliche Verzinsung 8 % von 1.275.- DM = 102.- DM/Jahr
: 800 Betriebsstunden DM 0,13

II. Geschätzte Abschreibungs- und Reparaturkosten:

a) Abschreibung 2.550.- DM : 2.400 Betriebsstunden DM 1,06
b) Reparaturkosten und Ersatzbeschaffung i.g. 1.950 DM
: 2.400 Betriebsstunden DM 0,81

III. Arbeitsabhängige tatsächliche Betriebskosten:

Kraftstoff und Schmiermittel,
je Betriebsstunde 2 Liter zu 0,85 DM DM 1,70
Reinigen und Pflege, einschl. Material
im ganzen 210.- DM : 2.400 Betriebsstunden DM 0,09

IV. Löhne und Sozialausgaben:

Stundenlöhne der Bedienung bei 30 % TZ. DM 4,16
Versicherungsanteile 40 % DM 1,66
zusammen: DM 9,61
Zusätzliche Kosten bei Auslösung je Betriebsstunde. DM 1,13

Kosten der Betriebsstunde DM 10,74

E. Besondere Forderungen

Aus der Praxis der Verwendung ergaben sich einige Forderungen an die Geräteführer, deren Beachtung überprüft werden muß:

1. Die Kraftstoffmischung muß genau 1 : 16 eingestellt werden und ist in jedem Falle vor dem Einfüllen durch anhalten- des tüchtiges Schütteln gründlich zu mischen. Empfohlen werden deshalb kleinere Transportkannen, die nicht randvoll gefüllt werden dürfen (z.B. 10 l Kanister mit 8 Liter Benzin und 0,5 Liter Öl).
2. Wichtig ist tägliches Reinigen der Steuerkanäle, u.U. sogar mehrmals am Tage, um Staubablagerung zu entfernen. Öftere Reinigung des Luftfilters ist gleichfalls notwendig.
3. Auf festen Sitz des Vergasers ist besonders zu achten. Befestigungsklammer daher öfter kontrollieren. Loser Vergaser führt zu Schädigung des Gewindes und zu frühzeitiger Unbrauchbarkeit.
4. Reservezündkerzen immer bereit halten, da die Zündkerzen sehr rasch verölen und verrußen und damit vielfach Schuld an Hemmungen sind.
5. Bei Nachlassen der Kompression müssen die Kolbenringe, Kolbenbolzen und Dichtungen, die alle hohem Verschleiß unterliegen, ersetzt werden.
6. Bei Nachlassen der Drehbewegung des Bohrers sind neue Sperr-Klinken und Federn einzusetzen.
7. Öfterer Ersatz der U-Dichtung in der Bührhülse sichert die Wirksamkeit des zum Ausblasen des Bohrmehls notwendigen Luftdrucks.

F. Zusammenfassung

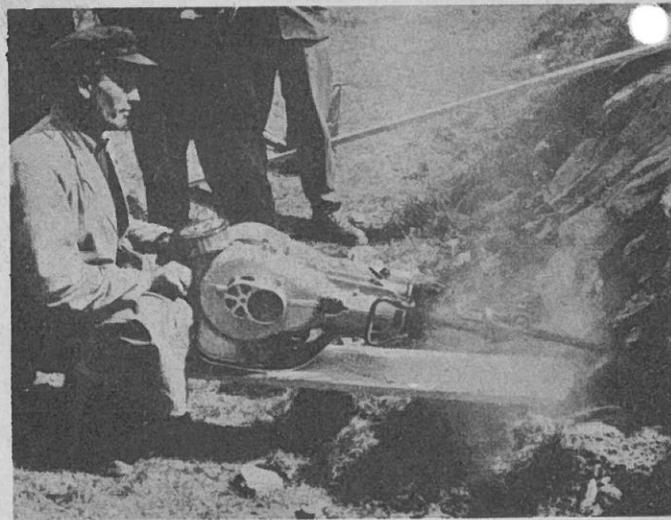
Der WARSOP-Gesteins-Bohrhammer hat bei den Sprengarbeiten des mechanisierten Wegbaubetriebes die an seine Verwendung geknüpften Hoffnungen erfüllt. Er unterliegt naturgemäß einem beachtlichen Verschleiß und stellt deshalb an Wartung und Pflege hohe Anforderungen. Aus gleichem Grunde sind für ihn schwere Dauerleistungen nur beschränkt zu empfehlen. In vorherrschendem Felsgelände ist deshalb Aufgabenteilung zwischen Kompressoren mit preßluftgetriebenen Bohrhämmer und dem Warsop-Gerät anzustreben.

Überall da aber, wo es sich um rasche Einsätze nicht allzu großen Umfanges handelt, besonders auch in schwer zugänglichen Lagen, wird seine Leistung technisch und wirtschaftlich derzeit kaum übertroffen werden können.

So wurde der Warsop-Bohrhammer im Staatswald Südbadens neben der Vorarbeit für den Planiererraupeneinsatz und der Mitarbeit dabei auch sonst sehr vielseitig zur Verwendung gebracht. Die mannigfachen Sprengarbeiten bei der Fertigstellung von raupengebauten Wegen (wie Einbauen der Wasserableitungen, der Dolen und Durchlässe), bei der Abwehr und bei der Beseitigung von Hochwasserschäden, beim Wiederinstandsetzen bis auf den Felsgrund eingetiefter Ries- und Schlep- perwege, bei Brückenneu- und -umbauten (Fundamentsprengungen) und bei manch anderen Aufgaben sind ohne dieses tragbare Gerät fast nicht mehr zu denken.



Beim Schrägbohren wird das Gleitblech auf das Knie aufgelegt



Beim waagerechten Bohren empfiehlt sich die Schaffung einer stützenden Auflage

Erfahrungen mit dem tragbaren WARSOP-Gesteins-Bohrhammer

bei der Vorarbeit für den Planierraupeneinsatz

von Oberforstrat Dr. W. Schweigler, Freiburg i. Br.,
Leiter der Arbeitsgruppe IV des Arbeitsringes "Waldwegebau"



Einmannbedienung bei kürzerer Bohrlochtiefe



Zweimannbedienung bei größerer Bohrlochtiefe

A. Allgemeines

Wichtig beim Planierraupeneinsatz ist ein zügiger Arbeitsfortschritt, der durch planvolle Vorarbeit sichergestellt sein muß. Wo der Verwitterungsboden durch Felsprofile unterbrochen wird, mit großen Findlingen durchsetzt oder blocküberlagert ist, muß der Raupenarbeit die Sprengarbeit vorangehen und durch genügendes Voraussprengen die Bahn für die unbehinderte Erdmassenbewegung der Planierraupe geschaffen werden.

Die Verwendung fahrbarer Kompressoren zum Betrieb von Preßluftschlämmern in dem zunächst noch völlig ungewegsamem Gelände stößt auf mancherlei Schwierigkeiten, die zwar in der Mehrzahl der Fälle zu beheben sind, häufig allerdings nur mit vermehrtem Zeitbedarf und Kostenaufwand. Tragbare, kompressorlose Gesteinsbohrgeräte wiesen bisher immer noch ein ziemlich hohes Gewicht (74 - 100 kg) auf und benötigten zum Tragen im wilden Berggelände zwei oder gar drei Mann.

Hier kann nun der WARSOP-Gesteins-Bohrhammer einspringen, der bei viel geringerem Gewicht und handlicherer Bauart von einem Mann getragen wird und nicht viel Platz beansprucht. Er kann so zweckmässig zum ständigen Begleitgerät der Planierraupe werden und steht dadurch auch bei unerwarteter Felsbegegnung zur sofortigen Verfügung, wo anders die Beschaffung und Heranbringung von Kompressoren vielleicht ausgeschlossen oder aber unwirtschaftlich sein kann.

B. Beschreibung und technische Daten

Der WARSOP-Bohrhammer wird durch einen luftgekühlten Zweitakt-Benzinmotor von 249 ccm Zylinderinhalt unmittelbar (sog. Hammereinheit) angetrieben. Der Bohrer arbeitet bei vollständig automatischem Drehmechanismus drehend und

schlagend zugleich und erzeugt ebenfalls automatisch die an der Bohrschneide erforderliche Druckluft. Durch sie wird während des Bohrens das Bohrmehl gründlich aus dem Bohrloch ausgeblasen, was ein sauberes und schnelles Bohren gewährleisten kann. Eine Spezial-Luftfiltereinrichtung fängt den Bohrstaub auf und läßt ihn nicht in die Ansaugluft und damit auch nicht an die beweglichen Teile des Gerätes gelangen.

Prospektangaben

Gewicht: ca. 40 kg

Höhe des Hammers (ohne eingesetzten Bohrstahl): 86 cm

Bohrhülse: 6-kant 22 x 82,5 mm

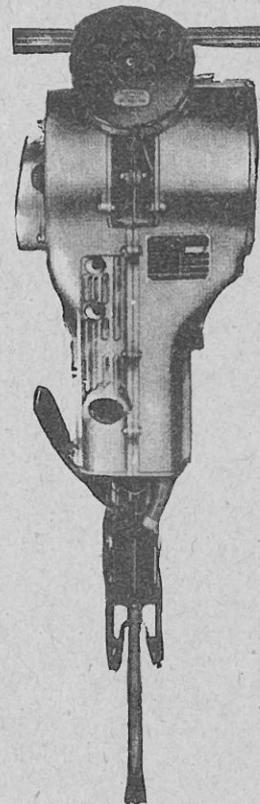
Kraftstoffbehälter-Inhalt: ca. 2 Liter

Kraftstoff: Benzin-Ölgemisch (auf 16 Teile normales Reinbenzin 1 Teil Öl)

Kraftstoff-Verbrauch: ca. 2 Liter/Stunde

Bohrgeschwindigkeit: ca. 15 cm/Min. in Granit

Bohrleistung: 2,4 bis 3 m tief



C. Arbeitseinsatz

Das Gerät wurde seit Sommer 1955, zuerst nur 1 Stück, dann nach erwiesener Bewährung in mehreren Stücken im Bereich des südbadischen Staatswaldes vornehmlich bei Wegbauarbeiten, gelegentlich auch in Steinbrüchen verwendet. Die leicht erscheinende Handhabung brachte es mit sich, daß anfangs die Geräte nicht in einer Hand zur Bedienung blieben, sondern von Dienstbezirk zu Dienstbezirk oder von Forstamt zu Forstamt wandernd auch den Bedienungsmann wechselten. Dies zeigte sich jedoch schon bald als unzweckmäßig und für das Gerät schädlich, sodaß späterhin angestrebt wurde, die Bohrhämmer mindestens innerhalb eines Forstbezirks, besser noch auch in unmittelbar benachbarten Forstbezirken von ein und demselben Mann bedienen zu lassen. Für ein einwandfreies Funktionieren des Gerätes ist eine sehr zuverlässige und häufig sich wiederholende Pflege unerlässlich, die bei starkem Bedienungswechsel nicht gewährleistet erscheint.

Der Vorzug des Gerätes, von einem Mann allein getragen werden zu können, und die Tatsache, daß unter günstigen Umständen oder der Not gehorchend auch ein Mann allein das Gerät bedienen kann, ließ ursprünglich die Meinung vom "Einmann-Gerät" entstehen. Die Praxis hat aber gezeigt, daß arbeitsfördernder, geräteschonender und damit im Gesamten wirtschaftlicher die Zweimann-Bedienung ist.

Dabei hat sich folgender Arbeitsgang als zweckmäßig erwiesen:

Bei Bohrbeginn Anlassen der Maschine mit Freilaufkurbel bei noch nicht eingesetztem Bohrer. Bei laufendem Motor Einführen des Anfangsbohrers von 30 cm Nutzlänge und 34 mm ϕ durch den zweiten Mann, der dann auch das richtige Ansetzen des Bohrers am Stein bis zum "Anbiß" unterstützt. Fördernd ist es, gleich mehrere Löcher mit dem Anfangsbohrer zu bohren, diesen dann durch den folgenden Bohrer (80 cm Nutzlänge und 32 mm ϕ) zu ersetzen, wieder die vorgebohrten Löcher zu vertiefen und dann zum nächsten Bohrer (130 cm Nutzlänge und 30 mm ϕ) überzugehen. Weiterer Bohrerwechsel für größere Bohrtiefen ent-

Über Frost- und Tauschäden auf Straßen

Entstehung-Ursachen-Frostkriterien-Schutzmaßnahmen

Von Forstmeister Sommer, Trier, Leiter der Arbeitsgruppe VII
des Arbeitsringes "Waldwegebau"

I. Allgemeines

Umfangreiche Frostschäden traten im Straßennetz erstmalig nach dem strengen Winter 1928/29 auf. Die Fachwelt war entsetzt. Seitdem sind intensivste Bemühungen hauptsächlich auf Laboratorienbasis im Gange, die Ursachen der Schäden zu erforschen, Frostkriterien und Abwehrmaßnahmen zu finden. Viele Zusammenhänge wurden geklärt, es bestehen aber auch über grundsätzliche Fragen noch keine einheitlichen Auffassungen, insbesondere sind die Frostkriterien und die Bemessungen der Stärke der Frostschutzschichten heftig umstritten. Die Forschungsergebnisse wurden in "Richtlinien für die Verhütung von Frostschäden auf Straßen" zusammengefaßt. In den Wintern 1952/53 und 1954/55 haben sich wiederum starke Frostschäden eingestellt. Sie betragen 1955 nach amtlichen Schätzungen über 100 Mill. D-Mark und dies, obgleich auf Grund des Runderlasses des BMV vom 8.9.1953 in solch einem Umfange von Last- und Geschwindigkeitsbegrenzungen Gebrauch gemacht worden war, daß der Verkehr gebiets- und zeitenweise fast völlig lahmgelegt wurde. Überraschenderweise zeigten sich teilweise auch dort schwere Frostschäden, wo man bereits nach den Richtlinien zur Verhütung von Frostschäden gebaut hatte, z.B. auf verschiedenen Autobahnen, auf der Ostmarkstraße, dem Ruhrschnellweg, der Hunsrückhöhenstraße usw.

Der vergangene Winter hat Frostschäden auf Straßen ergeben, die bisher als frostsicher galten, obgleich der Winter mild war. Die Schadensbereitschaft der Straßen nimmt also offenbar zu, besonders nach einem sehr nassen Herbst. Für leicht gebaute Straßen scheinen auch milde Winter immer gefährlicher zu werden.

Die Verhütung von Frost- und Tauschäden ist zur wichtigsten Aufgabe der Straßenbauforschung geworden. Nachdem das Problem im Laboratorium bisher ungenügend geklärt worden ist, werden die geschädigten Straßen durch besondere Forschungsaufträge untersucht. Hierbei wurden interessante Ergebnisse gefunden, auf die später noch kurz eingegangen wird. Als Abwehrmaßnahme haben die Straßenbauverwaltungen aller Länder einen sorgfältigen Frostschutzdienst organisiert. Sperrpläne werden alljährlich ausgearbeitet. Die Straßen werden mittels Frostindikatoren und selbstregistrierender Schlagsonden überwacht. Die frostgefährdeten Stellen werden sorgsam kartiert und bei Neubauten entsprechend frostsicher erstellt. Der Einbau der sogenannten Frostschutzschicht kostet 25 DM/qm und mehr.

Die Forstwirtschaft wird derartige teure Baumaßnahmen nur in den dringlichsten Fällen durchführen können. Sie wird sich begnügen müssen, auf Grund möglichst guter Kenntnis der frostbestimmenden Faktoren und Folgewirkungen vor allem entsprechende organisatorische Maßnahmen zu ergreifen, um größte Schäden abzuwenden.

II. Das Auftreten von Frostschäden

- 1) Begriffsbestimmungen (nach den Richtlinien zur Verhütung von Frostschäden in Straßen).
Frostschäden sind Feuchtigkeitschäden, die durch Einwirkung des Frostes und des Verkehrs auf den Straßenuntergrund entstehen. Sie führen zu vorübergehenden oder bleibenden Verformungen der Straßendecke. Man unterscheidet folgende Erscheinungsformen:
 - a) Froststufen. Sie treten bei unverdübten, starren Decken an den Quer- und Längsfugen sowie zwischen den Fahrbahntafeln und den Randstreifen auf und werden durch ungleiche Hebung der Deckenoberfläche hervorgerufen. Sie sind meist vorübergehender Natur.
 - b) Frostwellen oder Frostbeulen. Sie werden durch ungleiche Hebungen des Bodens bewirkt, die an plastischen Decken zu mehr oder weniger kurzweiligen Verformungen führen, sie sind meist vorübergehender Natur.

- c) **Frostspalten**. Diese treten meist im Straßenscheitel plastischer Decken infolge starker Hebung auf, erreichen Breiten bis zu 10 cm und sind bleibender Natur.
- d) **Frostrisse**. Sie kommen an starren und plastischen Decken vor, entstehen durch starke ungleiche Hebungen oder auch z.T. des Frostaufganges unter Mitwirkung des Verkehrs; sie sind bleibender Natur.
- e) **Frostaufbrüche**. Sie sind Tauschäden, die erst bei Frostaufgang unter Mitwirkung des Verkehrs an plastischen Decken und im Pflaster entstehen. Sie können zu einer völligen Zerstörung der Decke und des Deckenaufbaues führen.

2) **Der Einfluß von Wasser und Frost im Boden bei der Entstehung von Frost- und Tauschäden.**

Das Entstehen von Frost- und Tauschäden ist an das Zusammenwirken von Wasser, Frost, Verkehr und frostgefährlichen Bodenarten gebunden. Fällt nur einer dieser Hauptfaktoren aus, oder ist er schwach entwickelt, so treten keine oder geringfügige Schäden auf. Das Wasser kann im Boden als Grundwasser, Sickerwasser, Kapillarwasser, Saugwasser und Haftwasser vorhanden sein. Die Wasservorräte im Boden erreichen gegen Frühjahrsanfang ihren Höchstwert. Wasser gefriert bei 0° C, sein Volumen nimmt dabei um 9 % zu. Dauer und Stärke des Frostes bewirken alljährlich eine Frostzone im Boden. Die Beschaffenheit dieser Frostzone ist abhängig von der Geschwindigkeit des Temperaturrückganges, der Art des vorhandenen Wassers und der Bodenart.

Es werden **homogener und heterogener Bodenfrost** (Bodeneis) unterschieden. Von **homogenem Bodeneis** spricht man, wenn der Baugrund gleichartig durchfriert. Jedes Bodenteilchen ist mit einer feinen Eiskruste umgeben, die als Kittmasse den Boden zu einer homogenen, festen Masse verbindet. Bei grobdispersen Lockergesteinen über 0,06 mm Korndurchmesser wird beim Gefrieren das Porenwasser z.T. ausgepreßt; es bildet sich stets homogener Bodenfrost mit einem Wassergehalt, der unter dem vor Frostbeginn liegt. Der Boden enthält umso weniger Wasser, je schneller der Frost eingedrungen ist. Entsprechend wird seine Kältekapazität herabgesetzt.

Die Tragfähigkeit ändert sich bei Tauwetter nicht, der Boden ist frostsicher. Dasselbe geschieht auch in frostempfindlichen Lockergesteinen bei sehr plötzlichem und abnorm tiefem Kälteeinbruch, wenn also die Frosteindringungsgeschwindigkeit die Wassermobilisierung bei weitem überflügelt. (Extremes Kontinentalklima).

Geschichteter oder heterogener Bodenfrost liegt vor, wenn die Frostzone aus einer Wechschelung von Gesteins- und Eislagen besteht. Er ist nach Dücker auf die Kornfraktionen kleiner als 0,05 mm abwärts beschränkt. Es entstehen 0,1 - 10 mm starke, meist waagrecht verlaufende Schichten von luftfreiem Eis oder auch Eislinien. Je kleiner die Kornstruktur, umso größer sind die Absorptionskraft (Haft- und Saugwasser), die kapillare Steighöhe und die Kältekapazität, umso langsamer dringt der Frost ein, und umso kleiner wird die Frosteindringungstiefe, oder: je größer die Wasseranreicherung bei geringer Frosteindringung, umso größer die Kältekapazität, umso frostgefährlicher ist ein Gestein.

Für die Wasseranreicherung wird im allgemeinen die Kapillarität als mobilisierende Kraft verantwortlich gemacht. In feinem Schluff beträgt z.B. die kapillare Steighöhe 10 - 30 m. Es werden daher auf allen kapillaren Böden kapillARBrechende Schichten eingebaut. Neben der Kapillarität wirkt jedoch die Kristallisationskraft des Eises = Frostkraft. Sie überwindet Adhäsionskraft, Viskosität, Haftwasserbindung und innere Reibung und reißt das Wasser mit vielen Atmosphären an sich. Zudem führt ein anhaltendes Wärmegefälle zwischen der gefrorenen Zone und dem Grundwasser zum Streben nach Temperaturengleich und damit zu einer weiteren Saugwirkung. Die Möglichkeiten, Wasser an die Eislinien heranzusaugen, sind demnach bei

größenbestimmung stellt daher die Grundlage der verschiedenen Frostkriterien dar, um die frostgefährlichen, frostempfindlichen und frostsicheren Bodenarten gegenseitig genauer abzugrenzen.

Die Kornzusammensetzung wird durch Sieb- und Schlämmanalysen ermittelt. Die Ergebnisse werden grafisch dargestellt, und zwar werden als Ordinaten die einzelnen Kornfraktionen in Prozentanteil des Gesamtgewichtes aufgetragen und als Summenkurve mit einander verbunden. (s. Abbildung). Es werden je nach Kurvenverlauf gleichkörnige, gleichförmige und ungleichförmige Böden unterschieden. Der Ungleichförmigkeitsgrad erfaßt das Verhältnis der Siebweiten, die 60 % und 10 % Korndurchgang aufweisen:
$$U = \frac{d_{60}}{d_{10}}$$

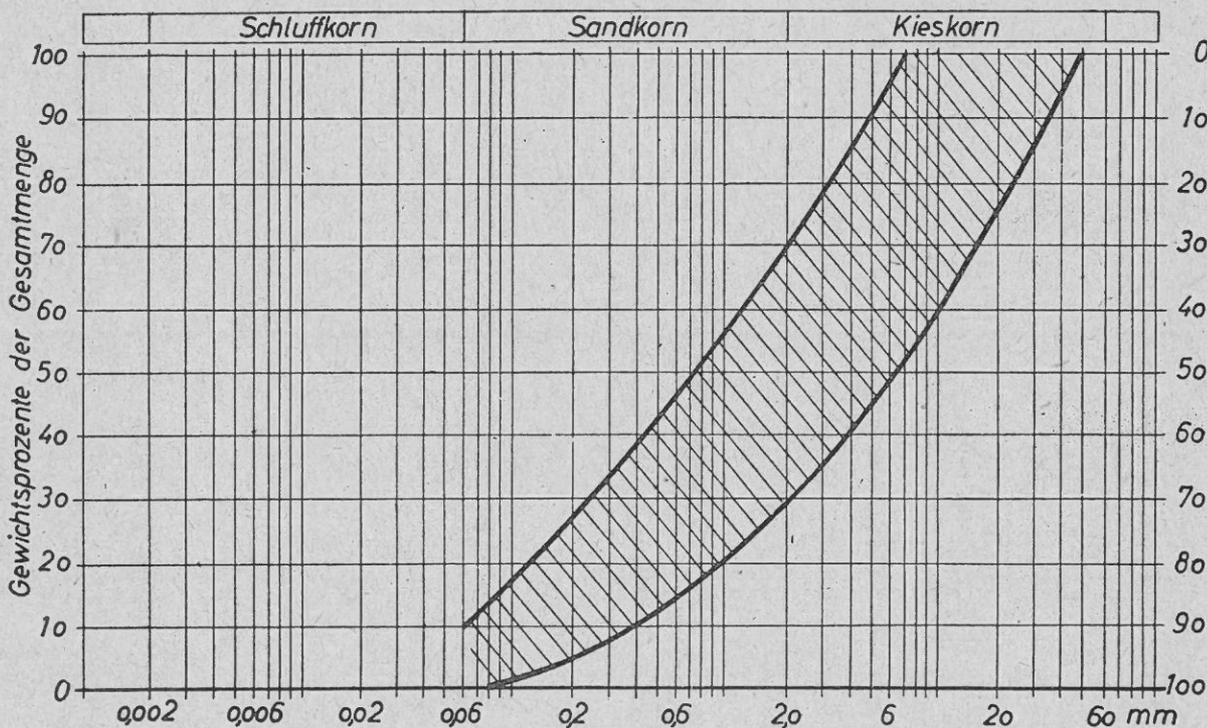
Man spricht von gleichkörnigen Lockergesteinen, wenn U kleiner als 5 (Dünensand, Strandsand, Löss), von gleichförmigen Lockergesteinen, wenn U 5 - 15 (Lösslehm, Schluffe) und von ungleichförmigen Lockergesteinen, wenn U größer als 15.

Es steigen bei groben Lockergesteinen mit zunehmendem Ungleichförmigkeitsgrad gewöhnlich die Dichte, bei feinkörnigen Lockergesteinen die Frostgefährlichkeit.

Nach Casagrande und langjährigen Beobachtungen im amerikanischen Straßenbau sind ungleichförmige Böden frostempfindlich, wenn sie bei U = 5 mehr als 10 % Kornanteil kleiner als 0,002 mm oder bei U = 15 mehr als 3 % Kornanteil kleiner als 0,002 mm aufweisen. Nach schwedischen Erfahrungen gelten ungleichförmige Bodenarten als frostempfindlich, wenn sie mehr als 22 % an Korngrößen unter 0,125 mm bzw. 17 % unter 0,075 mm besitzen. Gleichförmige Bodenarten seien frostempfindlich, wenn sie mehr als 50 % an Korngrößen unter 0,125 mm bzw. mehr als 35 Gewichtsprozent unter 0,075 mm enthalten.

Körnungsbereich für Frostschutzschichten

nach Änderungen der TVE gem. Erlass v. 5. 12. 1955



Es wurde eingangs erwähnt, daß die Frostkriterien und die Stärke der erforderlichen Frostschuttschichten stark umstritten sind, und daß neben der Forschung im Laboratorium praktische Nachforschungen an den geschädigten Straßen betrieben werden. Dücker berichtet in "Straße und Untergrund 1955", daß die Untersuchungen an der Ostmarkstraße die Richtigkeit des Frostkriteriums von Casagrande bewiesen hätten; Schaible erklärt im gleichen Heft, daß das Frostkriterium nach Casagrande zu starr sei und eine nicht berechnete Übervorsichtigkeit auslöse, denn es gäbe kaum Böden mit U kleiner als 5, es würden vielmehr ungleichförmige Böden mit U größer als 15 vorherrschen; es müßte somit der größte Teil unserer Verkehrsstraßen zu Frostschäden neigen, dies sei aber nicht der Fall.

Selbstverständlich müssen die einzubauenden Frostschuttschichten hinsichtlich ihres Körnungsbereiches außer Zweifel stehen. Dieser Körnungsbereich ist durch Erlaß vom 15.12.55 festgelegt und aus vorstehender Abbildung ersichtlich. Alles Material, das innerhalb der beiden Kurven liegt, wird als frostsicher anerkannt.

Im Walde bauen wir häufig starr oder plastisch auf alten, wassergeschlämmten Schotterstraßen, die meist des öfteren mit bindigem Material abgedeckt worden sind. Das Kriterium von Casagrande wird bei einem solchen Bau- und Unterhaltungsverfahren immer überschritten sein.

Haben Casagrande und Dücker Recht, dann besteht durchweg Frostgefahr für unsere Beton- und Teerstrecken im Walde, und zwar früher oder später doch - mögen sie z.Zt. noch so gut aussehen, - wenn sie zur Unzeit schwer und schnell belastet werden. Über die Auswirkung der Holzabfuhr auf öffentlichen Straßen schreibt Dücker: "Die schweren Frostschäden des Bauamtes Mechede im Rothaargebirge sind größtenteils durch die Holzabfuhr während der Tauperiode hervorgerufen worden", und an derer Stelle: "Der Deckenbau habe durch die Schmierwirkung des in den Deckenbau eingedrungenen Bodens beim Auftauen jeden Zusammenhalt verloren."

Auf eine weitere Erörterung der Vielzahl der frostbestimmenden Bodenfaktoren muß in diesem Rahmen verzichtet werden.

III. S c h u t z m a ß n a h m e n g e g e n F r o s t s c h ä d e n .

Es gibt also auf frostgefährdeten Böden ohne besondere Schutzmaßnahmen weder eine starre noch eine unstarre Decke mit oder ohne Packlage, die gegen Frostschäden gefeit ist.

Die Schutzmaßnahmen können aus Untergrundverbesserung, Verhinderung des Wasserzutritts und Schutz gegen Kälte bestehen. Im Straßenbau sind als Untergrundverbesserungen gebräuchlich:

entweder A u s k o f f e r u n g auf volle Frosttiefe und E i n b a u einer Frostschuttschicht von 0,70 - 1 m Stärke oder eine t e i l w e i s e A u s k o f f e r u n g und Einbau einer Frostschuttschicht von 30 - 40 cm Stärke, wobei gewisse Frosthebungen bewußt in Kauf genommen werden oder

H o c h e i n b a u auf die bisherige alte Decke, wenn es möglich ist, die Straßenoberkante höher zu legen.

Die Entwässerung der Frostschuttschicht wird durch Drainagen und Sickerungen sorgfältig beachtet. Als Frostschuttschicht werden Kies, Sand, gebrochenes Gestein und Hochofenschlacke verwandt.

Andere Maßnahmen bezwecken, den kapillaren Wassernachschub zu unterbinden oder das Eindringen von Kälte in den Straßenuntergrund zu verlangsamen. Die kapillARBrechenden Schichten werden als Trennschichten 15 - 30 cm stark eingebaut. Bei Materialmangel finden als Abdichtung auch Bitumengewebe oder Blech Anwendung. Es wird auch versucht, durch Salzinjektionen den Gefrier-

kleinster Kornstruktur praktisch unbeschränkt, zumal Feinstkapillaren erst bei -70°C gefrieren. So steigt z.B. bei völlig zersetzten Tonschiefern der Wassergehalt von 18,3 % des Trockengewichtes vor dem Forst auf 290 % des Trockengewichtes im Frostbereich.

Bei Eintreten von Tauwetter taut die Frostzone von oben her und bei entsprechender Frosttiefe gleichzeitig von unten her auf. Es kommt zur Wasseranreicherung bzw. Wasserübersättigung in der Tauzone, bis das Wasser seitlich abfließt. Sind jedoch die Seitengräben vereist, oder ist der Wegekörper von den Seitengräben her ebenfalls stark gefroren, verbleibt das Wasser im Straßenkörper. Im ersteren Falle erfolgt außerdem zusätzlicher Rückstau aus den Seitengräben in den Straßenkörper. Diese Gefahr ist umso größer, je schmaler eine Straße ist. Folglich ist jede Verwundung der straßenseitigen Böschung der Seitengräben im Herbst verfehlt. Etwa vorhandener Rasen ist vielmehr zu belassen.

Wird die Tauperiode unterbrochen, so bleibt der Boden in einer bestimmten Tiefe gefroren. Das Schmelzwasser wird durch die gefrorene Bodenschicht gestaut. Es findet auf und unter dieser Frostschiicht eine zusätzliche Anreicherung von Sickerwasser statt. Nach den erwähnten thermodynamischen Gesetzen des Wärmeaustausches führt eine spätere Frostperiode zu einer stärkeren Ausbildung der Frostschiichten, da die Voraussetzungen günstiger sind als vor Auftreten der ersten Frostperiode. Je häufiger in einem Winter Temperaturumkehr eintritt, umso größer wird somit die Frostgefahr auf den Straßen. In gleicher Weise wirken starke Sonneneinstrahlungen im Wechsel mit kalten Nächten besonders auf undichten Schwarzdecken.

3) Der Anteil des Verkehrs bei der Entstehung der Frosteinbrüche.

Vorerst trägt noch die gefrorene Zwischenschicht. Bei fortschreitendem Tauwetter bricht sie bei Belastung plötzlich durch. Es erfolgt eine Art Grundbruch. Der weichgewordene Boden hat infolge Wasserübersättigung seine Fließgrenze erreicht, weicht seitlich aus und wird in Richtung des geringsten Widerstandes nach oben gepreßt. (Böden, die zur Bildung von Eislin sen neigen, heißen daher auch frostschiebend.) So entstehen die Frostaufbrüche in der Fahrbahnmitte und an den Seiten als sekundäre Folge der primären Frosteinbrüche. Hierbei vermischt sich der Untergrund mit dem Deckenaufbau und erscheint als schotterhaltiger Brei an der Oberfläche. Es genügt also ein einziges Lastfahrzeug, um diesen Einbruch zu bewirken, wenn es bei einem bestimmten Taugrad die Straße befährt, daher das oft erstaunlich plötzliche Versinken eines Fahrzeuges, obgleich kurz vorher gleichwertige Fahrzeuge die Strecke ohne Schaden passiert hatten.

Von besonderer Bedeutung ist die Geschwindigkeit des Auftauens. Scharfes Tauwetter führt zu rascher und reichlicher Freigabe von Tauwasser, es treten unter Verkehr plötzliche und gefährliche Tausenkungen ein, insbesondere, wenn die Vorflut nicht in gleichem Maße aufgetaut ist. Drainagen sind somit bei schnellem Auftauen günstiger als Seitengräben. Nun kann sehr wohl der Untergrund statisch in einem bestimmten Umfange tragbar sein, aber durch dynamische Erschütterungen seine Gefügefestigkeit verlieren. Bekanntlich ist die Tragfähigkeit von der Bodenbeschaffenheit (Winkel der inneren Reibung), Größe und Form der belasteten Fläche und der Geschwindigkeit der Belastung abhängig. Je kleiner die Lastfläche, desto größer die Gefahr seitlichen Ausweichens (Pfahlwirkung), Überschreitung der Bruchgrenze und Versacken im Gleitbereich. Diese Bodenstatik gilt auch für die Verkehrsbelastung sinngemäß im Sinne der Beziehung $\frac{mv^2}{2}$, wobei m = Last und v = Geschwindigkeit sind. Anwendung auf verschiedene Lasten und Geschwindigkeiten ergibt folgende Produkte:

m = 2 To; v = 80 km =	6.400
<u>m = 2 To; v = 30 km =</u>	900
m = 10 To; v = 80 km =	32.000
m = 10 To; v = 20 km =	2.000
<u>m = 10 To; v = 10 km =</u>	500
m = 1 To; v = 80 km =	3.200
m = 1 To; v = 30 km =	450

Diese Beziehungszahlen sind zwar mathematisch nicht genau und völlig vergleichbar, zumal sie von verschiedenen weiteren Faktoren abhängig sind; aber sie lassen erkennen, daß die B e g r e n z u n g d e r G e s c h w i n d i g - k e i t w i c h t i g e r i s t a l s d i e L a s t b e g r e n - z u n g, daß Begrenzung von Last und Geschwindigkeit die Gefahren weitgehendst mindert, daß völliges Sperren auch völliges Vermeiden der Frostaufbrüche bewirkt, und daß auch ein besetzter PKW bei hoher Geschwindigkeit eine eindeutige Gefährdung der Straße darstellen kann.

Der Verkehr ist zudem keine stetige Belastung. Die nachgebende Decke wird vielmehr stoßweise und ungleichmässig in den nachgiebigen Boden hineingepreßt, wobei die Hohlräume im Oberbau während der gesamten Tauzeit bzw. bei jedem Frostrückgang im Laufe der Jahre von unten her allmählich mit frostgefährlichem Material durchtränkt werden. Es braucht vorerst nicht zu Frostaufbrüchen zu kommen. Die Straße wird jedoch von Jahr zu Jahr umso frostbereiter, je mehr feinkörniges Bodenmaterial in den Oberbau gepreßt wird, genau so wie unter Verkehr der Deckenaufbau langsam, aber stetig zertrümmert wird und auch hierdurch eine Anreicherung des Straßenoberbaues mit Feinmaterial erfolgt, die wiederum die Frostempfindlichkeit steigert. Insbesondere besteht also eine latente zunehmende Gefahr, daß auch nach einem milden Winter plötzlich Straßen zusammenbrechen, die bis dahin als absolut frostsicher erschienen.

Die anfangs erwähnten Untersuchungen an frostgeschädigten Straßen haben nicht nur erwiesen, daß durch die geschilderte Durchtränkung die tragende Steinbahnstärke stetig abnimmt, sondern auch, daß die Anreicherung der Decke mit frostempfindlichem Material eine Folge fehlerhaften Deckenaufbaues sein kann. So wurde u.a. festgestellt, daß ungleich harte Packlage die Frostgefahr erhöht, insbesondere bei fehlender Sauberkeitsschicht unter der Packlage, und daß höhere Kleinschotterlagen als der Durchmesser des größten Kornes beträgt, unter Verkehr ihre Kanten verlieren, sich rundschleifen (vergleiche hierzu auch Eisenbahnschotter) und hierdurch die Siebkurven in Richtung Frostgefährlichkeit verschoben werden. So zeigte z.B. eine Straße nach dem Walzen keine Frostschäden bei einer Decklage von:

80 % Schotter 30/70 mm,
10 % Splitt 5/30 mm,
10 % leicht bindigem Sand 0,7 mm;

nach mehrjährigem Verkehr: mittlere Frostschäden und nach langjährigem Verkehr: schwere Frostschäden und folgende Zusammensetzung der Decklage:

20 - 30 % Schotter 30/70,
50 - 60 % Splitt 5/30 und
bis 20 % Feinkorn.

Solche Beispiele finden sich viele. Sie sind im Rahmen dieser Ausführung erwähnenswert, um verstehen zu können, daß langes Walzen (Gesteinsabtrieb) in Verbindung mit starkem Wasserzusatz und bindigem Material (Schlämmwalzung, eingeschlammte Decken) bereits eine mehr oder weniger große Frostgefahr in den Straßenkörper künstlich hineinbringt, genau so wie das Salzstreuen im Winterdienst, wenn es stark und ungleichmäßig erfolgt, künstlich Tauperioden erzeugt und zu höchst gefährlichen Wirkungen führen kann.

4) D e r B o d e n u n d d i e F r o s t k r i t e r i e n .

Trotz der soeben erwähnten, möglichen nachträglichen Boden- und Deckenveränderungen ist die Kornzusammensetzung des Untergrundes der Faktor unter den 4 maßgeblichen Frostfaktoren, der sich relativ am wenigsten ändert. Die Korn-

punkt des Wassers herabzusetzen.

Als besonders wirksam haben sich Schlacke und Lavalit erwiesen. Da sie eine geringere Wärmeleitfähigkeit als die durch Verwitterung entstandenen Bodenarten besitzen, hemmen oder verzögern sie zusätzlich das Vordringen des Frostes.

Als B e h e l f s m a ß n a h m e n kommen für den forstlichen Straßenbau in Frage:

- 1) Peinliche Unterhaltung der Vorflut auf frostgefährdeten Strecken.
- 2) Laufender Ausgleich von Vertiefungen. Liegen Vertiefungen zwischen benachbarten Schadensstellen, wie z.B. Durchlässe, so müssen diese muldenförmigen Vertiefungen sofort vorübergehend mit Grus oder Splitt ausgeglichen werden, um Verkehrsstöße und die Zerstörung flachliegender Rohre zu verhindern.
- 3) Verschließen von Mulden und Rissen in bituminösen Decken, um das Eindringen von Wasser von oben her sowie Wasseransammlungen und damit Aufweichung des Untergrundes zu vermeiden.
- 4) Laufendes Abdichten der Fugen und Risse auf Betondecken.
- 5) Beschränkung von Last und Geschwindigkeit, gegebenenfalls völlige Sperrung der Wege im richtigen Zeitpunkt und genügend lange.

Unter günstigen Umständen können Verformungen durch Glattbügeln mit leichten Walzen nach vorherigem Aufbringen von 2 - 3 cm Sand ausgeglichen werden, solange der Untergrund noch verformbar ist.

Die Forstwirtschaft ist finanziell nicht stark genug, um in größerem Umfange frostsicher zu bauen. Sie kann aber im Gegensatz zur Straßenverwaltung einige schadensbestimmende Faktoren günstiger lösen. Hierzu gehören in erster Linie wärmehaltende Maßnahmen wie:

Waldbaulicher Schutz gegen besonders kalte Winde, Abfließenlassen bekannter Kältestauungen durch geeignete Hiebsführung, Unterlassung von Schneeräumung, Sperrmaßnahmen grundsätzlicher Art.

Bei den Sperrmaßnahmen ist sicherlich zu beachten, daß das Klima im Walde ausgeglichener ist. Der Wechsel zwischen Tau- und Frostperiode verläuft gemäßiger als auf Freilagen, ebenso erfolgt das Auftauen im allgemeinen langsamer; also kann in Frage kommen, s p ä t e r , a b e r l ä n g e r zu sperren als auf den freier liegenden Verkehrsstraßen. Es bedarf auch der Überprüfung, ob es richtig ist, den Trauf über Schwarzdecken zu hauen, oder ob es am Ende billiger ist, peinlich genau auf guten Deckenschluß (durch Teerschlämmen oder öfters wiederholte Oberflächenbehandlung) zu achten und die Traufmäntel als Wärmeschutz zu erhalten. Hierüber können nur Messungen mit Frostindikatoren Aufschluß geben.

In jedem Fall bedarf es im Walde beschleunigt des Aufbaues eines gut organisierten Frostschutzdienstes mit Frostindikatoren und selbstregistrierenden Schlagsonden und eines wirksamen, gut vorbereiteten Sperrdienstes.

Bei beschränkten Geldmitteln ist die Pflege der vorhandenen Schwarzdecken vorerst wichtiger als weiterer Neubau solcher Decken. Bei Neubauten müssen die Ergebnisse der Frostkartierung genauestens beachtet werden. Frostempfindlicher Untergrund, kalte und feuchte Stellen, exponierte Ost- und Nordhänge, die dem Wind besonders ausgesetzt sind, soll man, wenn wirtschaftlich möglich, umgehen. Hochlegen der Trasse wird in vielen Fällen anstelle von Auskoffern möglich sein. Es soll also soweit wie möglich vermieden werden, in den Boden einzuschneiden, also auch möglichst keinen Kofferraum für die Packlage ausheben.

Die Entwässerungsfrage muß weiter geklärt werden, besonders inwieweit Ersetzen der vorhandenen Trapezgräben durch Längsdrainagen und Spitzgräben auf den schmalen Waldstraßen eine ausreichende Entwässerung der Straße, besonders der Gleisbahnen, auch bei kapillaren Böden, zu sichern vermag.

Ebenso wird zunehmend das regieeigene Vorrücken auf Holzlagerplätze an den Hauptstraßen derjenigen Hölzer zu erwägen sein, die bis zu einem bestimmten Termin aus dem Walde heraus müssen (Buchenstammholz, Buchenschwellen).

Im Ganzen gesehen können wir im Walde vermutlich finanziell die 3 Faktoren: Frost, Wasser und Verkehr leichter mindern als dem Faktor Boden in tragbarer Weise beikommen. Inwieweit uns die Bodenstabilisierung neue Wege aufzeigt, verbleibt noch abzuwarten.

Die vorstehenden Ausführungen haben den Zweck, Voraussetzungen und Handhaben zu bieten, auf einem der wichtigsten Gebiete der Straßeninstandhaltung die unbedingt notwendigen Maßnahmen erkennen, fordern und vertreten zu können.

Literatur:

- 1) Dücker A.: Ist eine Straßendecke auf einem Untergrund mit einem frostkritischen Kornanteil unter 20 % durch eine 30 cm starke Frostschutzschicht frostsicher gegründet ? "Straße und Untergrund" Heft 17/1955
- 2) Schaible Lothar: Über Beobachtungen an Frost- und Tauschäden auf Verkehrswegen "Straße und Untergrund" Heft 17/1955
- 3) Siedek & Voss: Beurteilung der Tragfähigkeit schwerbelasteter Straßen durch den Plattendruckversuch, Bundesanstalt für Straßenbau, Wissenschaftliche Berichte Heft 2.
- 4) Elsners: Taschenjahrbücher für den Straßenbau 1954 - 1957
- 5) Hafner Fr.: Forstlicher Straßen- und Wegebau 1956.
- 6) Keil Karl: Ingenieurgeologie und Geotechnik 1951.
- 7) Dränanweisung 1950, Deutscher Normenausschuß DIN 1185, herausgegeben vom Deutschen Ausschuß für Kulturbauwesen.
- 8) Richtlinien für die Verhütung von Frostschäden in Straßen, herausgegeben von der Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen e.V., Fassung 1951, veröffentlicht in Straße und Autobahn 1951, Seite 391.

Schriftleitung: Oberforstmeister Müller-Thomas, Mainz, Postanschrift: Verlag "Forsttechnische Informationen", Mainz, Ritterstrasse 14. Ruf: 86365. Erscheinungsweise: monatlich. Jahresbezugspreis DM 12.-. Zahlung wird erbeten auf das Konto "Verlag Forsttechnische Informationen" Nr. 2003 bei der Städtischen Sparkasse Mainz. Postscheckkonto der Städtischen Sparkasse ist Frankfurt/Main Nr. 4085. Kündigungen 4 Wochen vor Jahresende. Nachdruck nur mit Genehmigung des Verlages.