

Erfahrungen mit Bodenstabilisierung

Autor(en): **Greiss, G.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **113 (1962)**

Heft 8-9

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-768040>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Erfahrungen mit Bodenstabilisierung¹

Von G. Greiss, München

Oxf. 383.4

Sehr geehrter Herr Präsident des Schweizerischen Forstvereins,
sehr geehrte Herren,

ich darf mich zunächst für die Einladung zu Ihrer Jahresversammlung vielmals bedanken und zum Ausdruck bringen, daß es für mich eine besondere Freude ist, als Gast an dieser Veranstaltung teilzunehmen, da mich nun schon seit einigen Jahren freundschaftliche Kontakte mit dem eidgenössischen Waldwegebau verbinden, dessen hervorragende Tradition schon von jeher internationale Hochachtung genießt.

Die alpenländische Schweiz ist ein zauberhaft schönes Land. Aber keine Rose ohne Dornen: Diese zauberhafte Romantik der Bergwelt, la montanara, ist mit schwierigsten Erschließungsverhältnissen verbunden, die an die verantwortlichen Wegebauplaner und Wegebautechniker höchste Anforderungen stellen. Doch gerade der Umstand, daß man hier schon immer gezwungen war, unter härtesten Bedingungen zu arbeiten, hat wohl dazu beigetragen, daß der schweizerische Wegebau einen so hohen Leistungsstand erreicht hat.

Meine sehr geehrten Herren, wir alle wissen, daß die berühmten Löcher im Schweizer Käse ein besonderes Qualitätsmerkmal darstellen. Wir können aber andererseits mit allem Respekt dokumentieren, daß dieses Qualitätsmerkmal keinesfalls auch für die schweizerischen Straßen gilt, auf denen man nur noch ausnahmsweise Schlaglöcher vorfinden kann, so vielleicht noch auf einigen Hochpässen, wo sie aber offensichtlich zur Verhinderung eines übermäßigen Fremdenverkehrs dienen und wohl noch seit Goethes Reise durch die Alpen unter Naturschutz stehen.

Die schweizerischen Kollegen zählen jedenfalls, ebenso wie unsere eigenen Kollegen aus Baden-Württemberg, zu den anerkannten Klassikern im Waldwegebau, die im Rahmen der konventionellen Bauweisen mit altemannischer Präzision und Perfektion zweifellos Mustergültiges geleistet haben.

Aber das Rad der Zeit steht nun einmal nicht still. *Tempora mutantur et nos mutamur in illis*. Wir leicht ergrauten Europäer sehen uns inmitten von

¹ Vortrag, gehalten an der Jahresversammlung des Schweizerischen Forstvereins 1962.

politischen Großmächten und fortschrittlichen Entwicklungsländern in weltweite wirtschaftliche und vor allem auch technische Entwicklungen hineingestellt, die über uns hinweggehen, wenn wir nicht bereit und in der Lage sind, rechtzeitig einzusteigen und mitzumachen.

So sehen wir, daß sich auch im Straßenbau gleichsam eine technische Revolution vollzieht oder daß sich zumindest neue Probleme ergeben, mit denen wir irgendwie fertig werden müssen. Mit der Einführung arbeitskräftesparender, hochleistungsfähiger Baumaschinen bahnen sich *verfahrenstechnische Neuerungen* an, die in vielfacher Hinsicht ein totales Umdenken verlangen und auch unsere routiniertesten Fachleute vor völlig neue Aufgaben stellen, von denen sich unsere bisherige Schulweisheit nichts träumen ließ. Vorerst fehlen uns noch mehr oder weniger eigene Erfahrungen und Lehrbücher oder Vorschriften. Wir müssen also noch vielfach experimentieren und improvisieren, das heißt auch Risiko und Verantwortung übernehmen. Und da ist es sicher gut, wenn wir uns bei unseren Experimenten gegenseitig in die Karten schauen, um aus möglichst vielseitigen Erfahrungen zu lernen. Dies hat nunmehr in den letzten Jahren zu einem intensiven *Erfahrungsaustausch* geführt, der sich erfreulicherweise zunehmend auch auf internationaler Ebene abspielt.

Wir haben aber immerhin den großen Vorteil, daß uns bereits jahrzehntelange Pionierarbeiten und ausgereifte Erfahrungen der Amerikaner zur Verfügung stehen. Wir können dieses amerikanische Vorbild allerdings nicht unmittelbar übernehmen, sondern nur für unsere Zwecke auswerten, wobei wir uns vor allem auf die Ergebnisse der Grundlagenforschung stützen sollten. Ich habe vor kurzem in der «Neuen Zürcher Zeitung» gelesen, daß man Amerika kopieren — aber nicht kopieren soll.

Was nun in diesem Zusammenhang die verehrliche Schweiz betrifft, so wird man gerade am Beispiel der Wegebau-Operationen im Bereich des Kantonsobersorforstamtes Schwyz feststellen können, wie man hier in kluger und nüchterner Beurteilung der gegebenen Voraussetzungen und mit größter Gewissenhaftigkeit daran geht, die neuesten Forschungsergebnisse zu überprüfen und die Anwendung moderner Baumethoden in der Praxis vorzubereiten und einzuführen.

Im Mittelpunkt des Interesses bei den modernen Straßenbaumethoden stehen zweifellos die sogenannten *Stabilisierungsverfahren*, und ich möchte nun im Rahmen meiner kurzen Ausführungen versuchen, wenigstens einige wesentliche Grundprobleme dieser Verfahren herauszustellen.

Zunächst einmal wird man davon ausgehen müssen, daß es sich bei den Stabilisierungsverfahren nicht etwa, wie vielleicht manche glauben, um irgendwelche surrealistische Extratouren oder Geheimrezepte handelt, sondern ganz schlicht und einfach um die Tatsache, daß wir im Zeitalter des allgemeinen technischen Fortschrittes unausweichbar gezwungen sind, auch die Straßenbauarbeiten bis ins Letzte zu *mechanisieren*, und daß wir aus

diesem Grund *neue Verfahren* entwickeln müssen, die es erlauben, möglichst alle Arbeitsvorgänge maschinell auszuführen. Wir haben es also mit einer offensichtlichen Wechselbeziehung zwischen einer Mechanisierung und den hierfür geeigneten Bauverfahren zu tun, wobei gleichzeitig auch *konstruktive Verbesserungen* angestrebt werden, die den besonderen Anforderungen des modernen beziehungsweise künftigen Straßenverkehrs Rechnung tragen sollen.

Der Akzent liegt aber eindeutig bei der *Mechanisierung*. Wir werden in Zukunft — genau wie heute schon in Amerika — für den Straßenbau keine Handarbeiter mehr zur Verfügung haben oder viel zu hohe Arbeitslöhne bezahlen müssen. Es ist nun einmal so, daß der «handgenähte» Stiefel zum exklusiven Luxusartikel wird, den sich ein gewöhnlicher Sterblicher einfach nicht mehr leisten kann. Und so wird man die menschliche Arbeitskraft in rationeller Weise nur noch dort einsetzen können, wo ausgebildete Facharbeiter automatische Industrieanlagen steuern oder hochleistungsfähige Maschinen und Geräte bedienen. Man kann sich heute schon einigermaßen vorstellen, was einmal auf uns zukommen wird, wenn man zum Beispiel beobachtet, wie an amerikanischen Baustellen gentleman-Neger aus ihren Cadillacs unmittelbar auf Motorgrader oder sonstige Baumaschinen umsteigen und wie dort niemand bereit wäre, etwa eine Schaufel in die Hand zu nehmen. Es ist ja auch bei uns schon so weit, daß Sie zwar jedes industriell hergestellte Erzeugnis in unbegrenzten Mengen kaufen können, daß Sie aber monatelang darauf warten müssen, bis Seine Majestät der Handwerker zu Ihnen ins Haus kommt und daß Sie einen Installateur vergeblich auf den Knien bitten, Ihren tropfenden Wasserhahn zu reparieren.

Daraus folgt nach Adam Riese auch für den Wegebau klipp und klar, daß wir alles tun sollten, um

1. *die Herstellung der Wege im vollen Umfang zu mechanisieren und*
2. *auch eine maschinelle Instandhaltung zu ermöglichen, beziehungsweise die Wege so gut zu befestigen, daß man sie mit einem Minimum an Aufwendungen unterhalten kann.*

Vor allem das *Unterhaltsproblem* dürfte gerade bei ländlichen Wegen eine ausschlaggebende Rolle spielen. Auch wenn diese vergleichsweise untergeordneten Wege nur wenig unter Verkehrsbeanspruchung zu leiden haben, so sind sie doch in besonderem Maße den schädlichen Einwirkungen des Klimas und vor allem des Wassers ausgesetzt, weil sie nur in billigster Weise befestigt werden können. Dabei handelt es sich um weitverzweigte und in ihrem Gesamtstreckenausmaß umfangreiche Wegesysteme, deren Unterhalt, wenn er ordnungsgemäß erfolgt, Jahr für Jahr enorme Summen verschlingt. Bekanntlich werden die verfügbaren Wegebaumittel zum größten Teil für laufende Instandsetzungen verbraucht, was zur Folge hat, daß nur wenig Geld für den weiteren Ausbau übrig bleibt und ein eigentlicher Fortschritt

verhindert wird. Abgesehen davon, daß zum Beispiel bei landwirtschaftlichen Güterwegen in der Regel kein Mensch weiß, ob überhaupt oder von wem sie letzten Endes unterhalten werden. Die beste Vorsorge für eine lange Lebensdauer der Wege ist aber, wie schließlich bei jedem Bauwerk, eine gute *Fundamentierung*, für die man mit bestem Gewissen einen hohen Prozentanteil des vorhandenen Geldes investieren sollte, weil solche Investitionen — wie die Amerikaner sagen — höchste Dividenden bringen. Eine bestmögliche Fundamentierung ist aber gerade das, was durch die Methoden der Bodenstabilisierung in erster Linie angestrebt wird. Und damit komme ich nun zu meinem eigentlichen Thema.

Wenn ich dabei wieder voraussetze, daß der Akzent bei der Mechanisierung liegt, so kann ich wohl davon ausgehen, daß sich jedes Material grundsätzlich dann am besten mechanisch verarbeiten läßt, wenn es bis zu einem bestimmten Grad *zerkleinert* oder verflüssigt wird. Ich darf, um nur einige «hölzerne» Beispiele zu nennen, auf die Verarbeitung von Zellstoff und Holzfasern hinweisen. Übertragen auf den Wegebau wissen wir, daß sich grobes Gestein maschinell nur schwer bewegen und einbauen läßt. Es ist deshalb naheliegend, das Gestein entsprechend zu zerkleinern oder aber, so man hat, von Natur aus feinkörniges Material wie Kies und Sand zu verwenden. Erfahrungen in der Praxis haben gezeigt, daß Korngrößen mit einem Durchmesser bis zu 40 mm und maximal bis zu 70 mm noch maschinell eingebaut werden können. Es hat sich außerdem herausgestellt, daß körniges Material um so besser einzubauen ist, je kleiner die Körnungen sind, und daß schließlich die Tragfähigkeit eines Wegekörpers nicht von der Verwendung möglichst großer Steinbrocken abhängt, wie man früher glaubte, sondern vielmehr davon, daß möglichst gut abgestuftes Kornmaterial verwendet wird, das sich hohlraumarm einbauen und verdichten läßt. So haben wir zum Beispiel feststellen können, daß Wege, die nur aus Sandmaterial gebaut wurden, sogar besonders leistungsfähig sind, sofern das Korngerüst gut abgestuft und hohlraumarm verdichtet ist.

Maßgebend für die Tragfähigkeit körniger Schichten ist der sogenannte innere *Reibungswiderstand*, der im hohlraumarmen Korngerüst durch dichte Lagerung erhöht wird. Das Korngerüst muß aber noch durch ein Bindemittel ausreichend *verkittet* sein und zwar vor allem in der oberen Deckenschicht, in der das Kornmaterial sonst seitlich ausweichen könnte. Als Bindemittel dient bei der rein mechanischen Stabilisierung ein bindiges, das heißt tonhaltiges Bodenmaterial, also ein natürlicher Tonbinder. Im übrigen kommen industriell hergestellte Bindemittel, wie zum Beispiel Teer, Bitumen und Zement, in Frage. Im Grunde genommen handelt es sich bei der Stabilisierung von körnigem Material um nichts anderes als um das bekannte und bewährte Betonprinzip, weshalb man zum Beispiel bei der rein mechanischen Stabilisierung auch von «Tonbeton» oder neuestens — wenn auch etwas unlogisch — von «Mineralbeton» spricht.

Es ist in diesem Zusammenhang ganz interessant und aufschlußreich, die Entwicklung vom Pflasterstein zum abgestuften Korngerüst historisch zu verfolgen. Die Römer oder irgendein anderes Volk aus dem klassischen Altertum haben mit dem Bau von Pflasterstraßen begonnen. Die nächste Entwicklungsstufe war die von Hand eingebaute «Setzpacklage». In neuester Zeit folgen dann als schon teilweise mechanisierte Bauweisen die «Schütt-packlage» sowie der «Rüttelschotter», die aber nur einen Übergang zur vollmechanisierten Stabilisierung beziehungsweise zum «Mineralbeton» darstellen.

Zwischen dem konventionellen Betonbegriff und dem betonartig stabilisierten Korngerüst besteht nun allerdings insofern ein prinzipieller Unterschied, als stabilisierte Korngerüste wesentlich *niedrigere Festigkeitswerte* haben, beziehungsweise haben sollen, und damit wesentlich elastischer und nicht so starr sind wie der übliche Zementbeton und Teer- oder Asphaltbeton. Gerade dies liegt aber im Sinne des Erfinders und bedeutet wohl einen der größten Fortschritte im Straßenbau, weil man nunmehr mit Hilfe der Stabilisierungsverfahren in der Lage ist, *flexible Straßenkörper* herzustellen, die den dynamischen Beanspruchungen des modernen Verkehrs weit besser gewachsen sind als die bisherigen mehr oder weniger starren Konstruktionen. Der Straßenkörper wird nunmehr schichtenweise so aufgebaut, daß die Festigkeit der Schichten nach einem festgelegten System von oben nach unten in kontinuierlichen Übergängen abnimmt oder, mit anderen Worten, daß die einzelnen Schichten nach unten zunehmend flexibler werden, wobei sich die unterste Schicht nahezu in gleicher Weise flexibel verhalten soll wie der weiche Untergrund. Dadurch wird eine *optimale Druckverteilung* erreicht, das heißt der Lastdruck wird nach unten zu auf eine möglichst breite Fläche verteilt, was zur Folge hat, daß die durch den schnellen Verkehr entstehenden Schwingungsstöße elastisch aufgefangen und gedämpft werden, beziehungsweise im weichen Untergrund unschädlich auslaufen und nicht reflektiert werden können. Es ist immer wieder faszinierend festzustellen, wie stabilisierte Wirtschaftswege trotz geringer Befestigungsdicke dank ihres elastischen Verhaltens vorübergehend auch schwerste Transportbelastungen und schnelles Befahren aushalten. Am eindrucksvollsten ist der Effekt bei ausgesprochenen Weichböden, also beispielsweise bei Ihrem berühmten Schwyzer Flysch oder beim Schlick in den Marschgebieten sowie auf Moor, wo es wesentlich darauf ankommt, daß der Wegekörper selbst eine möglichst geringe Last darstellt, weil sonst die Gefahr besteht, daß das Gesamtgewicht aus Wegekörper plus Fahrzeuglast im nachgebenden Untergrund versinkt oder am Hang ins Rutschen kommt. Stabilisierte Schichten erweisen sich infolge günstiger Druckverteilung schon in geringer Dicke als genügend tragfähig, zumal sie bei homogener Dichtlagerung eine gewisse Plattenwirkung ausüben, während gröberes und gleichförmiges Material hoffnungslos im Weichboden untergeht. Man hat zum Beispiel in Holland festgestellt,

daß an einer Stelle pro Laufmeter Straße bereits 25 Kubikmeter immer wieder nachgefülltes Schottermaterial im Moorboden verschwunden war. Ich glaube, wir haben hier äußerst wichtige Gesichtspunkte, die bisher vielleicht noch zu wenig beachtet wurden.

Soweit man es nun — wie bisher besprochen — mit körnigem Material, also mit Kies, Sand oder gebrochenem Steinmaterial zu tun hat, wozu man sich gratulieren kann, wird man bei ländlichen Wirtschaftswegen normalerweise mit einer *rein mechanischen Stabilisierung* auskommen und, abgesehen von den Fahrbahndecken, meist keine industriellen Bindemittel benötigen. Um aber die Leistungsfähigkeit von körnigem Material voll auszunützen und um einen wirklichen Erfolg zu erzielen, muß man es doch verstehen, mit Kies, Sand usw. in der richtigen Weise umzugehen. Dabei wären nach unseren bisherigen Erfahrungen in baustoffmäßiger Hinsicht vielleicht folgende Gesichtspunkte besonders zu beachten :

1. Jedes Kornmaterial sollte, vor allem soweit es für obere Schichten bestimmt ist, möglichst nach der sogenannten Fullerkurve *abgestuft* sein und in einem günstigen Körnungsbereich liegen, was sich nach Maßgabe von Erfahrungsunterlagen durch einfache Absiebungen feststellen läßt. Man sollte tatsächlich keine Mühe scheuen, um möglichst gut abgestuften Grubenkies oder aber auch Gehängeschutt ausfindig zu machen und unter Umständen sogar höhere Antransportkosten in Kauf nehmen. Es rentiert sich auch, gegebenenfalls verschiedenes Kiesmaterial, sofern es sich in der Kornabstufung sowie im Tonbindergehalt ergänzt, zu mischen, was auf der Baustelle keine besondere Mehrarbeit verursacht. Ich habe das erst in letzter Zeit im Kiesgebiet bei München selbst praktizieren können, weil wir in meinem früheren Arbeitsgebiet, im «Kanton» Mittelfranken leider keinen Kies hatten, und ich war von dem guten Ergebnis solcher Kiesmischungen überrascht. Es ist auch daran zu denken, die Übergrößen beim Aufladen abzusieben und den abgesehenen Grobkies zu brechen, wobei man das kleinkörnig gebrochene Material zur Ergänzung des Rundkieses, das heißt für eine Kornverbesserung, verwenden kann. Hat man aber eine leistungsfähige transportable Brechanlage zur Verfügung, so sollte man schlecht abgestuften Grubenkies möglichst gleich im Gesamten brechen, weil man dann durchweg die gewünschte Kornabstufung erhält und weil außerdem das gebrochene Material durch bessere Verzahnung und größeren Reibungswiderstand eine wesentlich höhere Tragfähigkeit ergibt als rundes Kiesmaterial. Die zusätzlichen Kosten für die Brecharbeiten werden dadurch überkompensiert, daß man die Verwendung von Brechkorn in erheblichem Maße an der Schichtendicke und damit an Materialbedarf einsparen kann. Selbstverständlich rentiert sich der Einsatz solcher Brechanlagen nur bei entsprechend großem Bauvolumen.

Wir haben uns im übrigen angewöhnt, bei ländlichen Wirtschaftswegen für Tragschichten sogenanntes «0/40er-Material», das heißt Körnungen von 0 bis 40 mm zu verwenden — beim Verkehrsstraßenbau wird für Mineralbeton wegen der größeren Schichtendicke meines Wissens Kornmaterial bis zu 55 mm verwendet — und für Verschleißdecken, wie wir sagen, «0/8/15-Material» oder mit anderen Worten Körnungen 0/5, 0/8 oder 0/15 mm.

Will man aber für unbedeutende Nebenwege, zum Beispiel für forstliche Zubringerwege, keine besonderen Aufwendungen machen, so kann man schließlich auch weniger gut abgestuftes Kiesmaterial verwenden. Nur sollte man dann etwas dickere Schichten einbauen und auch das Deckenprofil noch mehr wölben, damit das Oberflächenwasser auch an unebenen Stellen gut abfließen kann. Im übrigen sollten gröbere Kiesstücke, die durch den Verkehr immer wieder gelockert an die Oberfläche gelangen, im Zuge der laufenden Unterhaltsmaßnahmen entfernt werden, was am besten durch einen leichten Motorgrader erfolgt, wobei sich dann im Laufe der Zeit ganz von selbst eine richtige Kornabstufung und eine gute Befahrbarkeit ergibt. Auf diese Weise hat man vor allem in den nordischen Ländern, auch in den USA, sogar wichtige Verkehrsstraßen, zum Beispiel die Alaskastraße, allein durch ständigen Gradereinsatz und durch die Verkehrsverdichtung in einen guten Verkehrszustand gebracht. Und es ist wirklich nicht zu verantworten, daß unsere Kieswege oft noch in einem jammervollen Zustand belassen werden, obwohl sie mit dem Motorgrader rasch und billigst in Ordnung gebracht werden könnten.

Wenn ich es als einen besonderen Fortschritt bezeichnet habe, daß sich mit Hilfe der Stabilisierungsverfahren flexible Straßenkörper herstellen lassen, so bezieht sich dieser Fortschritt natürlich in erster Linie auf Straßen in flachem Gelände, auf denen in schnellem Tempo gefahren wird und wo deshalb vor allem dynamische Beanspruchungen auftreten. Vielleicht erklärt sich daraus, daß die flexiblen Bauweisen in der gebirgigen Schweiz zunächst wenig Gegenliebe gefunden haben. Bei *steilerem Gefälle* liegen andere Verhältnisse vor als in der Ebene, weil es sich hier weniger um dynamische, sondern vielmehr um *statische* Verkehrsbeanspruchungen handelt. Es wird langsamer gefahren, es wird gebremst und des öfteren wieder angefahren, und beim Abwärtsfahren kommen erhebliche Schubkräfte zur Auswirkung. Es empfiehlt sich deshalb, im steileren Gefälle etwas gröberes Material mit Größtkorn bis zu 70 mm zu verwenden. Vielleicht sollte man auch überlegen, bei schmalen Wirtschaftswegen im Gebirge die Tragschichten vorerst noch aus Rüttel-schotter oder Rüttelkies herzustellen, wobei Splitt und Brechsand in das gröbere Material eingerüttelt wird. Man braucht dazu keinen größeren Maschinenpark, da kleinere Rüttelgeräte genügen. Die Erfahrung hat

allerdings gezeigt, daß sich auch normal kornabgestufte Tragschichten ohne weiteres in Steilstrecken bestens bewähren, wenn sie vorschriftsgemäß mit wasserabweisendem Profil eingebaut sind. Ich habe zum Beispiel im Solothurner Jura sehr steile Holzfuhwege gesehen, die aus feinkörnigem Gehängeschutt mit günstiger Kornverteilung hergestellt waren und sich überraschend gut gehalten haben.

2. Bei der rein mechanischen Stabilisierung muß das Kornmaterial, auch wieder vor allem in den oberen Deckenschichten, *leicht bindig* sein, das heißt einen genügenden Anteil an verkittendem Tonbinder in homogener Beimischung enthalten. Dieser Tonbinderanteil darf jedoch nicht größer sein als etwa sechs Gewichtsprozente, damit das tonhaltige Material in den Hohlräumen des Korngerüsts bei Wasseraufnahme nicht überquillt und ein Aufweichen vermieden wird. Sofern der notwendige Tonbinderanteil nicht schon von Natur aus vorhanden ist, muß man bindiges Bodenmaterial zumischen, was in der Regel nicht allzu schwierig ist. Nur sollte man beispielsweise in einen sauberen, also nicht bindigen Kies nicht etwa reinen Ton einmischen, weil das viel zu umständlich wäre, sondern am besten Sand- oder Kiesmaterial mit entsprechend hohem Tonbinderanteil. Tongebundene Kiesdecken haben den großen Vorteil, daß der Kies nicht so leicht herausgefahren wird und daß bei wasserabweisend gewölbtem Querprofil Schlaglöcher kaum entstehen können. Solche Decken lassen sich billigst in maschineller Weise mit Gummiradwalzen oder Grader in gut befahrbarem Zustand halten.
3. Bei der rein mechanischen Stabilisierung muß mit besonderer Sorgfalt auf einen *optimalen Wassergehalt* geachtet werden. Der für eine gute Verdichtung erforderliche optimale Wassergehalt läßt sich im Laboratorium durch das Proktorgerät feststellen und an der Baustelle unschwer durch das handliche CM-Gerät überprüfen. Das Wasser, und zwar das entspannte Wasser, ist bekanntlich der größte Feind unserer Wege. Sofern sich das Wasser aber in gespanntem Zustand befindet, das heißt durch Oberflächenspannung gebunden ist, wird es andererseits zum unentbehrlichen Baustoff, da es gleichsam als Haft- oder Bindemittel wirkt. Dies läßt sich deutlich am Beispiel des Küstensandes ansehen, der dort, wo er nicht mehr vom Wasser überflutet wird und völlig trocken liegt, kaum zu befahren ist, weil die Räder durchmahlen, und ebenso wenig trägt, wo er sich dauernd unter Wasser befindet. Wo der Sand aber nur periodisch überspült wird und auf diese Weise optimal durchfeuchtet bleibt, ist er bestens befahrbar und auf solchen Sandstrecken können unter Umständen sogar Automobilrennen veranstaltet werden, wie zum Beispiel am Salt Lake in den USA, wo interessanterweise der hohe Salzgehalt des Wassers noch besonders zur Konservierung der optimalen Feuchtigkeit beiträgt. Wir haben es also mit zweierlei Arten von Wasser zu tun, nämlich mit entspanntem Wasser, das schädlich, und

mit gespanntem Wasser, das nützlich ist. Damit hängt auch wohl das Phänomen des optimalen Wassergehaltes zusammen, der eine ausreichende Menge von gespanntem Wasser verlangt, aber überschritten wird, wenn entspanntes Wasser auftritt.

Es zeigt sich jedoch in der Praxis immer wieder, daß man körniges Material lieber zu naß als zu trocken einbauen sollte. Am besten gelingen in der Regel solche Arbeiten, die bei feuchtem Wetter ausgeführt werden. Ein gewisser Wasserüberschuß verdunstet beim Mischen und Verdichten und auch später noch, wenn die Wegestrecken unter Verkehr liegen. Zu trocken eingebautes Material bindet erst nach ausgiebigen Niederschlägen ab, wobei die Feinanteile genügend eingeschlämmt werden müssen. Es ist aber kaum möglich, die fehlende Feuchtigkeit nachträglich durch künstliche Bewässerung einzubringen. Der optimale Wassergehalt sollte daher von Anfang an gleichmäßig mit eingemischt werden, und er bleibt am ehesten konstant erhalten, wenn das Kornmaterial hohlraumarm verdichtet ist, weil dann nurmehr eine minimale Verdunstung stattfinden kann. Durch Beimischen von hygroscopischen Salzen läßt sich die Konservierung der optimalen Feuchtigkeit erheblich verbessern und auch noch eine zusätzliche Verfestigung erreichen. Für einen guten Erhaltungszustand der Mineraldecken ist es nun einmal von ausschlaggebender Bedeutung, daß die bindigen Feinanteile entsprechend feucht bleiben, weil sie sonst verstauben und damit verlorengehen.

Ich habe mich einmal mit einem Herrn der obersten französischen Straßenbauverwaltung — etwas mühsam in englischer Sprache — unterhalten, der von mir wissen wollte, wie man den Begriff «Stabilisierung» am besten abgrenzen könne. Er selbst vertrat die Auffassung, wenn ich ihn richtig verstanden habe, daß man alle Bauweisen zur Stabilisierung rechnen sollte, bei denen die optimale Feuchtigkeit eine maßgebende Rolle spielt. Und ich möchte glauben, daß eine solche Definition völlig zutreffend ist.

Wenn man nun auch bestrebt sein sollte, im ländlichen Wegebau mit rein mechanischen Stabilisierungen, also mit einfachsten Ausführungen, auszukommen, so werden sich doch immer wieder Verhältnisse ergeben, wo eine nur mechanische Verfestigung nicht mehr ausreicht und es wirtschaftlicher sein wird, industriell hergestellte *Bindemittel* zur Verbesserung von Tragschichten zu verwenden. Dies kommt vor allem in Frage, wenn mit stärkeren Beanspruchungen zu rechnen ist, so auch für steilere Gefällstrecken, oder wenn das verfügbare Kornmaterial nicht der Fullerkurve entspricht. Als Bindemittel für körniges Material kommen *bituminöse oder hydraulische Zuschlagstoffe* in Betracht.

Die *bituminösen* Bindemittel (Teer, Bitumen) haben den Vorzug, daß sie bei genügender Haftfähigkeit sehr gut verkitten und wasserabweisend

wirken und daß sie außerdem optimale flexible Eigenschaften ergeben. Sie können als Emulsionen oder Verschnitte auch in feinkörniges Material an der Baustelle kalt eingemischt werden; solche dünnflüssig gemachten Bindemittel sind aber verhältnismäßig teuer und bezüglich des Einmischens und Abbindens ziemlich wetterabhängig. Da aber heute schon fast überall stationäre Mischanlagen zur Verfügung stehen, wird man wohl immer mehr den Heißeinbau vorziehen. Für ländliche Wege genügt ein Heißbitumen- oder Heißteergemisch von 100 bis 120 kg pro Quadratmeter, das sofort nach dem Verdichten befahren werden kann. Solche Decken sind auch ohne Oberflächenschutz außerordentlich widerstandsfähig und können nur bestens empfohlen werden, da sie im Hinblick auf den geringen Unterhaltsaufwand letzten Endes sogar billiger sein können als rein mechanische Verfestigungen.

Zu den *hydraulischen* Bindemitteln zählt in erster Linie der als ein vorzüglicher Baustoff bekannte Portlandzement. Eine Zementstabilisierung ist verhältnismäßig leicht zu bewerkstelligen; nur müssen die Arbeiten gut vorbereitet und zügig durchgeführt werden, weil der Zement in wenigen Stunden abbindet. Zementstabilisierungen haben überall rasch Anklang gefunden und sich durchaus gut bewährt. Es ist aber zu beachten, daß durch übermäßige Zementzugaben zu starre Schichten entstehen, bei denen die Gefahr besteht, daß sie auf nachgebendem Untergrund bei stärkerer Belastung reißen oder durchbrechen, sofern sie nicht in genügender Dicke eingebaut sind. Man sollte also die Zementbeimischung möglichst an der unteren Grenze halten, damit die Tragschichten einigermaßen elastisch bleiben. Im übrigen sind feine Risse in zementstabilisierten Schichten völlig unbedenklich, zumal sie die Verdunstung aus dem Untergrund ermöglichen und das flexible Verhalten fördern.

Schon komplizierter werden die Verhältnisse, wenn es sich nicht mehr um körniges Material handelt, sondern um die Verfestigung von *bindigen Böden*, das heißt von wasserempfindlichen Ton- und Schluffböden. Gerade mit solchen schwierigen Böden wird man aber beim ländlichen Wegebau wohl noch am meisten zu tun haben, weil Gebiete mit ungünstigem Baugrund in der Regel noch am wenigsten erschlossen sind und weil bekanntlich «immer den letzten die Hunde beißen». Als Retter in der Not dürften sich jedoch gerade hier im wahrsten Sinne des Wortes die Methoden der Bodenstabilisierung erweisen.

Es kommt dabei im wesentlichen darauf an, daß der bindige beziehungsweise plastische Boden in dauerhafter Weise tragfest gemacht wird, das heißt, daß er nicht mehr unter der Einwirkung von Wasser aufweicht und damit seine Tragfähigkeit verliert. Es ist in dieser Hinsicht aber auch schon sehr viel gewonnen, wenn es wenigstens gelingt, das Trasse zum Beispiel im Fylsch so weit befahrbar zu machen, daß man das Trag-

schichtenbaumaterial bei jedem Wetter an die Baustellen antransportieren kann und ein brauchbares Arbeitsplanum für die Baugeräte zur Verfügung hat. Bisher mußte man plastisches Bodenmaterial, weil man es nicht als Baustoff zu benützen verstand, mühsam auskoffern und durch eine Filter- beziehungsweise Sauberkeitsschicht aus zugefahrenem Kiesmaterial ersetzen. Bei längeren Schlechtwetterperioden war dies aber meist eine vergebliche Liebesmühe, weil durch den Antransport des Kiesmaterials der aufgeweichte Koffer in Grund und Boden gefahren und gleichzeitig der Kies bis oben herauf verschmutzt wurde. Die Auskoffierung war dann hoffnungslos vernäßt und kaum noch entsprechend zu entwässern.

Wenn nunmehr die Möglichkeit besteht, den wasserempfindlichen Boden zu stabilisieren, so ist es nicht mehr nötig, zuerst in die Tiefe auszukoffern, um dann die Auskoffierung wieder mit kostspieligem Filtermaterial aufzufüllen, und es fällt auch wesentlich leichter, eine ausreichende Untergrund- und Seitenentwässerung sicherzustellen, weil man bereits auf dem ursprünglichen Niveau aufbauen kann.

Die Stabilisierung der wasserempfindlichen ton- und schluffhaltigen Böden wird in erster Linie dadurch bewerkstelligt, daß man ihr plastisches Verhalten und ihre hohe Wasseraffinität weitgehend reduziert. Sie sollen bei Feuchtigkeit nicht mehr schwellen beziehungsweise aufweichen und bei Trockenheit nicht mehr schrumpfen und dabei Risse bilden. Mit anderen Worten, man will erreichen, daß der optimale Wassergehalt und damit die bei optimaler Verdichtung erzielte Tragfähigkeit erhalten bleibt.

Man kann dabei rein mechanisch in der Weise vorgehen, daß man den bindigen Boden «abmagert», das heißt, ihn mit einer entsprechend großen Menge von gut abgestuftem Sand oder Kiessand mischt. Das Bodengemisch sollte dann im Bereich der Fullerkurve liegen und ein tragfähiges Korngerüst enthalten. Dieses Verfahren ist aber wohl nur für geringplastische Böden zu empfehlen, während man bei hochplastischen Böden nur mit einwandfrei kornabgestuftem Abmagerungsmaterial Erfolg hat und im übrigen so große Mengen von diesem Material benötigt, daß der Antransport bei nassem Wetter auf dem aufgeweichten Bautrassee größte Schwierigkeiten bereiten kann.

Es ist deshalb in der Regel einfacher, billiger und auch effektvoller, hochplastischen Boden mit chemisch wirksamen Bindemitteln zu stabilisieren, wofür vor allem *aktive Kalksorten* in Frage kommen. Die hierfür benötigte nur sehr geringe Kalkmenge läßt sich bei jedem Wetter ziemlich mühelos am Einbauort bereitstellen. Und die stabilisierende Wirkung des Kalkes, das heißt die Umwandlung der Bodenstruktur auf dem Wege des Ionenaustausches, ist immer wieder ein faszinierendes Phänomen, weil der Boden völlig andere Eigenschaften erhält, vor allem kaum noch

auf Wasser reagiert und nunmehr als Baustoff geeignet wird. Auf die einzelnen Details der Kalkstabilisierung brauche ich selbst wohl nicht näher einzugehen, weil anschließend Herr Kuonen dieses Thema behandeln wird.

Die Kalkstabilisierung ist jedenfalls ein sehr willkommenes Hilfsmittel, um wasserempfindliche Baustrassees in kürzester Zeit befahrbar zu machen. Kalkstabilisierte Schichten können aber auch als Unterbau dienen und nach Beimischung von bituminösen Emulsionen oder von Portlandzement sogar als Tragschichten verwendet werden, was überall dort sehr wirtschaftlich sein kann, wo weder Sand, Kies oder sonstiges Steinmaterial zur Verfügung steht. Es kommt nicht von ungefähr, daß die Kalkstabilisierung zuerst in den amerikanischen Südstaaten entwickelt wurde, und zwar in Gebieten, wo man Kiesmaterial über Hunderte von Meilen bis vom Mississippi her herbeiholen müßte. Man hat dort früher aus Verzweiflung Lehm gebrannt und in riesigen Anlagen zu Ziegelschotter verarbeitet. Ich habe selbst noch solche Anlagen in Betrieb gesehen, die aber nun seit der Einführung der Kalkstabilisierung entbehrlich werden. Im amerikanischen Süden werden kalkstabilisierte Schichten auch bei vielbefahrenen Verkehrsstraßen nur mit einer bituminösen Oberflächenbehandlung geschützt. In unserem Klima benötigt man jedoch wesentlich stärkere Abdeckungen. Auf kalkstabilisiertem Flysch-Untergrund dürften für gewöhnliche Güterwege Kiesdecken von etwa 15 bis 20 cm Dicke genügen.

Außer Kalk gibt es auch noch verschiedene andere *chemisch wirksame Zuschlagstoffe*, mit denen man bindigen Boden stabilisieren kann, wie zum Beispiel Sulfitablaugen mit Bichromaten, Polyphosphate, Thurament usw. Besonders hervorheben möchte ich noch den englischen *Pectacrete-Zement*, weil er höchstwahrscheinlich gerade beim Flysch besonders wirkungsvoll sein dürfte. Es handelt sich dabei um feingemahlene Portlandzement, bei dem das Zementkorn von einer hydrophoben Substanz umhüllt ist, so daß dieser Zement völlig wasserabweisend ist. Es ist ganz erstaunlich: Wenn man Pectacrete-Zement in Wasser eintaucht und dann wieder herausnimmt, bleibt er so trocken, daß er sogar noch verstaubt. Das Interessante ist auch im Hinblick auf die Bodenstabilisierung, daß sich die wasserabweisende Umhüllung erst durch mechanische Reibung ablöst, daß also der Zementkern erst im Laufe des Einmischens in den Boden freigelegt und daß dadurch das Abbinden des Zementes wesentlich verzögert wird. Auf diese Weise ist es möglich, auch in dem meist feuchten bindigen Boden eine innige Zementdurchmischung zu erreichen, während der Portlandzement schon bei der ersten Berührung mit dem feuchten Boden sofort abzubinden beginnt. Es ist also auch nicht mehr erforderlich, in überstürzter Eile zu arbeiten. Die abgelöste Pectacrete-Hülle bleibt im Bodengemisch als wasser-

abweisend wirksame Substanz erhalten. Im übrigen werden für die Stabilisierung bindiger Böden bei Anwendung von Pectacrete-Zement erklärlicherweise viel geringere Zementanteile benötigt als bei Verwendung von normalem Portlandzement, so daß die Schichten auch elastischer bleiben und kaum Risse bilden.

Gerade am Beispiel des Pectacrete-Zementes läßt sich schließlich deutlich erkennen, daß es notwendig und auch möglich sein dürfte, die bisher im Hoch- und Tiefbau gebräuchlichen Bindemittel im Hinblick auf ihre Verwendbarkeit für die Bodenstabilisierung noch zu verbessern und anzupassen.

Im allgemeinen sind wir aber heute schon so weit, daß bereits eine genügende Auswahl von Stabilisierungsmöglichkeiten zur Verfügung steht, um auch mit den schwierigsten Bodenverhältnissen fertig zu werden. In der Praxis handelt es sich nunmehr darum, die jeweils wirksamsten und vor allem auch wirtschaftlichsten Verfahren auszuwählen.

Ich muß jedoch immer wieder darauf zurückkommen, daß die ausschlaggebende Bedeutung dieser Verfahren vor allem darin liegt, daß sie in maschineller Arbeitsweise durchgeführt werden können. Damit steht aber auch das Kapitel «*Maschinen und Geräte*» so sehr im Vordergrund, daß ich es bei meinen Ausführungen nicht ganz übergehen möchte, obwohl ich annehmen darf, daß die wichtigsten neuen Gerätetypen inzwischen schon genügend bekanntgeworden sind.

Als den Prototyp für die Mechanisierung des Straßenbaues möchte ich ganz besonders den *Motorgrader* hervorheben, durch dessen vielseitige Verwendungsmöglichkeit praktisch nahezu alle Handarbeiten ersetzt werden können. Er bewältigt leichtere Erdbewegungen, stellt Gräben und Böschungen her, plant und profiliert in geradezu idealer Weise, mischt Bodenmaterialien und Bindemittel, dient als vorzügliches Instandhaltungsgerät und kann schließlich auch als Vorspann oder zum Schneeräumen verwendet werden. Der Motorgrader ist also ein ausgesprochenes Universalgerät, sozusagen ein «Mädchen für alles», und er wird in Zukunft wohl an keiner größeren Baustelle entbehrlich sein. Als besonderer Vorteil für den modernen Wegebau erscheint jedoch der Umstand, daß man nunmehr mit seiner Hilfe aus vorhandenem Bodenmaterial, von außen nach innen hereinholend, einen gleichsam dammartigen Wegekörper aufbauen kann, was bisher in Handarbeit viel zu aufwendig und auch nicht in so eleganter Weise möglich war. Die Arbeit beginnt also damit, daß der Weg in Form eines tragfähigen Dammes aus dem Geländeniveau herausgehoben wird, so daß man eigentlich schon mehr von Hochbau als von Tiefbau sprechen kann. Je schlechter das Bodenmaterial, um so größer sollte dabei die dammartige Überhöhung werden. Man schafft dadurch ein optimales Wegesfundament und gleichzeitig entsprechende Grabenmulden, wobei vor allem auch kostspielige Aufwen-

dungen für die Untergrundentwässerung durch Anlage von Tiefdrainagen erspart bleiben.

Im übrigen ist der Motorgrader, was anfänglich bezweifelt wurde, ganz gut auch im Hochgebirge verwendbar. Ich habe immer schon die Meinung vertreten, daß dort, wo einst Hannibal seine Elefanten über die Alpen führte, sich auch ein Motorgrader als geländegängig erweisen sollte.

Für *Mischarbeiten* im Baurassee, die behelfsmässig auch mit Pflug oder Scheibenegge ausgeführt werden können, gibt es außer dem Motorgrader auch schwere Spezial-Bodenmischgeräte oder Mixer, mit denen vor allem die Bindemittel eingemischt werden. Die stationären Mischanlagen und Einbau-fertiger muß ich wohl nicht eigens erwähnen. In den USA spricht man von «mixed in place» bei Mischarbeiten im Baurassee und von «mixed in plant» bei stationären Mischanlagen. Reine Bodengemische werden mit dem Motorgrader zunächst aus einer Langmahd heraus auf das Trasseee verteilt und dann nochmals gemischt. Dabei ist eine gleichmäßige Materialausstattung der Langmahd eine wesentliche Voraussetzung für einwandfreie Mischungen.

Zum *Verdichten* stehen je nach Bodenart und Boden-Bindemittelgemisch spezifische Verdichtungsgeräte zur Verfügung, und zwar kommen, um nur die wichtigsten aufzuzählen, in Frage: Gummiradwalzen, Schaffußwalzen, Gitterradwalzen, Gürtelradwalzen, Vibrationswalzen, Vibro Tamper, Rüttelplatten und schließlich auch statische Glatwalzen. Verdichten kann man selbstverständlich auch mit Raupenfahrzeugen und in besonders wirkungsvoller Weise durch einen entsprechend gelenkten Baustellenverkehr. Symbolisch könnte man eigentlich auch das CM-Gerät zu den Verdichtungsgeräten rechnen, mit dem der für eine optimale Verdichtung erforderliche Wassergehalt überprüft wird oder überprüft werden sollte.

Bei der Verplanung des Geräteeinsatzes an den Baustellen muß besonders darauf geachtet werden, daß die verschiedenen Gerätetypen in bezug auf ihr *Arbeits-tempo* einigermaßen aufeinander *abgestimmt* sind, wie dies zum Beispiel bei Motorgradern und Gummiradwalzen in bester Weise der Fall ist. Am langsamsten arbeiten in der Regel die Verdichtungsgeräte, so daß es beispielsweise nötig wird, mehrere Vibrationsplatten einzusetzen, um die Bauarbeiten zügig durchführen zu können. Im übrigen erweist sich häufig ein gleichzeitig kombinierter Einsatz verschiedener Gerätetypen als sehr zweckmäßig. Vor allem sollte man zusammen mit Bodenmischgeräten immer gleichzeitig auch den Motorgrader zum Längsdurchmischen und Zwischenverteilen verwenden und den Motorgrader auch mit den Verdichtungsgeräten zum Zwischenprofilieren kombinieren. Soweit der Motorgrader gelegentlich an der Baustelle entbehrlich ist und auch bei schlechtem Wetter, kann er durch sogenannte «Nebenbeschäftigung» bei Unterhaltsarbeiten (Profilüberholung, Banketteschalen) ausgelastet werden.

Da nunmehr die Arbeit an der Baustelle bei Einsatz hochleistungsfähiger Geräte in sehr raschem Tempo verläuft und jede Minute erhebliches Geld

kostet, wird eine gewissenhafte *Vorbereitung* und detaillierte *Arbeitsvorausplanung* sowie eine laufende ingenieurmäßige *Kontrolle* sämtlicher Arbeitsvorgänge dringend erforderlich, damit jeder Leerlauf vermieden und eine sachgemäße Bauausführung gewährleistet wird.

Was ganz allgemein die *Konstruktion* der neuen Baugeräte betrifft, so läßt sich interessanterweise feststellen, daß die meisten Konstruktionen unmittelbar aus den modernen Fahrzeugtypen entwickelt und in ihrer Arbeits- und Wirkungsweise der Dynamik des modernen Verkehrs angepaßt wurden. Man kann erwarten, daß sich hinsichtlich der weiteren Geräteentwicklung noch wesentliche Verbesserungen und vielleicht überraschende Neuerungen ergeben werden, die dann wieder weitere Fortschritte in der Verfahrenstechnik bewirken können.

Wenn man somit die reichhaltige Speisekarte der verschiedenen Stabilisierungsmethoden und die Vielzahl der neuen Gerätetypen in Betracht zieht, so haben wir mit den modernen Straßenbaumethoden eine Fülle neuartiger Aufgaben zu übernehmen, die zwar nicht übermenschliche Anforderungen stellen, aber immerhin voraussetzen, daß man sich eingehend mit den neuesten Erkenntnissen und Erfahrungen befaßt. Es handelt sich hier im übrigen nicht um Einzelerfindungen, sondern, wie heute bei jedem technischen Fortschritt, um eine ausgesprochene Teamarbeit von vielen Beteiligten. Wie im gesamten technischen Bereich treten nun auch beim Straßenbau die «Männer im weißen Kittel» in Forschungs- und Baulaboratorien in den Vordergrund sowie die erfahrenen Ingenieure an den Baustellen und die qualifizierten Fachkräfte zur Bedienung der hochwertigen Baumaschinen. Der Straßenbau wird nun zur schöpferischen Ingenieurkunst und manche Baustelle wird ein individuelles Kunstwerk darstellen. Für unsere jungen Ingenieure werden sich daraus hochinteressante und sehr reizvolle Aufgaben ergeben, an denen sie ihre Freude haben sollten.

Für den eigentlichen Fortschritt in der Straßen- und Wegebauertechnik tragen aber letzten Endes die zuständigen *öffentlichen Behörden* die Hauptverantwortung; denn wie auf keinem anderen Gebiet kommen sie hier allein als Auftraggeber in Betracht. Die Industrie, die sonst im allgemeinen neue technische Entwicklungen anbietet und selbst für ihre Einführung sorgt, kann hier von sich aus nur in geringem Umfang die Initiative ergreifen. Sie kann weder selbst im Gelände experimentieren noch etwa von sich aus neue fabrikfertige Eigenkonstruktionen offerieren, zumal der öffentliche Auftraggeber ja auch die gewünschten Bauweisen vorschreibt.

Und hier liegt vielleicht vor allem «der Hund begraben» und «der Hase im Pfeffer». Man kann es einem an sich schon mit Arbeit überlasteten Beamten bei Gott nicht verdenken, wenn er die ganze neumodische Bodenstabilisierung zum Teufel wünscht und sich gegen zusätzliche Verantwortungen abzuschirmen sucht für Dinge, die er selbst nicht in der Schule gelernt hat und bei deren Ausführung er vielleicht nicht einmal durch Vorschriften

gedeckt ist. Man braucht sich also gar nicht zu wundern, wenn manche Behörden dann schon lieber im alten bewährten Stil weitermachen und auf die Übernahme besonderer Risiken verzichten. Es ist ja schließlich auch so, daß irgendwelche technischen Fortschrittsversäumnisse beim Straßen- und Wegebau nicht sofort unmittelbar in Erscheinung treten und daß exakte Nachkalkulationen, wie sie im privaten Wirtschaftssektor üblich und unentbehrlich sind, hier schon der Sache nach nicht in Frage kommen.

Meine Herren, ich möchte um Gottes Willen niemandem zu nahe treten, aber doch meiner Überzeugung Ausdruck geben, daß diejenigen Vertreter der öffentlichen Hand, die aus einem ernsthaften *Pioniergeist* heraus bereit sind, im Interesse des technischen Fortschrittes zusätzliche Arbeit und Verantwortung zu übernehmen, zum allermindesten besondere Unterstützung und auch besondere Beachtung verdienen. Selbstverständlich kann einem Pionier auch einiges schief gehen, und er wird auch aus eigenen Fehlern lernen oder die Grenzen des Möglichen abtasten müssen. Aber schließlich muß jeder Erfolg irgendwie erkämpft werden. Und durch die Beschäftigung mit Bodenstabilisierungsmethoden wird zumindest erreicht, daß man viele Probleme des Wegebauens sehr viel besser verstehen lernt und daß man dabei manchen Geheimnissen auf den Grund beziehungsweise auf den «Untergrund» kommt.

Im übrigen kann ich Ihnen aus vielfachen Erfahrungen heraus versichern, daß die *Industrie* im allgemeinen gerne bereit ist, sich für neue Entwicklungen einzusetzen und sich auch am Lehrgeld zu beteiligen, wenn ihr entsprechende Chancen gegeben werden. Es empfiehlt sich deshalb, wie es erfreulicherweise ja auch schon da und dort geschieht, unter maßgeblicher Einschaltung der wissenschaftlichen und auch der industriellen Forschung größere *Versuchsprogramme* durchzuführen, deren Ergebnisse mit den entsprechenden Konsequenzen der Praxis zur Verfügung gestellt werden können. Man sollte in Anbetracht der bedeutenden Geldmittel, die heute und in Zukunft für den ländlichen Wegebau aufgewendet werden müssen, vielleicht auch daran denken, *zentrale Versuchs- und Forschungseinrichtungen* auch für den Gesamtbereich des land- und forstwirtschaftlichen Güterwegebauens zu schaffen, die so ausgestattet sein müßten, daß sie in der Lage sind, umfassende Versuchsarbeiten in bester Weise systematisch durchzuführen und planmäßig auszuwerten. Echte Ergebnisse, und zwar vor allem über die wirtschaftlichen Auswirkungen, können sich allerdings letzten Endes nur in der Praxis ergeben. Der *kostenverbilligende Effekt* des Einsatzes hochleistungsfähiger Baumaschinen tritt erst bei entsprechend großem Bauprogramm und bei schwerpunktmäßigem Einsatz optimal in Erscheinung. Und außerdem wird der eigentliche *Wirtschaftserfolg* erst dann sichtbar, wenn einmal ein ganzes Gebiet in vollem Umfang so erschlossen ist, daß sämtliche Wege nach einheitlichem Schema maschinell unterhalten werden können, soweit es sich nicht um bituminöse Deckenbeläge oder Zementbeton-

decken handelt, die in der üblichen Weise unterhalten werden. Man wird dann erst — vielleicht mit Erstaunen — sehen, mit welcher geringen Aufwendungen sich solche Wegesysteme kontrolliert instandhalten lassen und wie sich solche Totalerschließungen mit überall und immer gut befahrbaren Wegen unmittelbar auf die örtlichen Markterlöse und auf die Rentabilität der land- und forstwirtschaftlichen Betriebe auswirken.

Ob wir nun mit den bisher entwickelten Stabilisierungsverfahren schon auf dem richtigen Wege sind oder nicht, das Eine steht jedenfalls fest: Die Zukunft im Straßen- und Wegebau gehört zweifellos den großen leistungsfähigen *Baumaschinen und -geräten*, den Motorgradern, den Bodenmischgeräten, den großen transportablen Brechanlagen usw. Und es ist auch undenkbar, daß man in Zukunft noch ohne baustoffmäßige *Bodenuntersuchungen* und ohne Beachtung der *bodenmechanischen Grundregeln* auskommen wird. Im Zuge der fortschreitenden Verkehrsentwicklung wird man sich vielleicht auch noch dazu entschließen müssen, auch die Holzabfuhrwege etwas breiter und großzügiger auszubauen als bisher, weil mit der zunehmenden Kapazität der öffentlichen Verkehrsstraßen zwangsläufig auch die Kapazität der Transportfahrzeuge wachsen wird. In diesem Zusammenhang darf ich an die letzte Jahresversammlung der Technischen Zentralstelle der deutschen Forstwirtschaft in Freiburg erinnern, bei der Dr. Thielmann davon sprach, daß Holztransporte in Zukunft vielleicht nur noch mit Großraumfahrzeugen rationell sein könnten.

Dies alles erklärt das außerordentliche Interesse, das nun auch in den meisten europäischen Ländern der Entwicklung mechanisierter Wegebauverfahren entgegengebracht wird. Und es wäre nur zu wünschen, daß vielleicht im Rahmen der europäischen Wirtschaftsgemeinschaft und aus der europäischen Verantwortung gegenüber den Entwicklungsländern *neue Impulse* entstehen, die auch dem Fortschritt in der Wegebauertechnik zugute kommen und auch bei uns zu großzügigen Maßnahmen führen. Um noch einmal auf den amerikanischen Elan zurückzukommen: In den USA befaßt man sich bereits mit der Möglichkeit von Stabilisierungen auf der Mondoberfläche, um Landemanöver von Raumschiffen vorzubereiten. Professor Dr. Winterkorn von der Princeton-Universität hat mir vor kurzem geschrieben, daß er zurzeit sehr intensiv mit diesbezüglichen Forschungsaufträgen beschäftigt ist. Man möchte manchmal glauben, daß große technische Fortschritte vielleicht eher auf dem Mond oder im schwärzesten Afrika verwirklicht werden, als in unserem guten alten, schon recht schwerfällig gewordenen Europa.

Weil aber überall nur mit Wasser gekocht und die Suppe nicht so heiß gegessen wird, bleibt immer noch genügend Zeit, um die modernen Entwicklungen in aller Ruhe kritisch zu verfolgen und die Einführung neuer Bauverfahren mit aller Sorgfalt vorzubereiten. Es muß nicht in jedem Falle eine neue Mode besser sein als die alte, und es gibt sicherlich auch heute noch

idyllische Verhältnisse, wo immer noch genügend Arbeitskräfte zur Verfügung stehen, wie zum Beispiel in unseren stillen Schwarzwaldtälern, oder wo etwa größere Erschließungsarbeiten nicht für erforderlich gehalten werden und Maschinen deshalb von vornherein entbehrlich sind. Wo aber eine Mechanisierung für notwendig erachtet wird und man sich zum Einsatz moderner Baugeräte entschließt, sollte man schon ein Ganzes tun und die wirtschaftlichen Chancen der Mechanisierung nicht durch kleinnütziges Vorgehen verplempern.

Wenn ich nun abschließend vielleicht noch meine persönlichen Vorstellungen im Hinblick auf die *Anwendung der Stabilisierungsverfahren in der Schweiz* zum Besten geben darf, so möchte ich — ohne der Meinung von Forstinspektor Bauer vorzugreifen — zunächst etwa folgendes empfehlen:

1. Da in der Schweiz fast überall geeignetes Kies- oder Steinmaterial vorhanden ist, sollte man sich wohl in erster Linie sehr eingehend mit der Herstellung von *Mineralbeton* sowie gegebenenfalls mit der Verwendbarkeit von brauchbarem Gehängeschutt befassen, um möglichst einwandfreie Gebrauchsmuster für die mechanische Verfestigung von Tragschichten zu bekommen. Bei steilen und sehr schmalen Wegen im Gebirge wäre vielleicht übergangsweise noch an Tragschichten aus Rüttelkies oder Rüttelschotter zu denken. Es wird in der Schweiz aber auch Verhältnisse geben, wo *bituminös- oder zementstabilisierte Tragschichten* eine reelle Chance haben.
2. Bei allen Kies- und Schotterwegen, die ja wohl den größten Teil der vorhandenen Wegesysteme ausmachen, sollte man jetzt schon unverzüglich daran gehen, sie auf einen *maschinellen Unterhalt* umzustellen. Dies wird verhältnismäßig einfach sein, wenn ab sofort nurmehr geeignetes kornabgestuftes Ausbesserungsmaterial verwendet wird. Bei größeren Instandsetzungen sollte die Wegedecke mit dem Motorgrader in Schlaglochtiefe profilgerecht angerissen und das aufgerissene Material, soweit es noch brauchbar ist, auf Langmahd gebracht, durch Kornzusätze verbessert und mit wasserabweisend gewölbtem Querprofil wieder eingebaut und verdichtet werden. Im übrigen kann man durch einfachste Graderarbeiten außerordentlich viel Gutes tun, wie zum Beispiel durch Nachprofilieren, Schälen überhöhter Bankette und Grabmuldennachziehen. Solche wirklich nicht aufwendigen Maßnahmen dienen in erster Linie der Oberflächenentwässerung und können im Verein mit der laufenden Verkehrsverdichtung in überraschender Weise den Zustand und die Befahrbarkeit der Wege verbessern.

Wo aber rein mechanisch verfestigte Mineralbetondecken wegen besonderer Verkehrsbeanspruchung nicht ausreichen und widerstandsfähigere Fahrbahndecken benötigt werden, sollte man meines Erachtens in erster Linie an *Deckenbeläge aus Heißbitumen- oder Heißteergemischen* denken. Es bleibt allerdings noch abzuwarten, ob aber nicht

vielleicht die bisher vor allem in den skandinavischen Ländern verwendeten *Road-Oil-Decken* auch für unsere ländlichen Wege noch geeigneter sind, weil sie mit kaltgelagertem Mischgut hergestellt und auch unterhalten werden können, eine rauhere Oberfläche haben und infolge ihres besonders guten elastischen Verhaltens auch auf leichterem Unterbau nicht zur Rissebildung neigen. Da sich unsere eigenen Road-Oil-Decken aber noch im Versuchsstadium befinden, möchte ich sie noch nicht ohne weiteres empfehlen. Im Mai dieses Jahres haben übrigens auch einige Herren aus der Schweiz eine unserer Road-Oil-Versuchsbaustellen besichtigt.

3. Ein sehr wichtiges Problem wird zweifellos auch in der Schweiz die *Stabilisierung von schluff- und tonhaltigen Böden* zur Untergrundverbesserung und Befahrbarmachung der Baustrasse darstellen. Man befindet sich hier wohl schon auf dem richtigen Wege, wenn man versucht, dieses Problem beim Flysch zunächst einmal mit Hilfe der Kalkstabilisierung zu lösen. Der Kalk wird aber nicht nur beim Flysch, sondern auch bei allen anderen bindigen Böden ebenso wie bei schmutzigem Kies gute Dienste leisten.

Für die Stabilisierung von Flysch- und Molasseböden dürften außerdem auch Versuche mit Pectacete-Zement erfolgversprechend sein. Möglicherweise könnten auf solche zementstabilisierte Tragschichten unmittelbar bituminöse Heißgemischdecken aufgebracht werden.

4. Ein Hinweis zum *Wetterproblem*: Lassen Sie sich durch vorübergehende Schlechtwetterperioden ja nicht aus der Fassung bringen. Bei maschineller Arbeitsweise können Versäumnisse sehr rasch und großzügig nachgeholt werden, und auch das Wasser ist schließlich ein sehr wichtiger Baustoff. Die Amerikaner nehmen solche Unterbrechungen jedenfalls mit größter Gelassenheit hin.

Im übrigen sollte der Wahlspruch gelten: Das Wetterrisiko den Bauunternehmern, auch wenn der Bauherr letzten Endes dafür bezahlen muß. Das Wetterrisiko wird zweckmäßigerweise durch einen angemessenen pauschalierten Zuschlag zu den Baukosten honoriert.

5. Bei allen größeren Bauvorhaben wird die Einschaltung von erfahrenen *Baufirmen* der eigenen Regiearbeit vorzuziehen sein. Dagegen lassen sich maschinelle Wegeunterhaltsarbeiten ohne weiteres durch planmäßigen und gut organisierten Einsatz von *regie-eigenen Geräten* ausführen. In Erwägung zu ziehen sind aber auch *langfristige Unterhaltsverträge* mit den bauausführenden Unternehmern.

6. Im Hinblick auf künftige Transportentwicklungen wäre im Laufe der Zeit wohl ernstlich an eine entsprechende *Verbreiterung der Wegetrassees* zu denken, was schließlich auch den modernen Maschinenelefanten bei Arbeiten im Gebirge ihr Dasein erleichtern würde. An

abrutschgefährdeten Berghängen muß allerdings das Für und Wider sorgfältig abgewogen werden.

7. Alle Entwicklungsarbeiten können durch eine *gute Fühlungnahme* zwischen den Vertretern der Forst- und Agrarbehörden, der Straßenbauverwaltung, der wissenschaftlichen Forschungsinstitute und der Industrie entscheidend gefördert werden. Eine solche Zusammenarbeit hat sich meines Wissens in der Schweiz bereits in bester Weise angebahnt, und es wird sich zweifellos sehr empfehlen, diesen Erfahrungsaustausch immer weiter auszubauen.

In diesem Sinne darf ich nun meine Ausführungen beenden und den verehrlichen schweizerischen Wegebaukollegen bei ihrem Marsch in die technische Zukunft alles Gute wünschen. Ich möchte dabei der Hoffnung Ausdruck geben, daß es auch den Liebhabern der klassischen Musik nicht allzu schwer fallen wird, allmählich auf einen lautstärkeren modernen Rhythmus und vielleicht sogar auf Jazz umzuschalten.

In Wien wurde mir einmal gesagt, daß ein Bayer der mißglückte Versuch sei, aus einem Preußen einen Österreicher zu machen. Und bei der FAO-Tagung habe ich gehört — ob es wahr ist, weiß ich nicht —, der Schweizer sei der mißglückte Versuch, aus einem Schotten einen Tiroler zu machen. Ich glaube, man sollte es lieber nicht versuchen, aus einem Schweizer einen Amerikaner zu machen oder etwa aus einem schön durchlöchernten würzigen Emmentaler einen hohlraumarm verdichteten Käsebeton. Aber es sollte ein geglückter Versuch werden, aus dem widerspenstigen Schwyzer Kantonalflisch einen guten Schwyzer Flyschbeton und vor allem aus gemeinsamen Bemühungen eine gute Freundschaft zu machen.

Résumé

L'auteur indique pourquoi dans la construction et l'entretien des routes forestières il faudrait employer des machines le plus possible.

Comme chaque construction, une route exige une bonne fondation. L'auteur mentionne les exigences pour les matériaux de construction. Les grands avantages d'une granulométrie continue sont décrits, ainsi que des liants fabriqués industriellement, qu'on emploie dans la construction des routes forestières. Il suit une description de différentes machines comme malaxeurs, compacteurs, graders et d'appareils de contrôle.

Les nouvelles méthodes de construction demandent des recherches approfondies au laboratoire, une bonne préparation des différentes phases de construction et un contrôle permanent. L'auteur exige des autorités publiques d'accepter une partie de la responsabilité et de soutenir chaque initiative pour les nouvelles méthodes.