

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 116 (1965)

Heft: 1

Artikel: Probleme des forstlichen Strassenbaus

Autor: Kuonen, V.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-767356>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 16.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Probleme des forstlichen Straßenbaus

Von *V. Kuonen*, Zürich¹

Oxf. 383

1. Einleitung und Charakteristik der Waldstraße

Die Großbaustellen der Autobahnen nehmen auf dem Gebiete des Bauwesens zurzeit in der Schweiz zweifellos die erste Stelle ein. Immerhin werden aber jährlich — fast im Verborgenen und in der Stille des Waldes — etwa 250 km Waldstraßen gebaut. Die Probleme des forstlichen Straßenbaues liegen weitgehend anders als die Probleme des großen Straßenbaus. Aus diesem Grunde gestatte ich mir, zunächst «die Waldstraße» kurz vorzustellen.

Nach statistischen Erhebungen der Eidgenössischen Inspektion für das Forstwesen sind seit 1902 im Schutzwaldgebiet der Schweiz rund 6000 km Waldstraßen und -wege gebaut worden. Darin nicht einbegriffen sind die bisher im Nichtschutzwald gebauten Straßen. Der Schutzwald umfaßt 85 % der totalen Waldfläche oder rund 850 000 ha. Die durchschnittliche Wegdichte beträgt daher heute im Schutzwaldgebiet 7 m/ha. Für eine einwandfreie Bewirtschaftung der Wälder sind nach Schätzungen wiederum der Eidgenössischen Inspektion für das Forstwesen wenigstens aber 30 bis 40 m/ha notwendig. Zum Vergleich mag dienen, daß viele Waldungen des Mittellandes ein lastwagenfahrbares Netz von annähernd 100 m/ha besitzen; das Lehrrevier der ETH am Uetliberg zum Beispiel besitzt ein Straßennetz von 75 m/ha, die Stadtwaldungen von Winterthur 90 m/ha, der Stadtwald am Zürichberg 97 m/ha. Wenn wir im gesamten Schutzwald nun eine Dichte von 35 m/ha anstreben, so bedeutet das, daß noch wenigstens 25 000 km Waldstraßen zu bauen sind, ohne die Bauvorhaben im Nichtschutzwaldgebiet. Wenn die jetzige Baugeschwindigkeit von 200 bis 300 km im Jahr nicht gesteigert werden kann, wird es also noch 80 bis 100 Jahre dauern, bis unsere Wälder als erschlossen gelten dürfen.

Bei einem durchschnittlichen Laufmeterpreis von 150 bis 200 Franken ergibt das die auch heute noch beträchtliche Baukostensumme von 4 bis 5 Milliarden Franken.

Waldstraßen dienen der rationellen Bewirtschaftung des Waldes. Der forstliche Straßenbau steht daher in enger Beziehung zu den rein forstlichen Disziplinen: dem Waldbau, der Forsteinrichtung und der forstlichen Betriebswirtschaftslehre. Die Erklärung Leib und Guts: «Der Waldbau beginnt beim Straßenbau», bringt diese enge Verknüpfung der Disziplinen

¹ Einführungsvorlesung vom 5. 12. 1964

in kurzer, prägnanter Form zum Ausdruck. Um die waldbauliche Tätigkeit und die rationelle Bewirtschaftung zu ermöglichen, muß der Wald flächenförmig erschlossen werden. Es geht also um die Erschließung einer Fläche oder eines Raumes und nicht wie bei den übrigen Straßen um die linienförmige Verbindung von Ortschaften. Aus diesem Grunde ist es üblich, daß die Wegdichte in m/ha angegeben wird. Die Erschließung eines Raumes verlangt eine generelle Planung, ein generelles Studium der Linienführung, die schließlich darin gipfelt, mit der kürzesten Strecke eine gegebene Fläche zu erschließen. Die Forderung nach einer rationellen Flächenerschließung läßt nicht zu, allen vom Boden oder vom Gelände gegebenen Hindernissen in dem Maße auszuweichen, wie das beim Bau der Autostraßen noch weitgehend möglich ist.

Der Verkehr auf den Waldstraßen ist von besonderer Art. Damit das Holz aus dem Wald möglichst leicht auf die Straße gebracht werden kann, müssen Waldstraßen sozusagen an jedem Punkt zugänglich sein; das heißt im flachen Gelände liegen die Straßen praktisch auf Geländehöhe oder leicht aufgedämmt. Im Hang sind möglichst niedrige Einschnitte und Dämme und möglichst wenig Kunstbauten zu erstellen. Das bedeutet, daß wir um so kurvenreichere Straßen erhalten, je stärker gegliedert das Gelände ist. Anderseits vermindert dieses Anschmiegen des Trassees an das Gelände die Baukosten, da hohe Dämme und Anschnitte weitgehend vermieden und teure Kunstbauten und Böschungssicherungen in vielen Fällen entbehrlich werden. Die Kurven sind aus diesem Grunde vielfach mit kleinen Radien von 30 bis 40 m auszubilden, so daß die zulässigen Geschwindigkeiten gegenüber den Geschwindigkeiten auf dem übergeordneten Straßennetz sehr klein werden. Die Minimalradien in Wendeplatten richten sich nach der Bauart der durchschnittlichen Fahrzeugtypen und der Länge der zu transportierenden Baumstämme. Hingegen verkehren auf den Waldstraßen gleich schwere Lasten wie auf Autobahnen, denn es besteht eindeutig das Bestreben, das Holz vom Produktionsort bis zum Verbrauchs- oder Verarbeitungszentrum ohne Umladen zu transportieren. Eine zusätzliche Beanspruchung erfährt die Fahrbahnoberfläche der Waldstraßen, weil sie sehr häufig als Arbeitsplatz für das Aufrüsten des Holzes dient und weil auf ihr Stämme bis zum Lagerplatz gerückt werden.

Die Verkehrsdichte auf Waldstraßen ist sehr gering. Sie ist so gering, daß ausschließlich nur einspurige Straßen gebaut werden. Genügend Ausweichstellen ermöglichen das Kreuzen und Wenden von Fahrzeugen.

Der systematische Bau von Forststraßen geht in der Schweiz etwa auf die Mitte des letzten Jahrhunderts zurück. Verständlicherweise wurden zunächst die leicht zugänglichen und die ortsnahen Waldgebiete erschlossen. Jahrzehnte hindurch wurde das Holz und die sonstigen Forstprodukte auf eisenbereiften Fahrzeugen und auf Schlitten sowie durch Reisten aus dem Walde gebracht, und Jahrzehntelang wurden deshalb auch die Forstwege nach

gleichbleibenden Grundsätzen gebaut. In weiten Gebieten der Schweiz blieb das so bis nach dem Zweiten Weltkrieg. Erst dann begann der Lastwagen auch bei der Holzabfuhr das Spannfahrzeug mehr und mehr zu verdrängen.

Bis zum Zweiten Weltkrieg wurden alle Waldstraßen von Hand gebaut. Fast ausschließlich wurden betriebseigene Leute in Regie im Waldstraßenbau beschäftigt. Die Erdarbeiten wurden von Hand in aller Sorgfalt ausgeführt, wobei das Material für den Oberbau der Straße wenn immer möglich aus dem Abtrag gewonnen wurde. Die Befestigung der Straße bestand praktisch immer aus einem von Hand gesetzten Steinbett. Das Arbeitstempo war sehr klein, der Baustellentransport sehr gering. Die niedrigen Dämme und Böschungen hatten Zeit, zu konsolidieren.

Die Situation änderte nach dem Zweiten Weltkrieg fast schlagartig. Einerseits brachten die nun für die Holzabfuhr eingesetzten Lastwagen mit den viel höheren Achslasten und den gegenüber dem Pferdefuhrwerk doch bedeutend größeren Geschwindigkeiten eine viel stärkere Beanspruchung. Anderseits war ein rascherer Baufortschritt vielerorts erwünscht, und es traten allmählich die aus Amerika kommenden Baumaschinen an die Stelle der immer rarer werdenden menschlichen Arbeitskräfte. Diese Umstellung erfolgte in einem Zeitraum von 5 bis 10 Jahren, und brachte eine Reihe von Problemen, an deren Lösung wir noch längere Zeit zu arbeiten haben. Die Probleme werden nämlich auch darum vielfältiger, weil die Walderschließung in bautechnisch immer schwierigere Gebiete vordringt. Ich erinnere an die eben begonnene Erschließung der großen Waldkomplexe des Voralpengebietes, wo infolge der hohen Niederschläge ein sehr schlecht tragfähiger, stark vernäßter Baugrund ansteht.

2. Der Unterbau der Waldstraßen

Diese Umstände wirken sich auf verschiedene Gebiete des forstlichen Straßenbaus aus. Die leistungsfähigen Baumaschinen verführen dazu, eine gestrecktere Linienführung zu wählen, wodurch die Einschnitte und Böschungen größer werden. Anderseits sind die Dämme viel rascher fertiggebaut. Wenn diese mit Bodenmaterial geschüttet werden, welches einen natürlichen Wassergehalt in der Höhe des für die Verdichtung optimalen Wassergehaltes besitzt, dann sind diese stabil. Doch solche Böden sind in unseren Waldgebieten — vom Holzzuwachs aus gesehen zum Glück — recht selten. Der natürliche Wassergehalt vieler Böden ist für den Einbau in Schüttungen um 10 bis 20% zu hoch, und daher sind die Böden bautechnisch ungeeignet. Ein Ersatz dieser Böden für Schüttungen, wie das zum Beispiel im Autobahnbau möglich ist, kommt aus Kostengründen nicht in Frage, weil bautechnisch besseres Material oft von sehr weit hergebracht werden müßte. Daher müssen die Schüttungen mit dem anstehenden Boden gemacht werden. Damit aber keine Rutschungen und keine schädlichen

Setzungen auftreten, muß der anstehende Boden notgedrungen durch besondere Maßnahmen verbessert werden.

Die Verbesserung von bautechnisch ungeeigneten, nicht einbaufähigen anstehenden Böden ist heute möglich. Sie besteht grundsätzlich darin, den natürlichen Wassergehalt herabzusetzen und den Boden gegen Wasser stabil zu machen. Das Verfahren besteht darin, entsprechende Zusatzmittel mit Hilfe von Maschinen in den Boden zu mischen und das Mischgut anschließend zu verdichten. Sowohl für die Mischarbeiten als auch für die Verdichtung stehen Maschinen aller Art und jeder gewünschten Größe zur Verfügung.

Zurzeit ist im Erdbau eines der häufig verwendeten Stabilisierungsmittel der ungelöste Weißfeinkalk, der wegen seiner exothermen Reaktion Bodenwasser chemisch zu binden vermag, den Boden durch die Reaktionswärme austrocknet und den optimalen Verdichtungs-Wassergehalt auch noch hinaufsetzt: Wirkungen, die sich für den Erdbau vorteilhaft ergänzen.

Zur Illustration des Gesagten ein paar diesbezügliche Versuchsresultate. Auf der Darstellung 1 ist aufgezeichnet, wie in einem Gehängelehm durch die Beimischung von Kalziumoxyd der optimale Wassergehalt für die Verdichtung und der Wassergehalt der Ausrollgrenze ansteigt.

Auf der Abszisse ist der Kalkgehalt in Gew.-% zum Boden aufgetragen und auf der Ordinate der Wassergehalt.

Für den Einbau sollte das Erdmaterial nun einen Höchstwassergehalt im Bereich dieser beiden Wassergehalte haben. Beim optimalen Wassergehalt läßt sich ja bekanntlich der Boden am besten verdichten, und der Wassergehalt der Ausrollgrenze bildet den Übergang vom plastischen in den festen Zustandsbereich.

Beide Wassergehalte werden nun durch eine Kalkbeimischung erhöht, so daß der Boden bei einem höheren Wassergehalt eingebaut werden darf. Bei 3% Kalkbeigabe wird zum Beispiel der optimale Wassergehalt im untersuchten Boden um rund 5% erhöht und der Wassergehalt der Ausrollgrenze gar um 8%. Zu dieser Wirkung kommt noch die exotherme Reaktion des ungelösten Kalkes, so daß Wasser auch in Form von Wasserdampf wegeht.

Die mit Kalk verbesserten und verdichteten Böden nehmen praktisch kein Wasser mehr auf, und die durch Quellen und Schrumpfen verursachte Volumenveränderung wird sehr stark vermindert, wie das auf der Darstellung 2 gezeigt wird. Der ohne Kalkbeigabe optimal verdichtete ursprüngliche Boden quillt infolge Wasseraufnahme um 8 Volumen-%, und er kann infolge Austrocknung um 7% schwinden. Werden dem gleichen Boden zum Beispiel 3 Gew.-% Kalk, also CaO oder Ca(OH)₂ beigemischt, wird dem Boden die Fähigkeit, zu quellen und zu schwinden, weitgehend genommen; total beträgt diese nur noch 3,5%.

Außer Kalk gelangen für Erdarbeiten im Straßenbau in jüngster Zeit

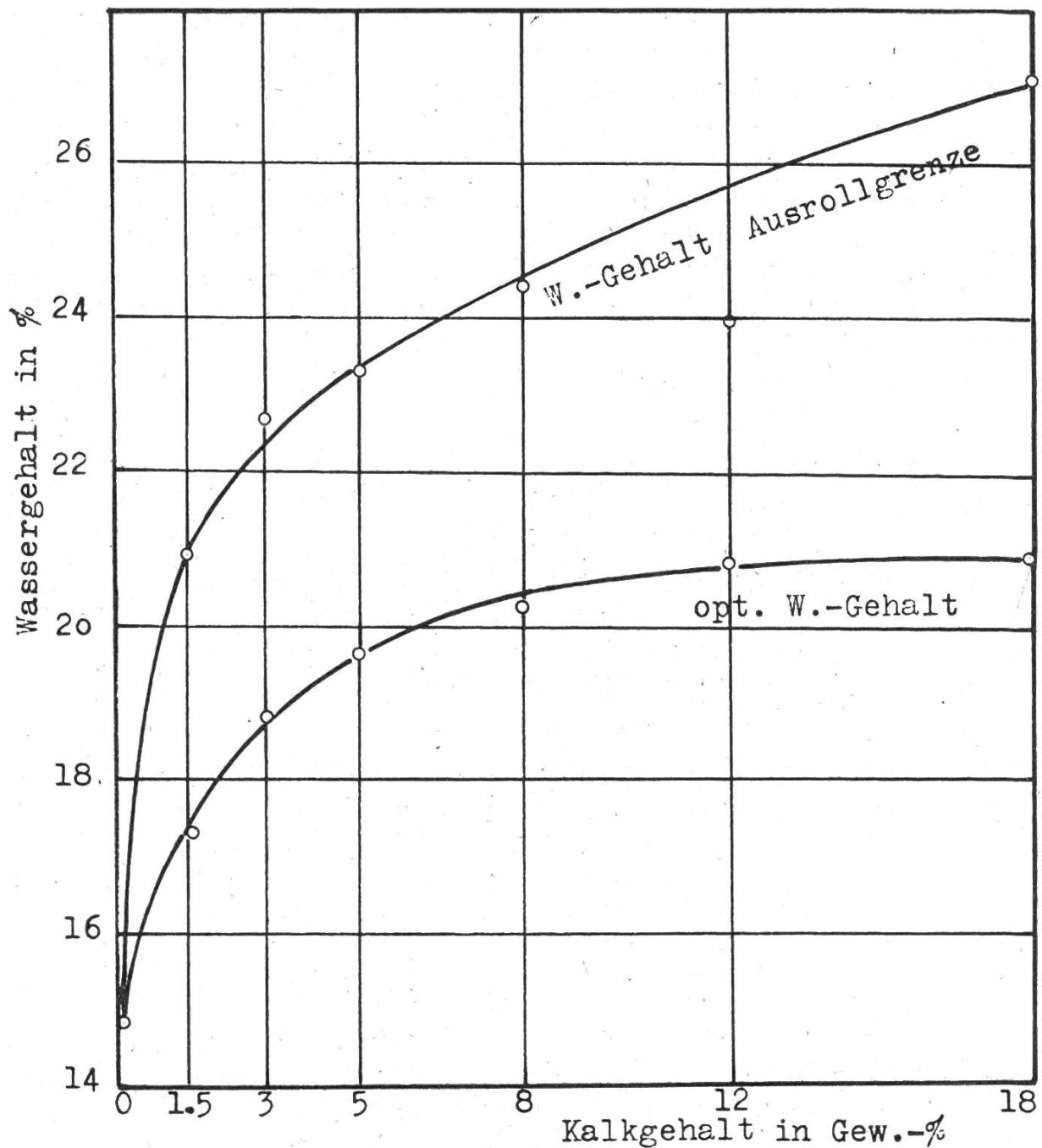


Fig. 1
Veränderung des Wassergehaltes durch Kalkbeigabe

mehr und mehr besondere Produkte auf den Markt, welche speziell für die Bodenstabilisierung hergestellt werden. Es sind dies einerseits die zementähnlichen Bindemittel «Pectacrete» und «Hydrodur», welche in Böden mit zu hohem Wassergehalt verwendbar sind, weil sie bis zur mechanischen Beanspruchung hydrophob bleiben.

Ein anderes, speziell für die Bodenverbesserung entwickeltes Produkt ist das Terrabind. Ein Missionar in Südafrika machte sich beim Betrachten eines Termitenhaufens Gedanken über die Stabilität dieses Baues, dessen dünne Säulen und Gewölbe trotz langen Regenzeiten keinen Schaden nah-

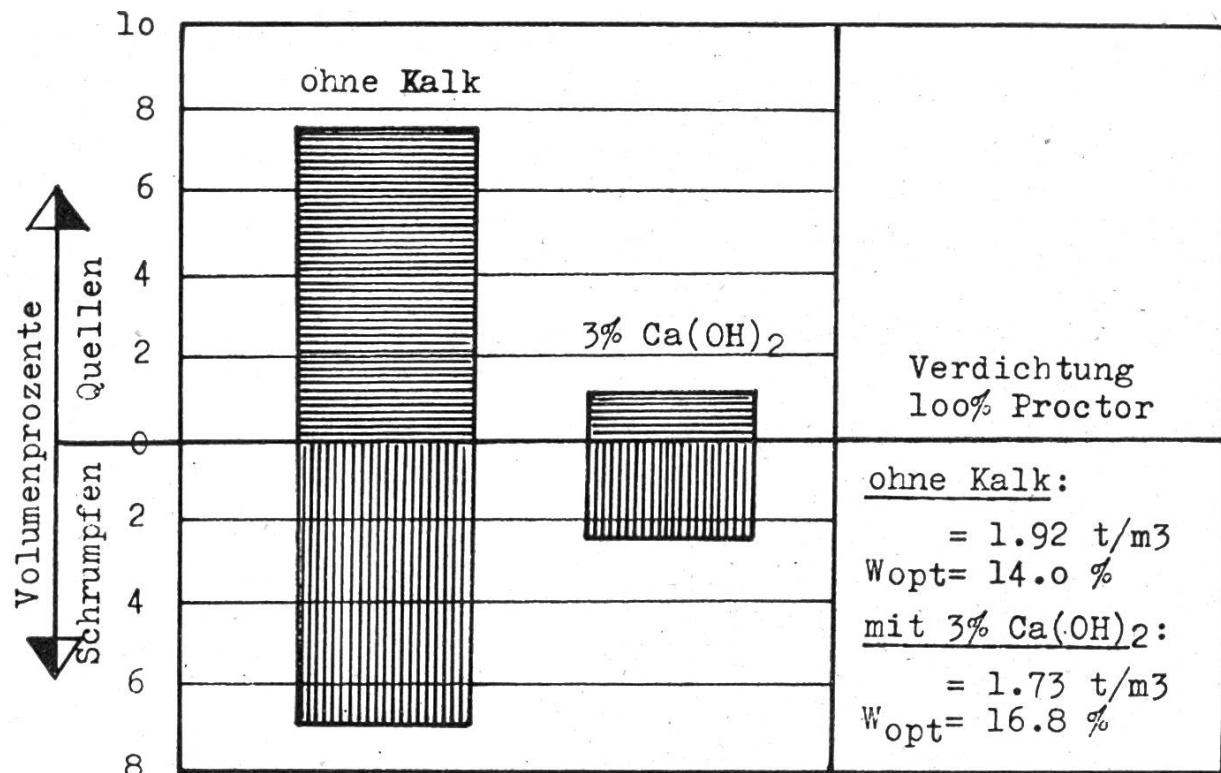


Fig. 2
 Schrumpf- und Quellversuch mit optimal verdichteten Proben

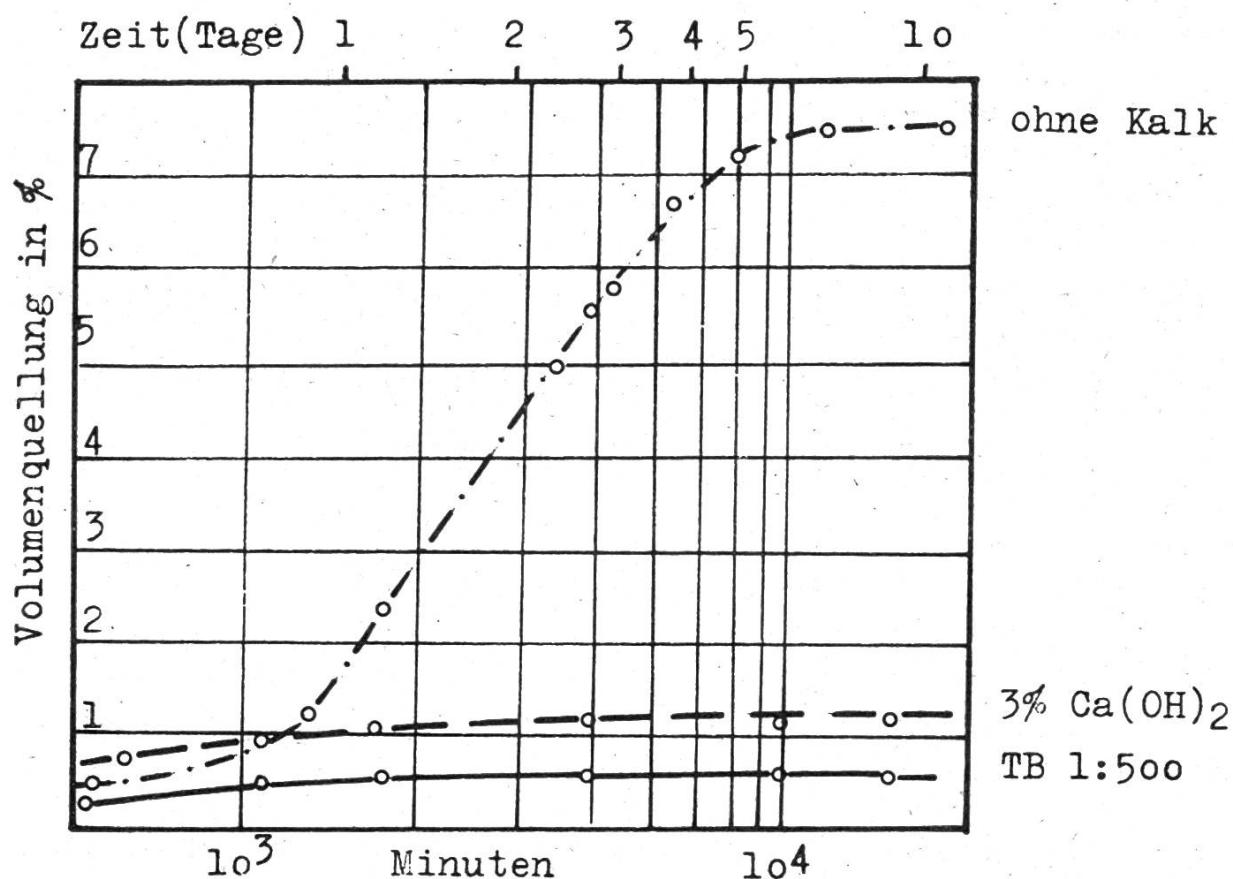


Fig. 3
 Einfluß der Zusatzmittel auf die Quellung

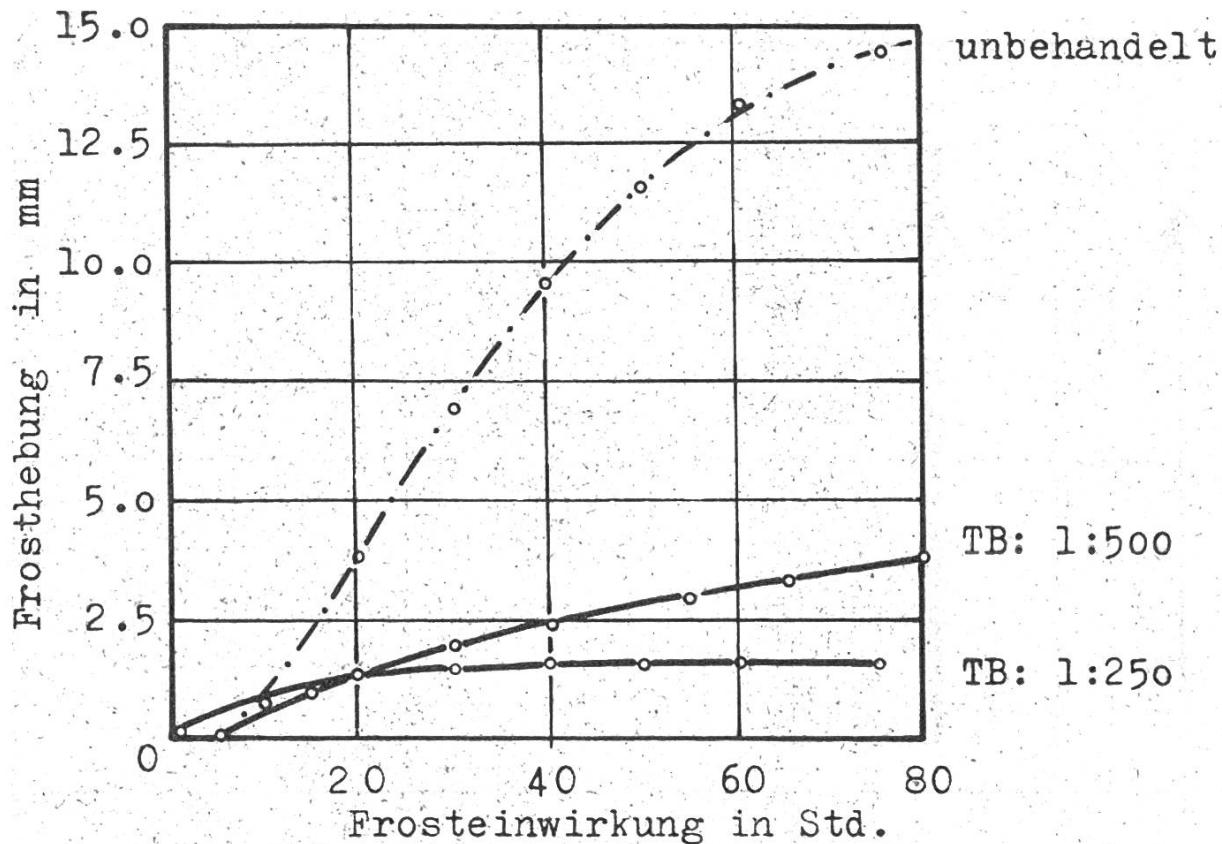


Fig. 4

Frostversuch

men. Aus dem Termitenbau herausgebrochene Bodenteile waren zur Haupt-
sache zusammengesetzt aus Aluminium und Kalk sowie aus abietischer und
Ameisensäure. Diese Zusammensetzung wurde industriell nachgeahmt und
ist heute als «Terrabind» auf dem Markt. Dieses pulverförmige Produkt in
Mengen von nur 1:250 bis 1:1000 (also von 1 bis 4%) in Wasser gelöst und
dem Boden beigemischt, macht diesen weitgehend hydrophob und reduziert
seine Fähigkeit der Volumenveränderung auf ein Minimum. Ein diesbezüg-
liches Versuchsresultat ist auf der Darstellung 3 aufgezeichnet, wo die Fähig-
keit der Quellung eines unbehandelten Bodens verglichen wird mit dem
gleichen Boden, welchem 2 Gew.-% Terrabind beigemischt wurden. Als
weiterer Vergleich ist derselbe Boden mit 3 Gew.-% Kalkhydrat verbessert
aufgezeichnet worden. Auf der Abszisse ist die Zeitdauer aufgetragen, auf
der Ordinate die prozentuale Volumenquellung.

Das Terrabind verbessert weitere bautechnische Eigenschaften eines
Bodens. Eine Untersuchung an einem stark frostempfindlichen Boden zeigt,
daß der mit Terrabind verbesserte Boden nur noch sehr geringe Frosthebun-
gen aufweist.

Auf der Darstellung 4 ist ein diesbezügliches Resultat aufgezeichnet. Auf
der Abszisse die Frosteinwirkung in Stunden, auf der Ordinate die Frost-
hebung in mm.²

² Untersuchung der Bayerischen Landesgewerbeanstalt in Nürnberg

Viel bedeutender aber als diese kleine Auswahl von Resultaten über die Verbesserungsmöglichkeiten für Erdarbeiten im Straßenbau ist sicher der Umstand, daß mit dem «Terrabind» die chemische Industrie, die auf vielen Gebieten die früher üblichen Baustoffe Holz, Metall, Stein usw. durch sogenannte Kunststoffe ersetzt oder verdrängt hat, erstmals ein Mittel auf den Markt bringt, welches speziell für Erd- und Straßenbauarbeiten entwickelt wurde und welches zu vernünftigen Preisen erhältlich ist. Es ist daher zu erwarten, daß die chemische Industrie mit dem Terrabind den Anfang gemacht hat für eine Reihe weiterer Produkte, welche es noch vermehrt ermöglichen, den anstehenden mineralischen Boden jeder Art als Baustoff wirtschaftlich verwendbar zu machen.

Gerade der forstliche Straßenbau ist auf die Verbesserungsmöglichkeit des anstehenden Bodens besonders angewiesen, weil einerseits die Geldmittel beschränkt sind und weil aus diesem Grunde ein Ersatz von bautechnisch ungeeignetem Boden für Dämme und Schüttungen nicht in Frage kommt. Anderseits müssen aber trotzdem für die schweren Lasten zu solide und gute Straßen gebaut werden.

3. Befestigung der Waldstraßen

Während die Befestigung von Waldstraßen in Gebieten mit Moräneböden keine großen Schwierigkeiten bereitet, werden die Probleme für die Befestigung der Waldstraßen im Voralpengebiet um so größer. In diesen Gebieten stehen nicht nur schlecht tragfähige Böden an, sondern es ist meistens weit und breit auch kein geeignetes Kies-Sand-Material für die Ausbildung des Oberbaus zu finden. Dieses Material muß daher aus tiefer gelegenen Moränegebieten herangeführt werden und wird auf der einspurigen, im Bau begriffenen Straße transportiert. Die Erschließung eines Waldkomplexes in diesen relativ steilen Gebieten erfolgt meist mittels einer Basisstraße und mit diversen Zubringerstraßen, welche vor Kopf in das Gebiet vorgetrieben werden. Das bedingt, daß das gesamte Aufbaumaterial auf derselben Straße hergeführt wird. Bei dem schlecht tragfähigen Boden, auf welchem ein Raupenfahrzeug mit einer spezifischen Belastung von 0,4 bis 0,5 kg/cm² nicht selten steckenbleibt, führt diese Art der Befestigung zu einem Circulus vitiosus, denn je stärker eine Straße beansprucht wird, um so besser muß sie befestigt werden, und je stärker sie befestigt wird, um so mehr wird sie beansprucht.

Berechnungen zeigen nun, daß der Baustellentransport auf solchen vor Kopf in ein Gebiet vorzutreibenden Straßen die weitaus größte Beanspruchung verursacht.

Die Darstellung 5 ist ein Versuch, die Beanspruchung eines 10 km langen schematischen Wegnetzes durch die an jedem beliebigen Punkt der Straße darüberrollende, summierte Tonnage aufzuzeichnen. Wir haben dabei angenommen, daß der Kies-Sand außerhalb des Projektgebietes hergeholt wer-

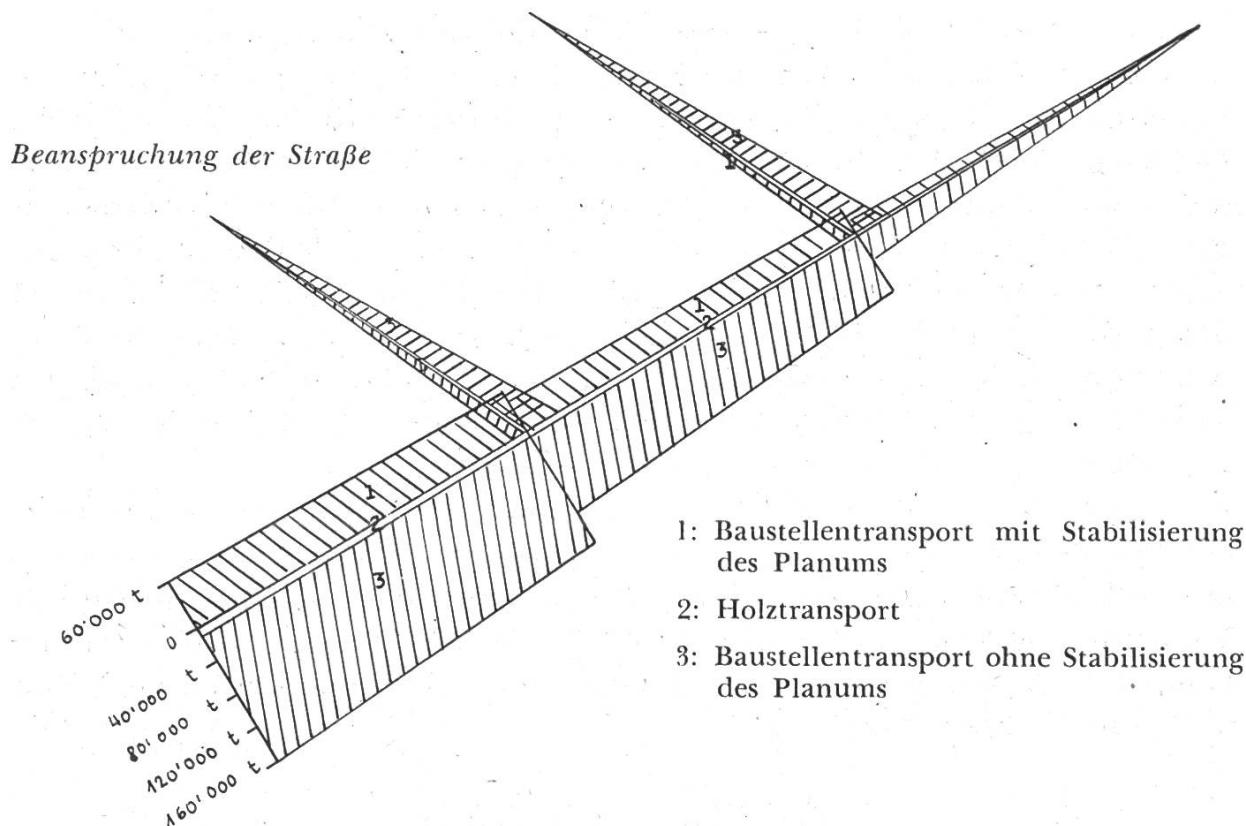


Fig. 5

den muß und daß pro m^2 befestigte Straße $1 m^3$ lockerer Kies benötigt wird. Eine Erfahrungszahl, die viele Projekte bestätigt haben. Gegenüber dem Baustellentransport sind die Beanspruchungen durch den jährlichen Holztransport verschwindend klein (Annahmen: $40 m^3/ha$; $8 m^3/ha/Jahr$ genutztes Holz).

In den letzten Jahren sind nun Untersuchungen und Versuche gemacht worden, welche zur Hauptsache dahin gingen, abzuklären, ob nicht der anstehende Boden selbst zur Befestigung der Straße verwendet werden kann. Mit Hilfe der Bodenstabilisierung ist es gelungen, selbst sehr schlecht tragfähige, stark tonhaltige wassergesättigte Böden so zu verbessern, daß das notwendige Oberbaumaterial um mehr als die Hälfte verringert werden kann. Wenn ohne Stabilisierung 80 bis 100 cm Kies-Sand notwendig waren, um einen Elastizitätsmodul von 500 bis 600 kg/cm^2 zu erreichen, so gelingt es, mit einer stabilisierten Schicht von 15 bis 20 cm und etwa 30 bis 35 cm Kies Elastizitätswerte von 1000 kg/cm^2 und mehr zu erhalten. Das zu verwendende Bindemittel hat sich dabei nach den Eigenschaften des vorhandenen Bodens zu richten. Für tonige, stark wasserhaltige Böden kommt praktisch nur Kalk als Stabilisierungsmittel in Frage, eventuell in Kombination mit einer mechanischen Stabilisierung (also eine Verbesserung der Kornzusammensetzung). Für Böden mit einem körnigen Traggerüst sind aber als Bindemittel Zement, Teer oder Bitumen besser geeignet. Die Kiestrans-

porte können dadurch um 50 bis 70% reduziert werden. Diese Einsparung an Transporten ist auf Tafel 5 ebenfalls dargestellt. Diese Transporteinsparung wirkt sich auch zugunsten der bereits früher gebauten Straßen aus, welche als Zufahrtsstraßen vielfach benutzt werden müssen. Zudem wirkt sich die Stabilisierung auch auf die Qualität der Straße und auf die Baukosten positiv aus.

Wird Kies nämlich ohne Stabilisierung des Planums eingebracht, findet eine Durchmischung von Untergrund und Kies-Sand-Tragschicht statt, wodurch das Befestigungsmaterial in seiner Tragfähigkeit verschlechtert und frostgefährdet wird. Nicht selten wird der Untergrund zwischen den Radspuren der Lastwagen durch 80 bis 100 cm Kies bis an die Oberfläche gequetscht. Die stabilisierte Schicht verhindert eine Durchmischung sowie auch das Aufsteigen von Wasser, weil die Kapillarität weitgehend unterbunden wird.

Aus dem Gesagten zeigt sich, daß die Verwendung von Stabilisierungsmitteln im Erdbau sich auch vorteilhaft auf die Befestigung der Straße selbst auswirkt. Der Kieskoffer kann aus finanziellen (wirtschaftlichen) Gründen nämlich nur in seltensten Fällen bis auf Frosteindringtiefe verstärkt werden. Wenn es daher gelingt, die Frostempfindlichkeit des Baugrundes selbst auf ein Minimum zu reduzieren, dann müssen die Schichten aus frostsicherem Material nicht stärker ausgehalten werden als es die Tragfähigkeit verlangt.

Die klimatischen Verhältnisse im Waldinnern unterscheiden sich bekanntlich stark vom Klima des Freilandes. Einerseits sind die Temperaturextreme viel weniger ausgeprägt als im Freiland, anderseits ist aber die relative Luftfeuchtigkeit im Walde viel höher. Zudem werden Schneeräumungen auf Waldstraßen nur in seltensten Fällen gemacht, so daß der Schnee mit seiner isolierenden Wirkung den Frost weniger weit eindringen läßt. Temperaturmessungen haben ergeben, daß auf Waldstraßen der Frost im Februar 1963 im Gemeindewald von Murgenthal bis zu 90 cm eindrang, während er im Wägital bei einer Schneeschicht von 70 cm «nur» 50 bis 60 cm eindrang. Aber selbst «nur» 50 bis 60 cm dicke Kies-Sand-Tragschichten sind auf abgelegenen Baustellen bei heutigen Kiespreisen von Fr. 40.—/m³ und mehr nicht mehr zu verantworten.

Die Fahrbahn der Waldstraßen ist bis vor wenigen Jahren ausschließlich als sogenannte Naturstraße ausgebildet worden. Die Oberflächenschicht der Naturstraße, welche aus einer ton-wasser-gebundenen Verschleißschicht gebaut ist, hat kleine Erstellungskosten und kann mit geeigneten Maschinen billig unterhalten werden, wenn die Niederschläge nicht mehr als etwa 1200 mm betragen. Die hohe Luftfeuchtigkeit im Walde bindet mit den notwendigen Tonmineralien die Kies- und Sandkörner mit Hilfe der Verdichtung zu einer wenig durchlässigen Schicht zusammen. Eindeutig ist die hohe Luftfeuchtigkeit für die Naturstraßen von großem Vorteil, denken wir dabei nur an die geringe Staubentwicklung. Wie sich aber die hohe Luftfeuchtigkeit auf Kunstbeläge aller Art auswirkt, wissen wir noch nicht.

Solche Beläge müssen aber auf steilen Straßen (etwa ab 8 %) in Gebieten mit 1500 mm und mehr Niederschlägen gebaut werden, weil die Erosions-schäden an der Naturstraße so groß werden, daß die Unterhaltskosten nicht mehr tragbar sind. Es ist dabei nicht zu vergessen, daß die Erstellungskosten jedes künstlichen Belages um das Mehrfache höher sind als die der ton-wasser-gebundenen Verschleißschicht. Zudem müssen auch die künstlichen Beläge aller Art unterhalten werden. Wir sind dabei bestrebt, den Vertikal-aufbau einer Waldstraße so zu gestalten, daß die Baukosten und kapitalisierten Unterhaltskosten ein Minimum werden. So einfach es ist, dieses Kriterium aufzustellen, so schwierig ist es, die notwendigen Zahlen und Ergebnisse aus Laboratoriumsversuchen und aus Versuchsstrecken im Maßstab 1:1 zu erhalten. Die besonderen klimatischen Verhältnisse, besonders die hohe Luftfeuchtigkeit, die besonders geartete Beanspruchung der Fahrbahnoberfläche der Waldstraße durch das Rücken von Holzstämmen, die Straße als Aufbereitungsplatz usw. ergeben eine Beanspruchung der Fahrbahnoberfläche, die sonst nirgends anzutreffen ist.

Die Bauausführung selber bringt sehr viele Probleme: Für den Waldstraßenbau eignen sich nicht alle Maschinen, die im großen Straßenbau eingesetzt sind, obwohl sie von vielen Unternehmern gern eingesetzt werden. Auf alle Fälle wollen wir nicht wegen der Baumaschine extra breite Straßen bauen. Der umliegende Waldbestand ist dabei unter allen Umständen zu schonen und zu schützen. Besonders wir als Förster haben bei unserem Straßenbau im Walde den Erbauern großer Straßen ein Beispiel vorzudemonstrieren, indem wir zeigen, daß beim Bau von Straßen durch den Wald dieser nicht unbedingt auf eine breite Fläche zerstört oder beschädigt werden muß.

Je mehr Waldstraßen gebaut werden, um so wichtiger wird die Frage der rationellen Unterhaltung. Wie schon ausgeführt, halten wir es als volks-wirtschaftlich richtig, wenn Baukosten und kapitalisierte Unterhaltskosten ein Minimum ergeben. Wir rechnen also schon zum vornherein mit Unterhalt und sind daher bestrebt, die Straßen so zu bauen, daß sie möglichst leicht und rationell unterhalten werden können. Ein Unterhalt von Hand kommt bei den immer länger werdenden Straßenstrecken und bei den wenigen noch zur Verfügung stehenden Arbeitskräften nicht mehr in Frage. Also müssen die Straßen so gebaut werden, daß sie maschinell mit leistungsfähigen Planier- und Verdichtungsgeräten instand gehalten werden können.

4. Forschung und Lehre

Die besonderen Merkmale der Waldstraßen, die neuartigen Probleme und die rasche Entwicklung im Bauwesen bestimmen weitgehend Forschung und Lehre auf dem Gebiete des forstlichen Straßenbaus. Im forstlichen Straßenbau stehen der Forschung noch große Aufgaben bevor. Denn es fehlen für den wirtschaftlichen Aufbau einer Waldstraße noch sehr viele

Grundlagen. Die neuen Verfahren der Bodenstabilisierung sind kosten-
sparend, und weil im Waldstraßenbau die Investitionen in wirtschaftlichen
Grenzen bleiben müssen, sind wir speziell auf diese Verfahren angewiesen.
Wie weit diese neuartigen Methoden es aber erlauben, den anstehenden
Boden zu verbessern und als selbständige Oberbauschichten auszubilden,
hat die Forschung abzuklären. Insbesondere ist zu untersuchen, um wieviel
die Tragfähigkeit eines Bodens wirtschaftlich verbessert werden kann und
wie sich diese stabilisierten Schichten dem Frost gegenüber verhalten. Wie
schon ausgeführt, kommen vermehrt neue Stabilisierungsmittel auf den
Markt. Es ist Aufgabe der Forschung, diese für unsere speziellen Boden-
verhältnisse zu untersuchen und deren Wirtschaftlichkeit abzuklären. Kei-
neswegs dürfen wir den Anschluß in der internationalen Entwicklung auf
diesem Gebiete verpassen.

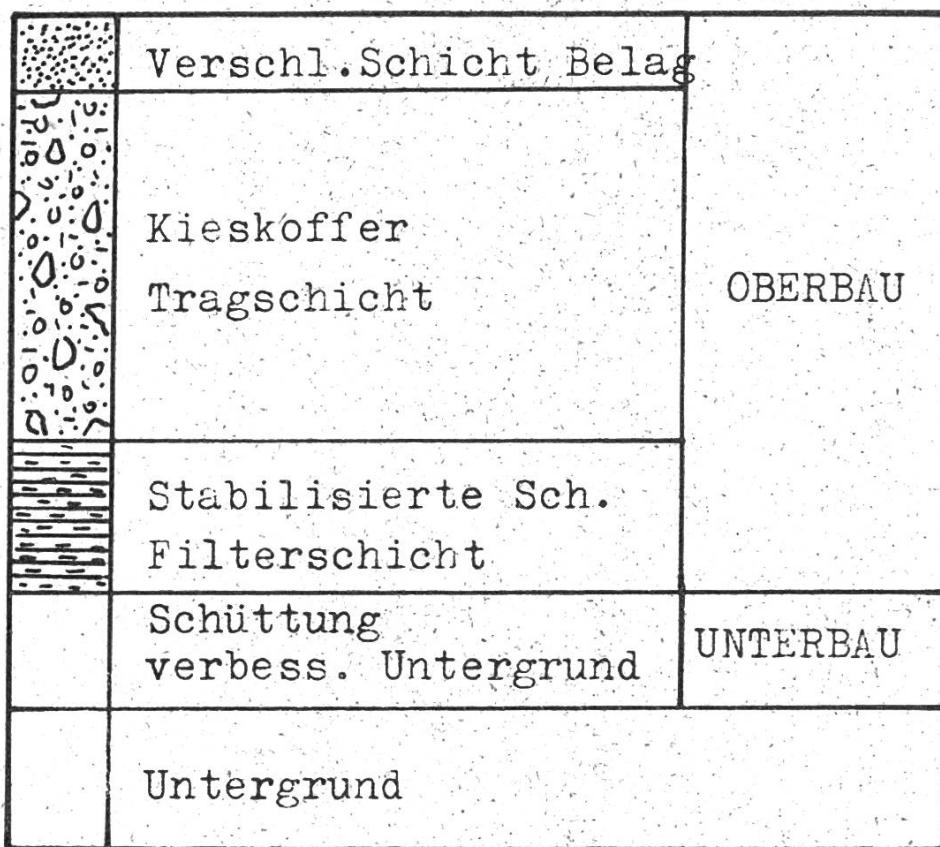


Fig. 6
Aufbau der Straße

Im Vertikalaufbau fehlen für die Planie jeder Schicht Größenordnungen zu erreichender Tragfähigkeitswerte. Es liegt auf der Hand, daß die Tragfähigkeit des anstehenden Bodens in engster Relation steht mit der notwendigen Dicke des Oberbaues. Diese wechselseitigen Beziehungen in allen ihren Zusammenhängen sind für Straßen mit sehr geringem Verkehr meines Wissens noch nirgends untersucht worden. Besonders aber ist die grundsätz-

liche Eignung der bisher auf Waldstraßen nicht verwendeten künstlichen Beläge abzuklären und auch zu untersuchen, welche Tragfähigkeit die Kies-Sand-Tragschicht haben muß, damit die Beläge ohne Schaden zu nehmen aufgebracht werden können. Den Einwand, daß wir Zahlen und Werte vom großen Straßenbau übernehmen können, dürfen wir nicht gelten lassen, weil die Stärken dieser Beläge auf Waldstraßen nur einen Bruchteil ausmachen dürfen und weil die Oberfläche der Beläge bei uns durch das Holz viel stärker beansprucht wird.

Diese Untersuchungen können nicht nur im Labor allein gemacht werden, sondern sie sind auf Versuchsstrecken im Maßstab 1:1 zu erproben. Das bedingt eine intensive Zusammenarbeit mit der forstlichen Praxis, die sich ja in den letzten Jahren bereits fruchtbringend angebahnt hat.

Bis 1950 stand beim forstlichen Projekt die Geometrie der Straße im Vordergrund. Der Aufbau für die wenig beanspruchten Straßen war überall mehr oder weniger der gleiche, so daß in der Vorlesung auf dieses Kapitel nicht näher eingetreten werden mußte. Ohne Zweifel haben heute die Plangrundlagen: Situation, Längenprofil, Querprofile, Massenberechnung und Massenausgleich noch große Bedeutung. Im forstlichen Straßenprojekt sind aber eindeutig auch die geotechnischen Eigenschaften des Bodens als Baugrund und als Baustoff festzuhalten und genaue Angaben über Beschaffungsmöglichkeiten und Qualität des Tragschichtenmaterials und der Decke zu machen. Deshalb muß der forstliche Straßenbauer in Bodenmechanik und in Bodenstabilisierung unterrichtet werden. Er muß den Boden beurteilen und die möglichen Verbesserungen erkennen können.

Im modernen Straßenbau spielt die Verdichtungstechnik eine sehr große Rolle. Je besser verdichtet die einzelnen Schichten des Unter- und Oberbaues einer Straße sind, um so tragfähiger ist sie und um so weniger Schäden treten auf. Aus diesem Grunde muß über die Wirkungsweise und über die Wahl der für uns brauchbaren Verdichtungsgeräte gesprochen werden. Dies um so mehr, weil vom großen Straßenbau her bei uns gern allzu tiefwirkende Geräte eingesetzt werden und darum eher verschlechtert als verbessert wird.

Nach wie vor haben praktische Übungen die Vorlesungen zu ergänzen, wozu in Exkursionen und in einem 3wöchigen Baukurs bestens Gelegenheit gegeben ist.

Die moderne Straßenbautechnik erfordert in vielen Beziehungen eine völlige Umstellung. Die Ausführung der großen Arbeitsprogramme verlangt mit Rücksicht auf das rasche Arbeitstempo und die hohen Betriebskosten der Maschinen eine äußerst gewissenhafte technische Einsatzorganisation. Aus diesem Grunde darf der moderne forstliche Straßenbau nicht mehr einem routinierten Vorarbeiter oder Unterförster überlassen werden, sondern er wird im wahrsten Sinne des Wortes zur Ingenieurarbeit, die ein hohes Maß an Kenntnissen und an selbständiger Entschlußfähigkeit voraussetzt.

Résumé

Problèmes de la construction routière en forêt

Dans son introduction, l'auteur analyse les particularités des buts, de la planification et de la construction des routes forestières par rapport aux autres réseaux routiers officiels. Les 25 000 km au moins de routes forestières qu'il reste encore à construire, montrent quels seront les frais élevés que l'économie forestière devra mettre à disposition de cette tâche.

Dans la desserte des régions forestières des Préalpes que l'on a déjà entrepris, on s'est trouvé dans bien des cas sur des sols détremplés, à faible capacité portante et sur lesquels nos méthodes traditionnelles de construction routière ne sont pas rentables du point de vue économique.

On peut améliorer ces sols à l'aide des méthodes modernes de stabilisation. Ce ne sont ni les machines, ni les procédés de stabilisation qui manquent pour exécuter économiquement ce travail d'amélioration du sol en place.

La capacité portante d'une route dépend en bonne partie de la stabilité du sol en place. On peut donc, comme les expériences l'ont montré, diminuer de plus de la moitié les dimensions des couches de support après une stabilisation du sol en place. On économise par là d'énormes sommes et en même temps on fait diminuer sensiblement le transport de chantier qui causait passablement de dégâts sur la route elle-même et sur les routes d'accès.

Le principe de base que les frais de construction et les frais d'entretien capitalisés doivent être minimum, ne permet plus actuellement d'exécuter des couches de fermeture en sable d'agrégation dans les régions à fortes précipitations, là où les pentes des routes sont fortes. Dans ces régions il faut construire des revêtements artificiels pour remplacer les routes dites naturelles. La recherche a pour tâches de justifier ces méthodes et d'étudier l'évolution des frais pour ces revêtements aux nouvelles sollicitations de nos routes. La technique routière s'est développée avec une telle rapidité qu'il est absolument nécessaire de changer nos méthodes d'enseignement et de recherche. Celle-ci doit encore trouver les principes généraux qui régissent ces nouvelles méthodes de construction, par exemple en ce qui concerne le dimensionnement et la forme que doivent avoir les différentes couches qui forment le corps de nos routes.

Si l'on veut pouvoir construire des routes sur des principes modernes, il faut que nos ingénieurs forestiers reçoivent un enseignement non seulement dans la technique du tracé, mais encore en mécanique et en stabilisation des sols.

tr. J-Ph. Schütz

Literatur

Backmund F.: Forstvermessung und Walderschließung als Lehr- und Forschungsaufgabe

Bagdasarjan B.: Das generelle Wegnetz im Lehrwald der ETH

Bauer W.: Der forstliche Wegebau in der Schweiz

Feuchter A.: Stabilisierung bindiger Böden mittels komplexer, metallisch organischer Salze (Terrabind-Verfahren)

Greiss G.: Mechanisierung des Forstwegebaues