

SCHRIFTENREIHE FÜR FLURBEREINIGUNG

Herausgegeben vom
Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten

HEFT 37

Wirtschaftswege

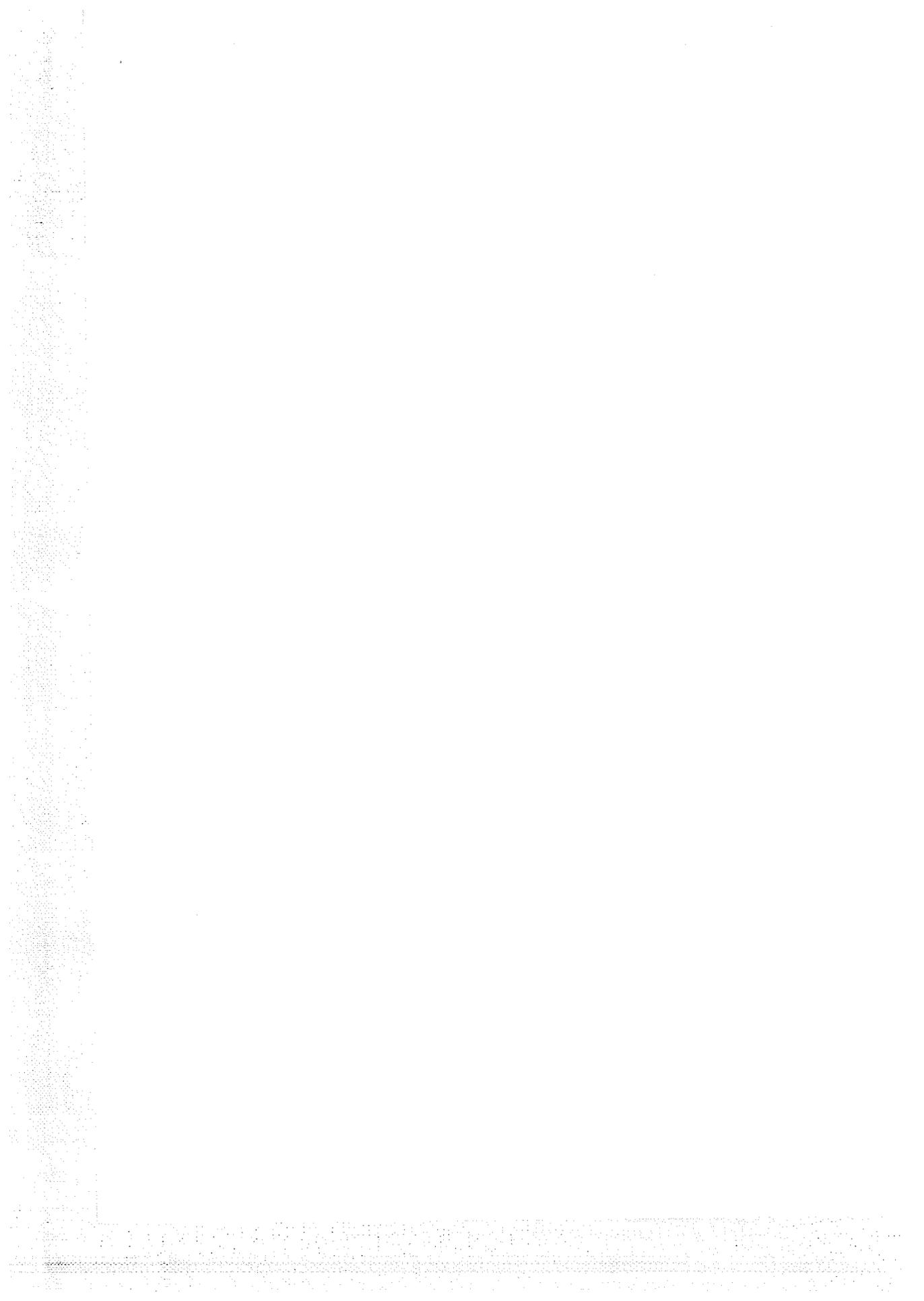
Beiträge zu ihrer Anlage und Befestigung

Zusammengestellt

durch

Bernhard Klempert

Kleins Druck- und Verlagsanstalt GmbH., Lengerich (Westfalen)



Wirtschaftswege

Beiträge zu ihrer Anlage und Befestigung

Berichte aus der Vortragsreihe
„Technik der Wegebefestigung“
am 13. und 14. März 1962 in Essen

Zusammengestellt
durch

Bernhard Klempert

Kleins Druck- und Verlagsanstalt GmbH., Lengerich (Westfalen)

1964

INHALTSVERZEICHNIS

Zum Geleit	
Minister Gustav Niermann	5
Vorwort	
Ministerialrat Dr. h. c. Steuer	6
Der Wirtschaftswegebau in Nordrhein-Westfalen	
Ministerialdirigent Heinz Klosterkemper	7
Einteilung ländlicher Wege und ihre Verkehrsbelastungen	
Reg.-Direktor Dipl.-Ing. Klempert	15
Bedeutsame Böden in Nordrhein-Westfalen	
Landesgeologe Dr. Wolters	27
Baulemente des ländlichen Wegebau und ihr Zusammenwirken	
Dr. Ing. Kübler	33
Bauweisen mit Gesteinen (Naturgestein und Hochofenschlacken)	
Ministerialrat Hofmann	37
Wirtschaftswege in zementgebundener Bauweise	
Dipl.-Ing. Dr. techn. Springenschmid	48
Bituminöse Bauweisen für die Befestigung von Wirtschaftswegen	
Dipl.-Ing. Paulmann	56
Stabilisierungsverfahren im ländlichen Wegebau	
Oberregierungsforstrat Greiß	65
Zusammenfassung und Nachwort	
Reg.-Direktor Dipl.-Ing. Klempert	76

Zum Geleit

Im vergangenen Jahrzehnt hat die starke Abwanderung landwirtschaftlicher Arbeitskräfte und die ständige Entwicklung der Technik zu einem bedeutsamen Wandel im landwirtschaftlichen Maschinen- und Gerätewesen geführt. Gleichzeitig wurde das landwirtschaftliche Transportwesen in umfassendem Maße motorisiert. Die Notwendigkeit und der Wille, in der Land- und Forstwirtschaft mit wenigen Arbeitskräften optimale Leistungen zu vollbringen, führte zu leistungsfähigeren Zugmaschinen, Anhängergeräten, Mähdreschern und Vollerntemaschinen.

Heute können die meisten Landwirte ihre Lasten mechanisch laden und größere Mengen mit höheren Geschwindigkeiten als früher transportieren, sofern die vorhandenen Wege es zulassen. Bei Nässe und insbesondere bei Tauwetter werden jedoch viele Wege grundlos und die Vorteile des Schleppers fragwürdig. Infolgedessen wurde die Befestigung landwirtschaftlicher Wege ein dringendes Erfordernis. Mein Ministerium nahm sich der Aufgabe nachdrücklich an und erreichte es, daß die Leistungen des Wirtschaftswegebau im Lande Nordrhein-Westfalen an der Spitze der Länder der Bundesrepublik stehen. Dennoch bleibt für den Ausbau und die Befestigung der Wege noch viel zu tun. Zudem wird die Unterhaltung von bereits ausgebauten Wirtschaftswegen ein immer dringlicheres Problem, das ja mit der Befestigung ursächlich zusammenhängt. Es lag deshalb nahe, einmal Rückblick und Ausschau über die Technik der Wegebefestigung zu halten.

Von dem „Haus der Technik“ in Essen und dem Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Nordrhein-Westfalen in Düsseldorf wurde als gemeinsame Veranstaltung im März 1962 in Essen eine Vortragsreihe „Technik der Wegebefestigung“ durchgeführt, deren wichtigste Vorträge in dieser Schrift veröffentlicht werden. Sie sind von namhaften Fachkräften gehalten worden, die in den maßgeblichen Ausschüssen der Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen, des Kuratoriums für Kulturbauwesen, des Kuratoriums für Waldarbeit und Forsttechnik sowie der Arbeitsgemeinschaft für das technische Verfahren in der Flurbereinigung mit Angehörigen meines Hauses an der Lösung der Probleme zusammenarbeiten. Da es leider nicht möglich war, alle Vorträge zu veröffentlichen, wurden die Ausführungen von wesentlicher Bedeutung ausgewählt.

Ich wünsche der Schrift eine gute Aufnahme, zumal ich davon überzeugt bin, daß der ländliche Wegebau nicht allein mit Geldmitteln, sondern auch durch wissenschaftlich fundierte Abhandlungen gefördert werden muß.

Dem Herrn Bundesminister für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten danke ich für die Veröffentlichung der Vorträge in der Schriftenreihe für Flurbereinigung.

Gustav Niermann
Minister
für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten
des Landes Nordrhein-Westfalen

Vorwort

Der Ausbau und die Befestigung ländlicher Wege haben im Laufe des letzten Jahrzehnts einen großen Umfang angenommen. Die jährlichen Ausbauleistungen an Wegen erreichen 5000 bis 6000 km im Erdbau, über 10000 km Wege werden jährlich befestigt. Die Ausbaukosten betragen nahezu 500 Millionen DM je Jahr.

Der landwirtschaftliche Wegebau, wie man ihn früher kurz bezeichnete, oder besser der Bau und die Befestigung ländlicher Wirtschaftswege, eine Bezeichnung, die den heutigen Ansprüchen an diese Wege besser entspricht, ist schon mit Rücksicht auf den hohen Kostenaufwand und die Notwendigkeit zweckmäßiger und sparsamer Verwendung öffentlicher Mittel zu einem wichtigen Diskussionsthema der einschlägigen Fachgremien geworden. Viele Versuche mußten durchgeführt, viele Proben genommen werden, um die Grundlagen für Maßstäbe zu gewinnen, die es gestatten, die zweckmäßigste und gleichzeitig kostensparende Art der Herstellung und des Ausbaues zu bestimmen.

Die gemeinsam vom Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Nordrhein-Westfalen und dem Haus der Technik in Essen im März 1962 unter der Leitung des technischen Referenten Regierungsdirektor Dipl.-Ing. B. Klempert [für den Ausbau und die Befestigung von Wirtschaftswegen] im Landwirtschaftsministerium in Düsseldorf durchgeführte Vortragsveranstaltung „Technik der Wegebefestigung“ hat den an diesen Fragen interessierten Kreisen Gelegenheit zur Unterrichtung und zu Aussprachen gegeben.

Das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten in Bonn ist daran interessiert, daß die Vorträge dieser Veranstaltung möglichst weit bekannt werden, um zu weiteren Versuchen und Diskussionen anzuregen.

Im Einvernehmen beider Ministerien werden deshalb die Vorträge in der Schriftenreihe für Flurbereinigung veröffentlicht.

Dem Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Nordrhein-Westfalen in Düsseldorf sei an dieser Stelle für die Zusammenarbeit und die Bereitschaft zu dieser Veröffentlichung gedankt.

Bonn, im Januar 1964

Dr. h. c. Robert Steuer
Ministerialrat im BML

Der Wirtschaftswegebau in Nordrhein-Westfalen

Ministerialdirigent H. Klosterkemper im Ministerium für Ernährung, Landw. und Forsten des Landes Nordrh.-Westfalen, Düsseldorf

Nach dem Ihnen zugegangenen Programm soll ich über den Wirtschaftswegebau in Nordrhein-Westfalen referieren, über seine Entwicklung, die Organisation und die Finanzierung, die das Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten regelt, und über die Leistungen, die alle Beteiligten bisher erarbeiteten.

Bevor ich zum Thema selbst komme, sollten wir uns zunächst einmal kurz vor Augen führen, welche Arten von Wirtschaftswegen es gibt. Wir kennen

1. Wirtschaftswege, die von altersher überkommen sind;
2. Wirtschaftswege, die in Verfahren der Auseinandersetzungsbehörden entstanden sind – wir denken z. B. an die Rezesse in Auseinandersetzungsverfahren, in Rentengutsrezessen, in Umlegungen nach preußischem Recht –;
3. Wirtschaftswege, die ihre Entstehung dem 1936 durch Reichsgesetz und 1953 durch Bundesgesetz geregelten Umlegungs- bzw. Flurbereinigungsverfahren verdanken und
4. Wirtschaftswege, die auch heute noch aus der Privatinitiative von Eigentümern, Gemeinden usw. entstehen.

Genauso vielfältig wie die Entstehung der Wirtschaftswege sind die an ihnen bestehenden Rechtsverhältnisse und ihr wegebautechnischer Stand.

Bei den Auseinandersetzungsverfahren, insbesondere aus einem Flurbereinigungsverfahren entstandenen Wegen, die mehr als 60% der landwirtschaftlichen Nutzfläche des Landes Nordrhein-Westfalen erschließen, sind Linienführung, Steigungen, Querschnitte und auch die Entwässerungsmöglichkeiten in der Regel technisch einwandfrei und damit vielfach günstiger als die gleichen Eigenschaften bei den von altersher bestehenden Wegen. Insbesondere die Letzteren weisen starke Unterschiede in Bauverfahren, Haltbarkeit und Unterhaltungszustand auf.

Der Wirtschaftswegebau in den Flurbereinigungsverfahren ist seit über 100 Jahren ein wichtiges Arbeitsgebiet der Landeskulturbehörden. Die Flurbereinigungen der Vorkriegszeit wurden sehr oft von den Landwirten nicht allein wegen der Grundstückszersplitterung, sondern vornehmlich wegen des unzureichenden Wegeaufschlusses der Grundstücke beantragt, weil sie nur so dem Flurzwang entgehen konnten. Der Entwurf eines geschlossenen Netzes von Wirtschaftswegen mit Anschluß an die bestehenden Verkehrswege stand daher schon früher, insbesondere in den Höhenlagen, im Vordergrund der Arbeiten, die in einer Flurbereinigung durchzuführen waren. Das Wegenetz sollte eine geordnete Zuwegung zu allen Grundstücken der Gemarkung schaffen. Der Ausbau der Wege war dem damaligen Stand der Landwirtschaft und der Technik entsprechend einfach gehalten. Die Wege wurden fast nur als Erdwege ausgebaut und zum Teil mit Gras eingesät. Die Grasnarbe machte sie widerstandsfähiger gegenüber dem Verkehr und verhinderte vor allem Ausspülungen durch das abfließende Regenwasser.

Befestigt wurden nur einzelne **Hauptwirtschaftswege**, die dem Aufschluß größerer Gemarkungsteile dienen. Die Befestigung bestand sehr oft aus einer Kiesdecke oder bestenfalls aus einer Packlage mit wassergebundener Schotterdecke. Diese einfachen Bauweisen genügten für den damaligen Verkehr auf den Wirtschaftswegen. Nach 1949

wurde in zunehmendem Maße die tierische Zugkraft durch motorische abgelöst. Die Zahl der Ackerschlepper z. B. stieg im Lande Nordrhein-Westfalen von 13 600 im Jahre 1949 auf das Neunfache, auf 120 000 im Jahre 1961. 1949 gab es 5 Mährescher bei uns im Land, heute 8500. Gleichzeitig nahm die Mechanisierung ganz allgemein zu und damit auch die Verkehrsbeanspruchung der Wirtschaftswege. Für viele Wege genügte nun der einfache Ausbau nicht mehr. Mehr und bessere Befestigungen erwiesen sich als dringend notwendig.

Zur Zeit werden auf einer bereinigten Fläche von ca. 40 000 ha – das ist die Hektarzahl, die unsere Landeskulturverwaltung in der Regel in einem Jahr flurbereinigt – rd. 1500 km Wirtschaftswege neu gebaut und davon etwa 1000 km befestigt.

Mit zunehmender Motorisierung aber konnte die Verbesserung der Wirtschaftswege nicht mehr allein auf den in den Flurbereinigungen üblichen Ausbau beschränkt bleiben. Der Zustand der anderen Wirtschaftswege war und ist z. T. katastrophal und verschlechtert sich ständig. Dieser Zustand führte dazu, daß bereits im Jahre 1949 im Land Nordrhein-Westfalen der Wirtschaftswegebau auch außerhalb der anhängigen Flurbereinigungen grundsätzlich als eine selbständige Landeskulturmaßnahme eingeführt und erstmals in den Haushaltsplan 1949 die Förderung des Wirtschaftswegebaues außerhalb der Flurbereinigung als besonderer Zweig der Bodenverbesserung aufgenommen wurde.

Seither gibt es nun mehrere Verwaltungszweige innerhalb unserer Landesverwaltung, die den Wirtschaftswegebau fördern. Die zuständigen Dienststellen in der Mittel- und Ortsinstanz, die Bauträger und die Finanzierung sind verschieden. Oberste Instanz für beide Verwaltungszweige aber ist unser Haus; die Bearbeitung erfolgt in der von mir geleiteten Abteilung, so daß in notwendigen Fragen die Einheitlichkeit gesichert ist.

Der Wirtschaftswegebau außerhalb der Flurbereinigung wurde immer bedeutender, die Förderungsmittel im Landesetat immer höher. Eine sprunghafte Ausweitung erfuhr der Wirtschaftswegebau außerhalb der Flurbereinigung durch den „Grünen Plan“ seit dem Jahre 1956. Die Entwicklung wird am besten durch die Zunahme der jährlich befestigten Strecken von 180 km im Jahre 1949 auf das Zehnfache, nämlich 1800 km im Jahre 1961, gekennzeichnet.

Zur Zielsetzung für diese nun bereits seit mehr als 12 Jahren laufende Förderungsmaßnahme war es notwendig, ein Bild über den Ausbaubedarf insgesamt zu gewinnen. Wir haben deshalb durch die Kreise im Jahre 1957 eine Gesamterhebung durchgeführt und die bereits ausgeführten und die noch notwendigen Wegebefestigungen in Listen und Karten im Maßstab 1 : 50 000 eingetragen. Diese Gesamtschau sollte nicht in allen Einzelheiten die zu befestigenden Wirtschaftswege verbindlich festlegen, sondern nach einer generellen Prüfung der damaligen Verhältnisse eine zunächst grobe Grundlage für die Einzelplanung der Wegebauvorhaben und das Ausmaß der weiteren Förderungsmaßnahmen ergeben.

Danach waren am 1. 4. 1957 rd. 4000 km Wirtschaftswege bereits befestigt und für weitere 26 000 km wurde die Befestigung für notwendig erachtet, so daß unter damaliger Sicht insgesamt rd. 30 000 km Wirtschaftswege eine Befestigung benötigen. Von diesen dürfte ein Teil im Zuge von Flurbereinigungen befestigt werden. Der weitaus größte Teil wird aber außerhalb der Flurbereinigung zu befestigen und zu fördern sein.

Diese Erhebung läßt aber noch keinen endgültigen Schluß auf die insgesamt zu befestigenden Wirtschaftswege im ganzen Lande zu. Die Intensivierung der Landwirtschaft wird weitere Anforderungen zur Folge haben. Der Gesamtbedarf für befestigte landwirtschaftliche Wirtschaftswege in unserem Lande dürfte bei rd. 40 000 km liegen. Dies entspricht einer Wegedichte von durchschnittlich 20 lfdm. befestigter Wege je ha; sie ist im Hinblick auf unsere hochintensive Landwirtschaft nicht zu hoch.

Die staatlichen Dienststellen des Landes Nordrhein-Westfalen wirken beim Wirtschaftswegebau außerhalb der Flurbereinigung nur fördernd mit.

Für die Hergabe von Landesmitteln zur Förderung des Wirtschaftswegebaues außerhalb der Flurbereinigung kamen zunächst die allgemeinen ministeriellen Richtlinien für die Förderung von Bodenverbesserungen zur Anwendung, zu denen seit 1956 noch die Richtlinien des „Grünen Planes“ traten; seit dem Jahre 1959 bestehen nunmehr besondere Richtlinien für die Gewährung von Zuschüssen und Krediten zur Förderung des landwirtschaftlichen Wirtschaftswegebaues im Lande Nordrhein-Westfalen (Richtlinien vom 11. 5. 1959 SMBl NW. 7816). Wesentlich ist, daß damit die Prüfung der Anträge, die Bewilligung und Auszahlung der Förderungsmittel und die Bauaufsicht von den Regierungspräsidenten und Wasserwirtschaftsämtern auf die Landkreise und kreisfreien Städte übergegangen ist. Wir haben bewußt und aus guten Gründen die mit ihren eigentlichen Aufgaben völlig überlasteten Wasserwirtschaftsämter von dieser Wegebauaufgabe entlastet und die Oberkreis- und Oberstadtdirektoren, denen in ihren Bauämtern auch sachverständige Kräfte zur Seite stehen, maßgebend und entscheidend herangezogen. Die Regierungspräsidenten – und zwar die Dezernate Wasserwirtschaft – wirken zur Steuerung und gleichmäßigen Behandlung der Vorhaben mit und verteilen die vom Land und vom Bund bereitgestellten Förderungsmittel auf die Kreise; sie sind auch befugt, die Ausführung eines Wirtschaftswegebaues und die Instandhaltung der ausgebauten Wege nachzuprüfen.

Der Bau der Wege selbst ist nicht Sache des Staates, sondern der Bauträger, die sich dieser Aufgabe aus eigener EntschlieÙung unterziehen. Nach der Natur der Dinge kommen hierfür überwiegend die Gemeinden in Frage, die sich auch allgemein der gestellten Aufgaben bereitwilligst angenommen haben; sie treten in etwa 97 % der außerhalb der Flurbereinigung geförderten Wegebaumaßnahmen als Träger auf. Neben den Gemeinden kommen ferner Wasser- und Bodenverbände und Personengemeinschaften, insbesondere Interessengemeinschaften von Landwirten, als Träger in Betracht.

Zur Förderung zugelassen sind nach den Landes- und Bundesrichtlinien diejenigen Wirtschaftswege, die dem Verkehr zwischen landwirtschaftlichen Betriebsstätten und den zugehörigen landwirtschaftlichen oder bäuerlich-forstwirtschaftlichen Nutzflächen dienen. Wirtschaftswege, die auch dem allgemeinen Verkehr von Ort zu Ort dienen (überörtliche Wege) und Wege innerhalb der Ortsbebauung, sollen in der Regel nicht gefördert werden.

Nun treten aber in der Praxis häufig Grenzfälle auf, bei denen sehr schwer zu entscheiden ist, ob die ins Auge gefaÙten Wegebauten gefördert werden können oder nicht. Die Landesrichtlinien lassen für die Einbeziehung solcher Grenzfälle einen weiten Spielraum. So können die Regierungspräsidenten auch bei überörtlichen Wegen eine dem landwirtschaftlichen Verkehrsinteresse angepaÙte anteilige Förderung zulassen, wenn derartige Wege gleichzeitig als Hauptwirtschaftswege die landwirtschaftliche Flur aufschließen. Auch die Herstellung neuer Fahrbahndecken auf bereits befestigten Wirtschaftswegen ist dann förderungsfähig, wenn die seit der Befestigung eingetretene Entwicklung des landwirtschaftlichen Verkehrs eine bessere Befestigung erfordert.

Demgegenüber lassen die Bundesrichtlinien weniger Spielraum für die Förderung der genannten Grenzfälle. Auch darf der Wirtschaftswegebau in den Gemeinden mit überwiegend gewerblichem und städtischem Charakter aus Bundesmitteln nur mit Genehmigung des Bundesministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten im Einzelfall gefördert werden. Die Förderung einer besseren (zweiten) Befestigung von Wirtschaftswegen ist nach den Bundesrichtlinien ausgeschlossen, wenn die Wege bereits einmal mit Bundesmitteln gefördert worden sind. Es ist daher besonders zu begrüÙen, daß durch eine weitere Erhöhung der Landesmittel im Rechnungsjahr 1962 eine teilweise Unabhängigkeit von der Bundesförderung erreicht worden ist, so daß die vorstehend

genannten Fälle, soweit sie nach den Landesrichtlinien förderungsfähig sind, ggf. mit Landesmitteln allein gefördert werden können.

Eine wichtige organisatorische Neuerung ist im übrigen die örtliche Prüfung der zum Ausbau vorgesehenen Wirtschaftswege durch die mitwirkenden Dienststellen. Gemäß Ziffer 8 der Landesrichtlinien vom 11. 5. 1959 stellt der Kreis als Bewilligungsbehörde die ihm mitgeteilten Wegebauvorhaben in einer Liste zusammen und macht sie in einem Meßtischblatt kenntlich. Zur gegebenen Zeit – d. h. insbesondere im Frühjahr, in der Regel auch im Herbst – führt der Kreis dann eine Besichtigung und Erörterung der in der Liste aufgeführten Bauvorhaben herbei. An dieser Besichtigung nehmen teil: der Regierungspräsident, der Kreis, das zuständige Amt für Flurbereinigung und Siedlung, die zuständige Landwirtschaftskammer (Landbauaußenstelle) und die beteiligten Gemeinden.

Die gemeinsame Besichtigung und Erörterung dient bestimmungsgemäß der Klärung und vorläufigen Feststellung, ob und in welcher Weise die in der Liste aufgeführten Bauvorhaben gefördert werden können und welche Rangfolge die Vorhaben nach ihrer Dringlichkeit haben sollen. Die Besichtigungen und Erörterungen an Ort und Stelle haben sich als eine außerordentlich nützliche und praktische Einrichtung erwiesen. In den meisten Bezirken ist es üblich geworden, über die vorgesehenen Feststellungen hinaus in diesen Termin auch die Befestigungsbreite, die Befestigungsart und die Höhe der Zuschüsse festzulegen. Das Ergebnis wird in einer Niederschrift festgehalten, so daß die früher üblichen schriftlichen Stellungnahmen der beteiligten Dienststellen im Interesse der Verwaltungsvereinfachung entfallen können. Auf diese Art und Weise wird auch am ehesten gewährleistet, daß die Wirtschaftswege den Erfordernissen des Verkehrs entsprechend ausgebaut und die staatlichen Mittel zweckentsprechend verwendet werden.

Der Wirtschaftswegebau ist bekanntlich eine kostspielige Baumaßnahme, auch wenn man nicht die Baumethoden des großen Straßenbaues anwendet, sondern sich auf eine Technik beschränkt, die dem ländlichen Wirtschaftsverkehr angepaßt ist. Im Landesdurchschnitt betragen die Kosten bei vorwiegender Anwendung von Bauweisen mit Teer, Bitumen und Zementbeton für eine 3 m breite Befestigung rd. 35 000 DM/km. Auf eine Gemeinde mit einer landwirtschaftlich genutzten Fläche von 1000 ha können 20 bis 30 km befestigte Wirtschaftswege entfallen. Die notwendigen Wegebefestigungen erfordern also Aufwendungen von rd. 1 Mio DM. Diese Aufwendungen übersteigen die Finanzkraft der ländlichen Gemeinden und lassen sich auch nicht auf die landwirtschaftlichen Betriebe abwälzen. Das Land Nordrhein-Westfalen hat schon im Jahre 1949, wie ich eingangs bereits ausführte – erkannt, daß hier staatliche Hilfe eingesetzt werden muß. Landesregierung und Landtag fördern daher seit 1949 mit steigenden Zuschußmitteln den Wirtschaftswegebau als einen besonderen Zweig der Bodenverbesserung.

Die finanzielle Förderung selbst besteht in der Gewährung von Zuschüssen zu den Gesamtkosten des Wegebauvorhabens sowie in der Regel in der Bereitstellung zinsgünstiger Darlehen. Der Zuschuß ist weder in der Summe noch in Prozenten der Kosten starr festgelegt, sondern muß im Einzelfall nach der Leistungsfähigkeit und damit nach der Zuschußbedürftigkeit des Trägers bemessen werden. Im allgemeinen ist ein Höchstsatz des Zuschusses von 50% der Gesamtbaukosten vorgesehen. Auf Grund eines ergänzenden Runderlasses meines Hauses vom 18. 9. 1961 kann aber in den rein ländlichen Gemeinden, deren Steueraufkommen im wesentlichen aus der Grundsteuer A besteht, mit Zustimmung des Regierungspräsidenten ein höherer Zuschuß bis zu 80% gewährt werden. In den von der Natur benachteiligten Gebieten – sie sind in einem generellen Erlaß festgelegt – kann der höhere Zuschuß, vorausgesetzt, daß im Einzelfall das Bedürfnis dafür besteht, ohne Zustimmung des Regierungspräsidenten von den Kreisen gewährt werden.

Von den Einzelmaßnahmen aus gesehen läßt sich ein Bauvorhaben naturgemäß um so leichter finanzieren, je höher die staatlichen Zuschüsse sind. Die Kreise dürfen aber bei der Bemessung der Zuschüsse nicht die Finanzierung ihres gesamten Bauprogramms außer acht lassen. Sie können nicht damit rechnen, daß die höheren Zuschüsse im Einzelfalle auch höhere Mittelzuteilungen für den betreffenden Kreis insgesamt zur Folge haben. Die Folgerung: je höher die Zuschüsse, um so weniger Kilometer hat jeder Kreis in eigener Verantwortung zu ziehen.

Ich verkenne nicht, daß mit fortschreitendem Ausbau der notwendigen Wegebefestigungen die Finanzierungsschwierigkeiten für alle Gemeinden wachsen, so daß eine gewisse Aufwärtsbewegung der Zuschußsätze seine Berechtigung hat. Für die gemeindlichen Träger ist naturgemäß die Frage wesentlich, wie ihre Eigenleistung und die Bedienung der aufgenommenen Darlehen aufzubringen ist. Die Gemeinden können dazu die Interessenten, insbesondere diejenigen, die von dem Wirtschaftswegebau Vorteil haben, heranziehen. Sie sollten dies im allgemeinen auch tun; wenn sie darauf verzichten, so können sie nicht ohne weiteres erwarten, daß sie den höchstmöglichen Zuschuß erhalten, lediglich mit der Begründung, daß sie selbst zur Aufbringung der Eigenleistungen aus ihrem Haushalt nicht in der Lage sind.

Mit Rücksicht auf das umfangreiche Gesamtprogramm und die Bemühungen von Landes- und Bundesregierung um eine großzügige Hilfe beim Ausbau der Wirtschaftswege muß gefordert werden, daß auch die finanziellen Möglichkeiten der Ausbauträger bzw. der Wegebauinteressenten ausgeschöpft werden.

Die Richtlinien vom 11. 5. 1959 sehen davon ab, technische Einzelheiten, insbesondere hinsichtlich der Wahl und der Ausführung der Befestigungsart vorzuschreiben. Die Wahl der Bauweisen ist vielmehr den Gemeinden freigestellt. Die Zuwendungsmittel des Staates sind aber so wirtschaftlich und sparsam wie möglich zu verwenden. Daher ist es Aufgabe einer verantwortlichen Prüfung durch die Gemeinde und die Bewilligungsbehörde, jeweils die Befestigungsart zu wählen, die den Anforderungen des landwirtschaftlichen Verkehrs in ausreichendem Maße genügt. Wenn aus irgendwelchen Gründen die Gemeinde beabsichtigt, eine aufwendigere Befestigung auszuführen, so steht das in ihrem Ermessen. In diesem Falle kann aber die staatliche Förderung nur nach dem von der Bewilligungsbehörde für erforderlich gehaltenen Bauaufwand bemessen werden.

In Flurbereinigungen werden die staatlichen Ämter für Flurbereinigung und Siedlung beim Wirtschaftswegebau unmittelbar und maßgeblich tätig. Eine Flurbereinigung soll bekanntlich eine optimale Neuordnung, eine sogenannte Integralmelioration in dem betreffenden ländlichen Gebiet herbeiführen. Ein Teil der Aufgabe – und nicht der unwichtigste – besteht, wie eingangs erwähnt, in Entwurf und Anlage von Wegen; das Netz der bestehenden Verkehrswege ist so zu verdichten und auszubauen, daß alle betrieblichen Interessen der Teilnehmer aus Land- und Forstwirtschaft erfüllt werden. Die neuen Wege sollen kürzeste Verbindung zwischen Hof und Feld darstellen und alle Grundstücke schnell, einfach und sicher zugänglich machen. Dazu kann auch ein gewisser Querverkehr zwischen den einzelnen Feldlagen gehören. In der Flurbereinigung besteht die gesetzliche Verpflichtung, die Wegedichte den Betriebsgrößen und -arten anzupassen und nur die unbedingt erforderlichen Wege herzustellen. Es muß auch eine verantwortungsbewußte Auswahl hinsichtlich der Notwendigkeit und Güte der Befestigungen getroffen werden. In der Regel können in Flurbereinigungen nur wenige herkömmliche Wirt-

schaftswege angehalten werden. Deshalb müssen die erforderlichen neuen Wege zur Vermeidung von Bewirtschaftungsschwierigkeiten schnell und in notwendigem Umfange geschaffen werden. In diesem Zusammenhang sei erwähnt, daß die Neugestaltung der Gebiete oft auch die Änderung oder Neuanlage von Wegen für den allgemeinen Verkehr erforderlich macht. Somit kommen Wegeausbauten und damit Befestigungen vielfältiger Art vor, die vom einfachen Erdweg bis zum Neubau leistungsfähiger befestigter Wege auf unberührtem Boden reichen.

In Flurbereinigungen werden Entwurf, Ausschreibung und Bauausführung – wie ich schon sagte – von den Ämtern für Flurbereinigung und Siedlung vorbereitet, gelenkt und überwacht, wenn auch formeller Träger der Baumaßnahme die Teilnehmergeinschaft ist. Der beachtliche Umfang der Baumaßnahmen bietet viele Vorteile, wie schnelle, zügige Bauausführung, u. U. die Anwendung von Bauweisen, die nicht ortsüblich sind, die besondere oder kostspielige Baumaschinen oder eingehendere Sachkenntnis erfordern. Bei bekannten und bewährten Bauweisen werden zumeist günstige Bedingungen und Preise erzielt. Die Bauausführung ist in der Regel wirtschaftlich und preisgünstig, die Bauüberwachung ist einfacher als bei Baustrecken kleineren Umfangs. Im geschilderten Rahmen können auch Versuche größeren Umfangs durchgeführt werden; so haben unsere Landeskulturämter bereits 1953 erste Versuchsstrecken angelegt. Die bisherigen Erfahrungen in Flurbereinigungen gestatten auch einen Überblick über die erstrebenswerte Wegedichte und das Ausmaß der Wegebefestigungen. Im Durchschnitt werden

- $\frac{1}{3}$ der Wegestrecken in guter,
 - $\frac{1}{3}$ derselben in einfacher und
 - $\frac{1}{3}$ ohne Befestigung für erforderlich,
- andererseits auch für ausreichend gehalten.

Nach dem Flurbereinigungsgesetz von 1953 hat die Teilnehmergeinschaft die gemeinschaftlichen Anlagen – dazu gehören in erster Linie die Wege – herzustellen und bis zur Übergabe an den Unterhaltungspflichtigen zu unterhalten. Die Kosten der Wegebefestigung machen schon nahezu 50% der Ausführungskosten aus. Letztere sind in der Regel so erheblich, daß die Teilnehmergeinschaften sie nicht allein aufbringen können. Da zudem an der Durchführung der Flurbereinigung und damit an der verkehrsgerechten Ausgestaltung des Wegenetzes ein öffentliches Interesse besteht, werden Zuschüsse und Darlehen aus Bundes- und Landesmitteln gewährt. Maßgebend sind hierfür die Richtlinien für die Verwendung der Bundeshaushaltsmittel zur Förderung der Flurbereinigung vom 12. Mai 1958 und die Richtlinien des Landes Nordrhein-Westfalen für die Gewährung von Zuschüssen aus Mitteln des Landeshaushaltes für Flurbereinigungsmaßnahmen in der Fassung vom 7. September 1960.

Im Hinblick auf die erheblichen Kosten, die den einzelnen Teilnehmern auch noch nach erfolgter Durchführung der Flurbereinigung durch die Folgemaßnahmen entstehen, sind die Zuschüsse in Nordrhein-Westfalen so bemessen, daß die landwirtschaftlichen Betriebe nicht in ihrer Existenz gefährdet werden; sie liegen zwischen 60 und 90%, im Mittel bei 80%. Für den Restbetrag werden in der Regel Darlehen aufgenommen, deren Rückzahlung einschließlich Verzinsung durch die Teilnehmergeinschaft vorgenommen wird. Infolgedessen brauchen die Teilnehmer erst dann Geldbeträge zu leisten, wenn sie in den Genuß der Vorteile der Flurbereinigung gelangen können.

Diese Art der Finanzierung fördert seit Jahren die Vergabe und Bauausführung auch der Wegearbeiten in großen Losen.

Außerhalb der Flurbereinigung sind von 1949 bis Ende 1961 mit Hilfe von Landes- und Bundesmitteln 11 800 km Wirtschaftswege mit einem Kostenaufwand von 310 Mio DM befestigt worden. Dazu wurden 137 Mio DM Zuschüsse und 74 Mio DM zinsgünstige Darlehen gewährt. Abgesehen von der Aufnahme dieser Darlehensschuld haben die Gemeinden und Landwirte Eigenleistungen in Höhe von 99 Mio DM aufgebracht.

Innerhalb der Flurbereinigung wurden von 1949 bis Ende 1961 17 500 km Wirtschaftswege im Erdbau hergestellt, und davon 5 200 km befestigt. Die Kosten für Ausbau und Befestigung betragen 154 Mio DM. Dazu wurden durchschnittlich 60% Zuschüsse gewährt.

Insgesamt wurden im Lande Nordrhein-Westfalen von 1949 bis Ende 1961 mit Hilfe von Landes- und Bundesmitteln bei einem Aufwand von fast einer halben Milliarde DM 17 500 km Wirtschaftswege im Erdbau hergestellt und 17 000 km Wirtschaftswege befestigt.

Meine Damen und Herren: 17 000 km bisher befestigte Wirtschaftswege! Diese Zahl 17 000 spricht sich so leicht aus. Man sollte sich einmal kurz vor Augen führen, daß das eine Strecke ist, die 210mal so lang ist wie die Entfernung von Düsseldorf nach Bonn oder mehr als 20mal so lang wie der Weg von Hamburg nach München.

Mit dieser Leistung liegt unser Land weit über dem Bundesdurchschnitt und hat bereits über 40% der nach heutiger Erkenntnis notwendigen Wegebefestigungen fertiggestellt. Die Kosten im Durchschnitt betragen im Jahre 1960 rund 32 000 DM/km gegenüber dem Bundesdurchschnitt von 45 300 DM/km.

Durch die ansteigenden Lohn- und Materialkosten, insbesondere auch durch die Ausführung besserer Wegebefestigungen, haben sich die durchschnittlichen Kosten inzwischen auf 35 000 DM/km erhöht.

Zum Schluß meiner Ausführungen gestatten Sie bitte noch einige Worte über die Unterhaltung der Wirtschaftswege. In gewissem Umfange kann der Zerstörung der Wege bereits durch schonende Benutzung begegnet werden. Die Kreise, Gemeinden, landwirtschaftlichen Dienststellen und Organisationen und die Interessenten sollten immer wieder darauf hinweisen und Vorkehrungen treffen, daß die befestigten Wege bei den Bestellarbeiten geschont und z. B. nicht zum Wenden benutzt werden. Grober Schmutz auf den Wegen und Hindernisse in den Gräben, die die Vorflut stören, sollten ohne Anforderung von den Anliegern selbst beseitigt werden. Da hohe Geschwindigkeiten, insbesondere infolge der Saugwirkung der Gummibereifung die Wegebefestigung besonders stark angreifen, sollte die Einführung von Geschwindigkeitsbeschränkungen oder überhaupt eine Sperrung für bestimmte Fahrzeuge erfolgen, insbesondere wenn auf den Wegen nach der Befestigung ein allgemeiner Verkehr stattfindet. Nun werden aber, auch wenn all diese Empfehlungen beachtet werden, die befestigten Wege einer stetigen Abnutzung unterliegen, die eine laufende Unterhaltung und insbesondere nach einigen Jahren eine neue Verschleißschicht erfordert. Alle Bauträger, die eine staatliche Förderung bei der Befestigung von Wirtschaftswegen erhalten, müssen sich verpflichten, diese Unterhaltung ordnungsmäßig vorzunehmen oder vornehmen zu lassen. Regelmäßige Wegeschauen durch den Kreis sind in besonderem Maße geeignet, die Unterhaltung sicherzustellen und etwaige Mängel zu beseitigen.

In Flurbereinigungen wird seit Jahrzehnten die Unterhaltung der Wege durch Rezeß oder Flurbereinigungsplan geregelt. Letzterer hat für die Festsetzung, die im gemeinschaftlichen Interesse der Beteiligten oder der Öffentlichkeit getroffen werden, die Wirkung von Gemeindecapitulationen. Damit sind die Grundlagen für eine Verteilung der Unterhaltungslasten gegeben. Für die durch ein Auseinandersetzungsverfahren begründeten

gemeinschaftlichen Anlagen, zu denen in erster Linie ja die Wirtschaftswege gehören, hat das nordrhein-westfälische Gesetz vom 9. 4. 1956 den Gemeinden die Verwaltung übertragen. Zugleich wurde durch dieses Gesetz die Möglichkeit geschaffen, die Unterhaltung älterer Wege usw. zu erwirken und die damit im Zusammenhang entstehenden Kosten aufzubringen und zu verteilen. Es dürfte interessieren, daß die Wirtschaftswege in Flurbereinigungen bisher fast immer den Gemeinden zu Eigentum und Unterhaltung zugeteilt wurden. Nun ist festzustellen, daß die Gemeinden durch die Unterhaltung der Wirtschaftswege eine zunehmende Belastung erwächst, die vor allem für die finanzschwachen Gemeinden recht fühlbar wird. Es finden daher interministerielle Besprechungen statt, in denen geprüft wird, ob und ggf. in welcher Weise für die Unterhaltung der Wirtschaftswege staatliche Hilfen geleistet werden können. Ich bin der Auffassung, daß grundsätzlich zur Förderung der Unterhaltung der Wirtschaftswege etwas geschehen sollte, damit die in die Wirtschaftswege investierten Hunderte von Millionen öffentlicher Mittel nicht z. T. verfallen. In diesem Sinne wird sich auch das Ministerium weiter bemühen, ohne daß im Augenblick etwas Bestimmtes darüber gesagt werden kann.

Abschließend und zusammenfassend ist festzustellen, daß der Befestigung von Wirtschaftswegen eine sehr große Bedeutung zukommt. Die zuständigen staatlichen Stellen in Bund und Land haben rechtzeitig die immer dringender werdende Notwendigkeit erkannt und die erforderlichen Maßnahmen eingeleitet. In unserem Lande sind bereits über 40% der erforderlichen Strecken – wie ich bereits sagte – befestigt. Die Mittel für eine großzügige Fortsetzung der Befestigungsmaßnahmen von jährlich 3–3500 km innerhalb und außerhalb der Flurbereinigung sind vorgesehen bzw. beantragt. Es kann demnach erwartet werden, daß in absehbarer Zeit, d. h. in gut 10 Jahren etwa, die notwendigen Wirtschaftswege befestigt sein werden. Dann werden vor allem die landwirtschaftlichen Betriebe in der Lage sein, die zur Bewirtschaftung ihrer Flächen notwendigen Fahrten auf guten Wegen schnell und sicher zur erforderlichen Zeit durchzuführen. Die befestigten Wege werden dann sicherlich ihr Teil dazu beitragen, daß unsere Landwirtschaft in der EWG erfolgreich bestehen kann.

Einteilung ländlicher Wege und ihre Verkehrsbelastungen

Regierungsdirektor Dipl.-Ing. B. Klempert, Düsseldorf

1. Einleitung

In der Bundesrepublik ist sowohl das Recht der Straßen als auch das der Wege uneinheitlich. Für Bau und Unterhaltung von Straßen aller Art gibt es einheitliche technische Vorschriften bzw. Richtlinien oder Merkblätter der Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen. Die Schaffung einheitlicher technischer Begriffe und Vorschriften für den ländlichen Wegebau ist nach langen Bemühungen abgeschlossen¹⁾. In den Richtlinien für Entwurf, Bau und Unterhaltung ländlicher Wege hat schon 1956 der Arbeitsausschuß „Ländliche Wege“ der Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen eine Einteilung der in den landwirtschaftlichen Gebieten vorkommenden ländlichen Wege eingeführt:

Ortsverbindungswege,
Hauptwirtschaftswege und
Wirtschaftswege.

Diese Bezeichnungen sind weit verbreitet, aber nicht erschöpfend.

1959 erschienen vom Kuratorium für Kulturbauwesen Richtlinien für den landwirtschaftlichen Wirtschaftswegebau²⁾. Diese behandeln ebenso wie die Richtlinien zu dessen Förderung durch Bund und Länder nur landwirtschaftliche Wirtschaftswege.

Für die Einteilung der Waldwege wurde etwa gleichzeitig eine Einteilung in Hauptwege, Zubringerwege und Rückewege vorgeschlagen.

Aus technischer Sicht erscheint es erforderlich, eine systematische Einteilung aller ländlichen Wege vorzunehmen und hiermit zusammenhängende wichtige Begriffe einheitlich zu gestalten. Diese sollen von den zahlreichen beim ländlichen Wegebau Tätigen in den Länderverwaltungen für Flurbereinigung, Forst- und Wasserwirtschaft, den Kreisen, Ämtern und Gemeinden, in Forstdienststellen und von Privatpersonen bei Besprechungen, Ausschreibungen sowie beim Bau selbst benutzt werden. Es soll versucht werden, Wegebezeichnungen vorzuschlagen, die mit den rechtlichen Bestimmungen in den Ländern übereinstimmen oder in Übereinstimmung gebracht werden können.

2. Ländlicher Verkehr

2. 1. Verkehrsbelastungen

Für die Einteilung ländlicher Wege kann eine unterschiedliche Belastung maßgebend sein. Diese umfaßt:

1. Die Verkehrszeiten. Diese sind bei ländlichen Wegen vielfach entscheidend, weil bei den notwendigerweise anzuwendenden geringen Befestigungsdicken eine Verkehrsruhe oder Belastung in kritischen Tagen des Frostaufgangs wegen der dann möglichen Schäden durch schwere Fahrzeuge ausschlaggebend sein können. Die zeitliche Verteilung des Verkehrs kann sich weiterhin auf den Tagesablauf, auf das ganze Jahr oder Teile desselben, und zwar gleichmäßig, unregelmäßig oder nur periodisch erstrecken.

¹⁾ Siehe: Merkblatt für die Befestigung land- und forstwirtschaftlicher Wege, 1964, Forschungsgesellschaft f. d. Straßenwesen e. V., Arbeitsausschuß „Ländliche Wege“, 5 Köln, Maastrichter Straße 45.

²⁾ Neuausgabe erfolgt 1965.

2. Die **V e r k e h r s a r t**. Diese ist entweder durch allgemeinen ländlichen oder speziellen land- oder forstwirtschaftlichen Verkehr oder eine Mischung derselben gekennzeichnet. Der Verkehr kann zudem ein schwerer, mittelschwerer, leichter oder sogar geringer sein.
3. **A c h s l a s t e n**. Sie können im ruhenden sowie im Fahrverkehr bedeutsam sein.
4. **Geschwindigkeiten**, mit denen die Lasten bewegt werden.
5. Die **Häufigkeit der Lastwechsel**; diese können durch die Verkehrsmenge gekennzeichnet werden.

2. 2. Allgemeiner ländlicher Verkehr

Der allgemeine ländliche Verkehr ist ein „gemischter Verkehr“. Er wird durch einen großen Anteil an schnellfahrenden leichten Kraftfahrzeugen mit Geschwindigkeiten über 40 km/h gekennzeichnet. Daneben findet etwa wie auf Landstraßen ein im Umfang wechselnder Verkehr mit schweren Lasten sowie langsamen land- und forstwirtschaftlichen Fahrzeugen statt. Somit dient der allgemeine ländliche Verkehr vorwiegend überörtlichen Aufgaben, nämlich dem Verkehr zwischen Ortschaften, Weilern, einzelnen Gastwirtschaften, Mühlen oder dem Anschluß an Straßen des übergeordneten Netzes. Der Verkehr ohne Aufenthalt im freien Feld oder im Wald ist kennzeichnend.

Die Reihenfolge der teilnehmenden Fahrzeuge ihrer Bedeutung nach sind: PKW, leichte LKW, Motor- und Fahrräder, land- und forstwirtschaftliche Fahrzeuge, motorisiert oder bespannt, Omnibusse, Schwertransporte.

Der allgemeine ländliche Verkehr findet ohne jahreszeitliche Unterbrechungen statt. Er ist zügig und nicht richtungsgebunden; Spitzenverkehr tritt selten auf.

2. 3. Der landwirtschaftliche Verkehr

Der landwirtschaftliche Verkehr ist dagegen ein klar erkennbarer typischer Sonderverkehr. Hier herrschen landwirtschaftliche Fahrzeuge aller Art vor, insbesondere **A c k e r s c h l e p p e r** ohne und mit Anbaugeräten oder Ackerwagen sowie angehängten landwirtschaftlichen Maschinen und Geräten. Auch ein **G e s p a n n v e r k e h r** ohne und mit Ackerwagen oder landwirtschaftlichen Maschinen und Geräten ist gebietsweise noch bedeutsam. Weiter sind anzutreffen: selbstfahrende landwirtschaftliche Maschinen, PKW, Motor- und Fahrräder, ausnahmsweise auch LKW.

Der landwirtschaftliche Verkehr wird ausschließlich durch landwirtschaftlich-betriebswirtschaftliche Erfordernisse bestimmt. Er soll einen Verkehr Hof- bzw. Verarbeitungsstelle-Feld und umgekehrt ermöglichen.

Er ist jahreszeitlich stark unterschiedlich und hängt von der Bodennutzung sowie von der Intensität der Betriebe stark ab. An Sonn- und Feiertagen, an Tagen mit starken Niederschlägen, bei starkem Frost und in den Wachstumsperioden ruht er fast vollständig. Er ist am stärksten in den Bestellungs-, Pflege- und Erntezeiten sowie bei Düngereinfahrten. Die Fahrten von Schleppern ohne Ackerwagen oder Maschinen sowie die leichten Transporte sind zahlenmäßig umfangreicher als die schweren. Der landwirtschaftliche Verkehr ist überwiegend langsam, mit Geschwindigkeiten bis zu 20 km/h. Auf Hauptwirtschaftswegen können mittlere Geschwindigkeiten von 20–40 km/h erwartet werden.

Wenn auch lange Zeiten der Verkehrsruhe in der Regel ein Vorteil sind, so fehlt doch die für verschiedene Bauweisen erforderliche Nachverdichtung, zumal die geringen Fahrbahnbreiten in der Regel nur ein einspuriges Befahren zulassen.

Der landwirtschaftliche Verkehr ist zeitweise stark richtungsgebunden: vor- und nachmittags: Hof – Feld, mittags und abends: Feld – Hof.

Der landwirtschaftliche Verkehr benutzt kurze Strecken, er ist nicht zügig. Zahlreiche An-, Ab- und Auffahrtstellen sind über die ganzen Wegestrecken unregelmäßig verteilt. Dort treten ebenso wie bei nicht statthaftem Wenden zusätzliche, gegebenenfalls sehr starke Schubkräfte auf.

2. 4. Der forstwirtschaftliche Verkehr

Der forstwirtschaftliche Verkehr ist zur Erfüllung forst-betrieblicher Aufgaben, wie Neuanpflanzung, Erhaltung, Pflege und Nutzung des Waldbestandes sowie für die Ausübung der Jagd erforderlich.

Folgende Fahrzeuge sind überwiegend anzutreffen:

LKW, Schlepper bzw. UNIMOG u. a. Zugmaschinen mit und ohne Nachläufer bzw. Anhänger, PKW, Gespannfahrzeuge für die Holzabfuhr, Motor- und Fahrräder.

Bei Durchforstungen, Kahlhieb oder Plenterbetrieb ist der forstwirtschaftliche Verkehr für kurze Zeit örtlich stärker und teilweise sehr schwer. Der Anteil des Schwerlastverkehrs wird vorwiegend durch die Menge verfügbaren Nutzholzes bestimmt. Eine Durchforstung bringt je ha 4–12 fm \approx 30 t Transportlasten. Belastungen mit über 500 fm/ha und Jahr bilden eine Ausnahme, z. B. bei Katastrophen. Die Lasten bei der Lang- und Nutzholzabfuhr sowie bei Baumaßnahmen sind sehr schwer; das Holz soll ohne Umladen aus dem Wald heraus zu den Verwendungsstellen bzw. Bahnhöfen geführt werden. Die bäuerliche Holznutzung bringt Transporte – ggf. bergauf – zu den Gehöften und Viehweiden.

Waldwege sind zum Teil und an geeigneten Stellen zugleich Arbeitsplätze (Holzbereitung, Laden). – Das Waldwegenetz soll ggf. Waldbrandbekämpfungsmaßnahmen erleichtern.

Fahrten auf Waldwegen erreichen auf Hauptwegen Geschwindigkeiten bis zu 40 km/h, auf Zubringer- und Rückewegen bis zu 20 km/h.

Der forstwirtschaftliche Verkehr findet auf Hauptwegen während des ganzen Jahres statt.

Hauptwege sind unbedingt LKW-fähig; sie erschließen Waldgebiete allgemein, stehen mit öffentlichen Straßen in Verbindung und sollen einen Lastverkehr in beiden Richtungen ermöglichen. Auf Hauptwegen werden Verkehrslasten mit 500–5000 fm Holzmenge, ggf. noch mehr im Jahr bewegt.

Zubringerwege sind bedingt LKW-fähig und nur forstorts- bis lokalaufschließend. Linienführung und Querschnittgestaltung gestatten eine Verkehrssicherheit für LKW, jedoch meist nur mit Lastverkehr in e i n e r Richtung. Sie sind überwiegend entweder von Natur aus tragfähig oder einfach befestigt, so daß sie g a n z j ä h r i g, wenngleich langsam, befahren werden können. Die jährliche Durchschnittsbelastung liegt unter 500 fm Holzmenge. Wegen der geringen Länge des Einzelweges entfällt der Gegenverkehr. Ausweichstellen sind unnötig, Wendestellen bei Stichwegen erforderlich.

Rückewege werden nur von geländegängigen Radschleppern, allradangetriebenen Fahrzeugen, z. B. Unimog, sowie Schlitten und Gespannen benutzt. Sie dienen ganzjährig dem Herausrücken von unzerlegten Bäumen bzw. Baumteilen.

3. Fahrzeuge des ländlichen Verkehrs

Auf ländlichen Wegen verkehren, vornehmlich beim allgemeinen ländlichen Verkehr, die bekannten Fahrzeuge des Straßenverkehrs, wie PKW, leichte (bis 4 t Achslast) und schwere LKW (über 4 t Achslast) mit und ohne Anhänger, Krafträder, Mopeds und Fahrräder, gelegentlich Baumaschinen und Handwagen.

Bei den weiterhin anzutreffenden landwirtschaftlichen Fahrzeugen können unterschieden werden:

1. Zugmittel: Ackerschlepper, Geräteträger, Unimog und dergl., Gespanne
Überwiegend werden Ackerschlepper eingesetzt. Noch überwiegen die leichten unter 20 PS. Der Trend geht zum schwereren Typ. Ihre Achslasten sind in der Regel unter 3 t, selbst unter Berücksichtigung von Stützlasten der Anhänger. Selbstfahrende landwirtschaftliche Maschinen sind selten.
2. Die Bestellungs- und Pflegemaschinen sind durchweg sehr leicht, neuerdings gummibereift. Sie werden meist nur ins Feld gebracht, wenn sie gefahrlos auf dem Acker bewegt werden können und dann mit mäßigen Geschwindigkeiten. Ihre Belastung ist, sofern keine Stollen oder Eisenteile Schäden an der Fahrbahndecke hervorrufen, für ländliche Wege ohne Bedeutung. Der Transport solcher Maschinen oder Geräte auf Schleifen oder Schlitten sollte jedoch verboten werden.
3. Auch Mähdrescher stellen keine besondere Belastung landwirtschaftlicher Wege dar, werden sie in der Regel doch bei gutem Wetter eingesetzt.
4. Kartoffel-, Rübenroder sowie sonstige Vollerntemaschinen sind zu beachten, insbesondere, wenn ihre Achslast größer als 3 t ist.
5. Die Fahrzeuge für den Transport von Nutzlasten oder Maschinen sind typisch und dabei unterschiedlich. Hier gibt es immer noch eisenbereifte Einachskarren und zweiachsige Wagen, deren Gesamtgewicht unter 1 bzw. 3 t bleibt. Bei der überwiegenden Zahl der gummibereiften Wagen gibt es wiederum Einachsanhänger als Transportfahrzeug oder Düngerstreuer mit Achslasten von 2, 3 und sogar 5 t. Zweiachsanhänger für den landwirtschaftlichen Verkehr haben heute Achslasten zwischen 2 und 4 t.

Für die Abfuhr von Holz zur Verwendung auf dem Bauernhof werden in der Regel die unter 5 erwähnten Fahrzeuge benutzt. Nutzholz wird dagegen überwiegend auf Langholzfahrzeugen, und zwar mit LKW oder Zugmaschinen mit Nachläufern über Waldwege, aber auch über Feldwege transportiert. Hierbei sind die im ländlichen Verkehr stärksten Achslasten zu erwarten, die bis zu 10 t ausmachen können.

Die im ländlichen Verkehr anzutreffenden Fahrzeuge können wie folgt zusammengefaßt werden:

Leichte Fahrzeuge bis zu 3 t Achslasten, mit überwiegend äußeren Spurweiten der maßgebenden Fahrzeuge bis zu 1,6 m Breite, vornehmlich Einachsanhänger und leichte landwirtschaftliche Zweiachsanhänger, hierunter fallen auch fast alle Ackerschlepper.

Mittelschwere Fahrzeuge mit Achslasten von 3 t bis 5 t, mit überwiegend äußeren Spurweiten der maßgebenden Fahrzeuge bis zu 2,0 m Breite, insbesondere schwere Zweiachsanhänger.

Schwere Fahrzeuge mit Achslasten von 5 t bis 10 t, mit überwiegend äußeren Spurweiten bis zu 2,5 m Breite (Transporte mit LKW bei Lang- und Nutzholz, Düngemitteln, Zuckerrübenabfuhr usw.).

Die auf den ländlichen Wegen verkehrenden Fahrzeuge können folgende statischen Flächendrücke hervorrufen:

1. bei eisenbereiften Fahrzeugen sind nach der Straßenverkehrszulassungsordnung in der Fassung vom 6. 12. 1960 125 kg je cm Reifenbreite zulässig. Erwartet werden können aber nur etwa 10 kg auf festgefahrener Schotterdecke, 25–70 kg auf Zementbeton und etwa 10 kg je 1 cm Felgenbreite bei gutem Erdweg.

2. bei gummibereiften Fahrzeugen kann in der Regel bis zu 5 kg/cm² gerechnet werden, die bei Schleppern und schweren LKW bis zu rd. 10 kg/cm² ansteigen können.

Bei gummibereiftem Verkehr mit Geschwindigkeiten bis zu 20 km/h können die dynamischen Kräfte oft den statischen gleichgesetzt werden. Es können aber auch die von den Achsen im Betrieb auf die Fahrbahn übertragenen Kräfte unter dem Einfluß von Fahr-

zeuigeigenschaften der Achslastverteilung, der Fahrbahnbeschaffenheit und der Geschwindigkeit bis zum Dreifachen der statischen Achslast ansteigen.

Ungünstige Verhältnisse, wie sie gerade bei ländlichen Wegen vorkommen können, wie z. B. ungeeignete Querneigung oder ungleiche Verteilung der Gesamtlast können die Werte weiter erhöhen.

Eisen- und Vollgummireifen rufen bei Geschwindigkeiten zwischen 10 und 25 km/h die höchsten Drücke hervor.

Bei ruhender Last oder bei Kriechgeschwindigkeiten sind Formveränderungen in den Befestigungsschichten möglich.

Die auftretenden waagerechten Kräfte in Fahrtrichtung und quer zu ihr liegen bei etwa 0,5 bis 0,7 der eben genannten Druckkräfte.

4. Geschwindigkeiten

Die Geschwindigkeiten auf ländlichen Wegen wurden bereits erwähnt. Die Fahrzeuge des allgemeinen Verkehrs nutzen die möglichen Geschwindigkeiten aus. Viele Fahrzeuge der Land- und Forstwirtschaft, insbesondere Ackerschlepper, werden so ausgestattet, daß sie nur Geschwindigkeiten bis zu 20 km/h erzielen, weil dann erleichterte Bedingungen für Betrieb, Zulassung, Haftpflicht, Steuer, Bremsen usw. eintreten. Nach Ansicht des Schlepperforschungsinstituts in Braunschweig werden diese Fahrzeuge noch lange bestimmend bleiben, selbst wenn künftig Schlepper entsprechend den internationalen Typen mit höheren Geschwindigkeiten gebaut werden sollten.

Für die Geschwindigkeiten werden folgende Unterschiede vorgeschlagen:

- langsamer ländlicher Verkehr mit überwiegenden Geschwindigkeiten bis 20 km/h
- mittelschneller ländl. Verkehr 20–40 km/h,
- schneller ländl. Verkehr über 40 km/h.

5. Verkehrsmengen und Verkehrszeiten

Eine örtliche Feststellung der Verkehrsmenge (d. i. die Zahl der Fahrzeuge an bestimmten Punkten je Zeiteinheit, im vorliegenden Falle je Tag) ist im Regelfalle nicht zweckmäßig. Eine Bemessung nach Einheiten, wie z. B. im Straßenverkehr nach PKW-Einheiten, führt nicht zu brauchbaren Angaben. Wird beispielsweise die Verkehrsbelastung mit 100 Schleppereinheiten angenommen, so kann dies die Fahrzeugfolge von 100 leichten Fahrzeugen wie PKW oder eine solche von 33 beladenen Schlepperzügen mit je 2 Anhängern und Achslasten bis zu 5 t bedeuten. Die letztere kann aber gegenüber der ersten sehr gefährlich werden. Um eine geeignete Bemessungsgrundlage zu finden, wurden die für jede Wegeart kritischen Verkehrszeiten und die dann anfallenden Verkehrsmengen untersucht. Denn bei den üblicherweise angewandten dünnen Befestigungen können in den Tagen des Frost- bzw. Tauaufganges sowie bisweilen auch in denen einer völligen Durchfeuchtung des umgebenden Ackers Schäden an den Wegen eintreten. Dies gilt insbesondere für den land- und forstwirtschaftlichen Verkehr, wo Schäden nur durch schwere Fahrzeuge, die deshalb vor jeder Wegebefestigung erfaßt werden müssen, entstehen. Bei Wegen mit überwiegend allgemeinem ländlichen Verkehr können dagegen Durchschnittswerte geschätzt werden.

Um brauchbare Werte über Verkehrsmengen auf ländlichen Wegen zu erhalten, wurden versuchsweise einige Verkehrszählungen veranstaltet (s. Tabelle 1). Der Weg in Stra-

berg wurde 1957 gebaut, an ihm wurden 6 Aussiedlungen errichtet. Nach und nach entwickelte sich dort ein erheblicher allgemeiner Verkehr, der zur Aufstufung des Ortsverbindungsweges zur Kreisstraße führen wird.

Fahrzeugart	Beobachtungsraum		
	Straberg 8. 2. 62	Oberempt 23. u. 24. 10. 61 (Zuckerrübenernte)	
Pferdewagen	–	–	1
Schlepper mit und ohne Anhänger, leer	3	23	39
Schlepper mit und ohne Anhänger, beladen	3	11	19
Landwirtschaftliche Fahrzeuge	6	34	59
LKW leer	4		2
LKW beladen	14		1
Lastfahrzeuge	24	34	62
davon beladen	17	11	22
PKW	114	5	15
Krafträder, Mopeds	28	15	11
Personenfahrzeuge	142	20	26
Fahrzeuge insgesamt:	166	54	88

Tabelle 1

In Oberempt wurde dagegen ein Weg gewählt, der als nachgeordnete Verbindung zum übergeordneten Straßennetz führt. (Der Weg ist 2,5 km lang und erschließt 160 ha). Nach der bisherigen Einteilung ist der Weg in Oberempt zu den Ortsverbindungen zu rechnen.

Eine theoretische Untersuchung der Verkehrsmengen auf landwirtschaftlichen Wegen folgte. Diese werden stark durch die Anzahl der örtlich vorhandenen Schlepper bzw. tierischen Gespanne, die Feldentfernungen, Lade- und Entlademöglichkeiten, Wegezustand, Fahrereigenschaften usw. bestimmt und letztlich durch die für die Feldarbeiten zur Verfügung stehenden Tage *b e g r e n z t*, denn schwere Transporte werden tatsächlich nur an solchen Tagen vorgenommen. Dr. Kreher (Leistungszahlen für Arbeitsvoranschläge und der Arbeitsvoranschlag im Bauernhof, Kreuznach 1955) macht folgende Angaben über die in Nordrhein-Westfalen verfügbaren Tage für die Feldarbeiten.

Frühjahrsbestellung	42-44	Tage
Hackfruchtpflege und Heuernte	30-31	„
Getreideernte u. anschl. Bestellung	34-37	„
Hackfruchternte	61-61	„
Spätherbstarbeiten	16-20	„
insgesamt:	183-193	Tage

Diese verteilen sich vornehmlich auf die Zeit vom 19. 3. bis 14. 12. (= 269 Kal. Tage).

Da nicht alle Tage ausgenutzt werden, sind landwirtschaftliche Wege vielfach ein halbes Jahr ohne Verkehr.

Die zur Beurteilung der möglichen Wegebeanspruchung erforderlichen Angaben über Gesamtlasten und Fahrtenzahlen je Einheitshektar wurden von Herrn Dr. Seuster (Hefte 20 und 32 der Schriftenreihe für Flurbereinigung) für Betriebe mit voller Mechanisierung für einige Bodennutzungssysteme in zwei Beispielsdörfern erarbeitet.

Bodennutzungssystem Betriebsgrößen	Lasten je ha in t		Fahrten je ha Anzahl
	Nutzlasten	Gesamtlasten	
Hackfrucht-Getreide			
10 ha	36	180	35
25 ha	36	160	25
Getreide-Futterbau			
10 ha	30	150	30
25 ha	29	120	20
Futterbau			
10 ha	19	160	35
25 ha	20	110	20

Tabelle 2

Diese Werte steigen bei Kleinbesitz und starker Besitzersplitterung an, so daß im Durchschnitt mit insgesamt 100-300 t Gesamtlasten bei 20-50 Fahrten je ha LN und Jahr gerechnet werden kann. Die angegebenen Zahlen weichen wesentlich von denen ab, die aus der Zeit der tierischen Anspannung kommend zur Beurteilung des Feldaufwandes für Transporte bisher galten.

Heute können aus den obigen Angaben, trotzdem diese nur auf Feststellungen in zwei Dörfern beruhen, für einzelne Wege anhand der durch sie erschlossenen Flächen Werte für Gesamtlasten sowie Fahrtenzahlen für das Wirtschaftsjahr, die kritische Periode und auch für einen Tag innerhalb derselben abgeleitet werden.

Es ergeben sich bei Betrieben mit Flächen von 10 ha LN:

Bodennutzungssystem	Hackfrucht- Getreide	Getreide- Futterbau	Futterbau
Aufgeschlossene Fläche ha	100	100	100
Gesamtlasten t	18 000	15 000	16 000
Fahrtanzahl je Jahr	3500	3000	3300
in der kritischen Zeit der Hackfruchternte u. Spätherbstarbeiten insgesamt	1900	900	800
je 1 Tag dieser Periode	24	12	10
bei Ausnutzung der Hälfte der Periode	48	24	20

Tabelle 3

Gesamtlasten und Gesamtfahrtanzahl der verschiedenen Bodennutzungssysteme weichen im Rahmen der möglichen Genauigkeit nur wenig voneinander ab. Die Fahrtanzahlen für die Hackfrucht-Getreide-Betriebe bestätigen die bisherigen Erfahrungen, daß dort in der kritischen Zeit die meisten und schwersten sowie gefährlichsten Transporte anfallen.

Nun wurden die für landw. Wege vorhandenen Zählungen der Fahrzeuge ausgewertet. Diese ergaben jeweils für den betr. Weg in einem Hackfrucht-Getreidebau-Gebiet an einem Zähltag die in Tabelle 4 angegebenen Werte.

Weg und Jahr	Länge des Weges	Aufge- schlossene Fläche	Pferde- wagen	Schlepper mit und ohne Anhänger		Landw. Fahr- zeuge	Personen- fahr- zeuge	Gesamt- zahl
				leer	beladen			
1	2	3 ha	4	5	6	7	8	9
1 1955	2500	160	6	28	16	50	1	51
2 1955	1500	120	10	20	13	43	1	44
3 1961	1300	120	—	26	14	40	4	44
4 1961	1500	120	—	8	6	14	13	27
1 1961	2500	160	—	23	11	34	20	54
1 1961	2500	160	1	+ LKW 3 40	18	62	26	88

Tabelle 4

Demnach betrug die Höchstbelastung an einem der Tage mit einem zu erwartenden größten Verkehrsaufkommen auf Weg 1 mit 2500 km Länge und 160 ha aufgeschlossener Fläche zwischen 34 und 62 landwirtschaftlichen bzw. insgesamt 51 und 88 Fahrzeugen mit etwa 300–700 t Gesamtlasten. Auf 100 ha reduziert ergeben sich rund 50 landwirtschaftliche Fahrzeuge mit etwa 440 t Gesamtgewicht je Tag.

Die ermittelten Zahlen können als eine Bestätigung der in Tabelle 3 beschriebenen angesehen werden. Sie stellen eindeutig die geringen Mengen landwirtschaftlichen Verkehrs heraus. Allgemein gesehen macht die Beanspruchung des Verkehrsraumes auf ländlichen Wegen etwa 1/10 bis 1/5 der von Landstraßen der untersten Ordnung (Kreisstraßen) aus.

Die theoretisch oder praktisch ermittelten Fahrtenzahlen können an einzelnen Tagen bis zum Doppelten ansteigen, wenn alle Betriebe des Ortes zugleich auf einem Wege tierischen Dung fahren.

Die soeben angestellten Betrachtungen sollten die tatsächliche Verkehrsbelastung landwirtschaftlicher Wege untersuchen. Das Ergebnis bestätigt die Feststellung, die jedermann bei Fahrten über Land macht, daß die Feldmark leer geworden ist.

6. Verkehrsarten

Um die Gesamtbelastung ländlicher Wege mit ihren Faktoren Verkehrszeiten, Verkehrsarten, Achslasten, Geschwindigkeiten und Verkehrsmengen systematisch einzuordnen, erscheint eine Unterteilung des ländlichen Verkehrs zweckmäßig. Es wird daher vorgeschlagen:

Bezeichnung des ländlichen Verkehrs (Verkehrsarten)	Kennzeichen
Schwerer ländlicher Verkehr	ganzjähriger, an Menge erheblicher und ziemlich gleichbleibender Verkehr, mit leichten bis schweren Fahrzeugen und Geschwindigkeiten über 40 km/h bei häufigem Begegnen und Überholen
Mittelschwerer ländlicher Verkehr	ganzjähriger, an Menge wechselnder landwirtschaftlicher Wirtschaftsverkehr, in der Landwirtschaft mit leichten bis mittelschweren, in der Forstwirtschaft auch mit schweren Fahrzeugen, mit Geschwindigkeiten bis zu 40 km/h bei gelegentlichem Begegnen und Überholen
Leichter ländlicher Verkehr	ganzjähriger, an Menge schwankender landwirtschaftlicher Verkehr mit mittelschweren Fahrzeugen in geringer Zahl oder zeitweiliger forstwirtschaftlicher Verkehr, vereinzelt auch mit schweren Fahrzeugen, mit Geschwindigkeiten bis zu 20 km/h bei ausnahmsweisen Begegnen und Überholen
Geringer ländlicher Verkehr	zeitweiliger, an Menge geringer bis sehr geringer landwirtschaftlicher Verkehr mit leichten Fahrzeugen und Geschwindigkeiten bis zu 20 km/h fast ohne Begegnen und Überholen

Aus den gemachten Feststellungen kann das Problem der ländlichen Wege erkannt werden.

Dort treten schwere Lasten auf, die im landwirtschaftlichen Sektor Achslasten bis zu 5 t und im forstwirtschaftlichen Teil sowie auf Holzabfuhrwegen im Felde solche bis zu 10 t aufweisen. Diese Lasten bzw. Fahrten nehmen zahlenmäßig mit der Nähe der Hof-

oder Verwendungsstellen zu. Sie treten aber absolut selten auf, so daß Zahl und Folge der Lastwechsel in der Regel unbeachtet bleiben können. Der ländliche Verkehr ist demnach als gering anzusehen, insbesondere ist der Wirtschaftsverkehr in Feld und Wald so gering, daß eine Nachverdichtung der Befestigungsschichten nur in den Spuren erwartet werden kann.

Es müssen daher wirtschaftliche Bauweisen angewandt werden, bei denen

1. Aufbau und Tragfähigkeit der Befestigungskonstruktion auf die tatsächlich auftretenden höchsten Achslasten abgestellt sind,
2. die Verschleißfestigkeit mit Zahl und Art der Fahrzeuge und deren Geschwindigkeiten abgestimmt werden,
3. eine Nachverdichtung nicht erforderlich ist.

Beim ländlichen Wegebau können nicht wie im Straßenbau Befestigungsdicken gebaut werden, die alle Verkehrslasten aufnehmen und sie deshalb nicht auf den Untergrund weiterleiten. Es ist bei ländlichen Wegebefestigungen eher erforderlich, daß der Untergrund oft Kräfte aus Verkehrslasten aufnehmen muß. Deshalb sollte insbesondere in allen bindigen Böden die Tragfähigkeit des Untergrundes gesichert werden. Hierzu stellt nach den bisherigen Erfahrungen die Bodenverfestigung mit Kalk Vorteile in Aussicht.

7. Die Einteilung und Bemessung ländlicher Wege

kann zu dem Zweck einer allgemein anwendbaren Kennzeichnung nach unterschiedlichen Gesichtspunkten vorgenommen werden:

Nach dem Verkehr, d. h. in Wege für den allgemeinen ländlichen Verkehr, für den landwirtschaftlichen oder forstwirtschaftlichen Verkehr.

Dem widerspricht die häufige Mischung des Verkehrs sowie die erheblich unterschiedlichen Verkehrsbelastungen auf den wirtschaftlichen Wegen.

Eine Einteilung nach schwerem, mittlerem oder leichtem Verkehr würde nicht klarstellen, ob es sich um einen allgemeinen, einen land- oder forstwirtschaftlichen Verkehr handelt.

Ebenso würde eine Aufteilung nach schweren, mittleren oder leichten Befestigungsarten nicht zweckmäßig sein.

Zutreffender dürfte die Gliederung nach der Wegeart, d. h. nach der Verkehrsaufgabe sein.

Die Verbindung der herkömmlichen Begriffe „Feldwege und Waldwege“ mit den Sätzen Haupt- und Nebenweg hätte sicherlich klare Bezeichnungen gebracht, die jedermann verständlich sind. Die Bemühungen um diese Aufgaben sollten nicht verklingen.

Im Laufe der letzten Jahrzehnte haben sich für landw. Wege die Begriffe Hauptwirtschaftswege und Wirtschaftswege eingebürgert. Diese Unterscheidung bestätigt die Notwendigkeit, die unterschiedliche Beanspruchung und dementsprechende Ausgestaltung zu beachten.

Für die Waldwege hat das heutige Kuratorium für Waldarbeit und Forstechnik, folgende Bezeichnungen eingeführt:

Hauptwege,
Zubringerwege und
Rückewege.

Außer den genannten Wegen gibt es in allen Gebieten Fuß-, Jagd-, Reit- und sonstige Wege.

In der Tabelle 5 werden versuchsweise Begriffe und Belastungsannahmen zusammengestellt, die zu der unten vorgeschlagenen Einteilung ländlicher Wege führen. Diese Einteilung wird nur nach technischen Gesichtspunkten vorgenommen. Erfasst werden nur die

Straßen und Wege, deren Linienführung und Ausbau nach den Regeln für Bundes-, Land-, Staats-, Kreisstraßen (Landstraßen II. O.) und für Stadtstraßen nicht wirtschaftlich ist. Demnach gehören hierzu:

1. Ortswege und Ortsausgänge (nach dem Straßengesetz von Nordrhein-Westfalen: Gemeindestraßen) in ländlichen Orten. Das sind bebaute Straßen und Wege, die nicht nach den Richtlinien für den Ausbau von Stadtstraßen ausgestaltet werden können. Die Verkehrsmenge ist uneinheitlich, der ruhende Verkehr ist sehr bedeutend. Die Geschwindigkeiten sind begrenzt auf 50 km/h. Der Verkehr ist ganzjährig. Es ist eine schwere Befestigung erforderlich.

2. Ortsverbindungswege. (Ein Teil der nachgeordneten Gemeinde- oder Gemeindeverbindungsstraßen.) Diese sind nicht klassifizierte Straßen und auch keine Gemeindeverbindungsstraßen mit überörtlicher Bedeutung. Sie sind vielmehr nachgeordnete Verbindungen zwischen ländlichen Orten oder solche mit Straßen sowie Anschlußwege für kleine Weiler oder Einzelgehöfte.

Der Verkehr wird als schwer angesehen, weil die tägliche Verkehrsmenge bis zu 150 Fahrzeugen, von denen etwa bis zu 20 Achslasten bis zu 10 t aufweisen können, ganzjährig ziemlich gleichbleibt. Dabei treten, vorwiegend bei den vielen leichten Fahrzeugen hohe Geschwindigkeiten auf und Begegnen oder Überholen findet öfter statt.

3. Landwirtschaftliche Hauptwirtschaftswege schließen bei zügiger Führung große Flächen auf oder verbinden entfernt liegende landwirtschaftliche Flächen mit den Betrieben. Sie können auch zum Anschluß von Einzelgehöften an das übergeordnete Verkehrsnetz dienen. Der Verkehr auf Hauptwirtschaftswegen ist mittelschwer. In kritischen Zeiten ruht der Verkehr nicht immer. Die Verkehrsmenge wechselt stark, sie erreicht an Einzeltagen über 100 leichte und bis zu 90 mittelschwere Fahrten mit Achslasten bis zu 5 t. Es werden wegen der größeren Entfernungen (bis zu 2-3 km und mehr) höhere Geschwindigkeiten ausgenutzt, die zwischen 20 und 40 km/h liegen. Gelegentlich finden Begegnen und Überholen statt.

4. Landwirtschaftliche Wirtschaftswege schließen kleinere Flächen auf, dienen unmittelbar der Bewirtschaftung, der Arbeitsvorbereitung, haben ruhenden Verkehr und nur einen geringen Verkehrsumfang. Im Herbst und Winter sind sie oft ohne Verkehr. Es genügen Linienführungen, die den betriebswirtschaftlichen Erfordernissen angepaßt werden, sowie entsprechend weniger aufwendige Befestigungen. Bei ganz geringem Verkehr kann diese sogar entfallen.

5. Bei den Waldwegen sind die Hauptwege LKW fähig, allgemeinaufschließend mit zügiger Linienführung und für einen ganzjährigen Verkehr in beiden Richtungen mit schwersten Lasten. Dennoch sind die Verkehrsmengen gering, als Richtzahlen können etwa 30 Fahrzeuge mit tlw. 5 t Achslasten und bis zu 12 Lastzüge mit Achslasten bis zu 10 t angenommen werden. Die Geschwindigkeiten sind mit 20-40 km/h anzunehmen.

6. Zubringerwege im Walde sollen auch einen LKW-Verkehr aber mit geringer Geschwindigkeit ermöglichen. Der Verkehrsumfang ist mit 15 leichten Fahrzeugen, von denen ein Teil jedoch bis zu 5 t Achslasten aufweist und mit etwa 6 schwersten Fahrzeugen mit Achslasten bis zu 10 t anzusetzen.

7. Rückewege werden ebenso wie alle Fußwege in der Regel nicht befestigt.

Meine Ausführungen sollten die Elemente des ländlichen Verkehrs schildern, die für Art und Bemessung einer Wegebefestigung bestimmend sein können. Ferner wollte ich eine Deutung der üblichen Begriffe herbeiführen und Vorschläge für eine einheitliche Einteilung ländlicher Wege und die dabei üblichen Bezeichnungen bringen. Im Hinblick auf einen reibungslosen Ablauf der technischen Vorgänge bei der Wegebefestigung wäre einer derartige Vereinheitlichung wünschenswert und als 1. Schritt notwendig.

Vorschlag für eine technische Einteilung ländlicher Straßen und Wege mit Belastungsannahmen

Art der Straßen u. Wege	Art des Verkehrs	Bezeichnung des ländl. Verkehrs	Belastungsannahmen						Erforderliche Befestigung
			Höchstmengen		Achslast		Geschwindigkeit km/h	Verkehrszeiten	
			Anzahl der Fahrzeuge je Weg leicht	u. Tag schwer	leicht	schwer			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ortswege u. Ortsverbindungswege (Gemeinde- u. Gemeindeverb. Straßen u. Wege	allgemeiner ländlicher Verkehr	schwerer ländlicher Verkehr	130**	20**	2**	10**	bis über 40	ganzjährig	schwere
			120	90	2	5*	20-40	ganzjähriger Wirtschaftsverkehr	mittelschwere
Hauptwirtschaftswege	landwirtschaftl. Verkehr	mittelschwerer ländlicher Verkehr	30	12	5	10	20-40	zeitweise	leichte
	forstwirtschaftl. Verkehr		25	15	2	5*	bis 20	ganzjähriger Wirtschaftsverkehr	
Wirtschaftswege	landwirtschaftl. Verkehr	leichter bis geringer ländlicher Verkehr	20	10	2	3	20-40	zeitweise	leichte
	forstwirtschaftl. Verkehr		15	6	5	10	20-40	ganzjähriger Wirtschaftsverkehr	
Zubringerwege									

Tabelle 5:

*) sofern Nutzholz abgefahren wird, ist mit Achslasten bis zu 10 t zu rechnen

**) etwa durchschnittlicher Jahreswert

Bedeutsame Böden in Nordrhein-Westfalen

ihre Eignung für den ländlichen Wegebau

von Dr. R. Wolters, Landesgeologe

Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen, Krefeld

Für den Straßenbau sind drei Eigenschaften eines Bodens von besonderer Bedeutung: Die Tragfähigkeit in Abhängigkeit von der Scherfestigkeit, die Zusammendrückbarkeit und die Frostempfindlichkeit. Stellt man an den ländlichen Wegebau die gleichen hohen Ansprüche wie heute an den Straßenbau, so müssen die für diesen festgelegten Richtlinien auch hierbei Anwendung finden. Ob dies aber erforderlich ist, können vorerst wohl nur ein Vergleich der Beanspruchungen von Straße und Weg und endgültig nur die Erfahrungen an Versuchsstrecken zeigen. Stellen wir zunächst einmal einen solchen Vergleich an, so ergibt dieser folgendes: Bedingt durch die Notwendigkeit, mit den Fahrzeugen auch im Gelände und im Feld fahren zu können, sind allgemein die Fahrzeuglasten auf den ländlichen Wegen geringer. Die Tragfähigkeitsforderung an einen Boden braucht folgerichtig nicht so hoch wie bei der Straße zu sein. Ferner sind die Geschwindigkeiten der Fahrzeuge und auch die Lastfolgen auf den Wegen weitaus geringer als auf der Straße. Hierdurch wird die dynamische Beanspruchung wesentlich herabgesetzt. Dies ist wichtig für die Nachverdichtbarkeit der Böden, damit also auch für die Zusammendrückbarkeit. Und als Drittes darf man sowohl aus diesen Gegebenheiten als auch besonders aus dem Umstande, daß zur Zeit des Frostabganges – also der für einen frostgefährdeten Boden empfindlichsten Zeit – nur ein sehr geringer Verkehr herrscht, eine günstigere Beurteilung der Frostempfindlichkeit für den Landweg ableiten. Ganz gewiß fallen ja die schwereren Erntetransporte nicht in die Zeit des Frostabganges. Ferner dürfte sich ebenfalls günstig auswirken, daß auf den Landwegen keine Schneeräumung erfolgt.

Wenden wir uns mit dieser Auffassung nun dem Bilde des Bodenaufbaues in unserem Lande zu.

Diese geologische Karte¹⁾ ist schon eine Übersichtskarte und doch glaubt man bei ihrer Betrachtung den Mut verlieren zu müssen, gleichartige Gebiete mit einer weiteren Verbreitung von einheitlichen Böden und damit Gebiete von größerer Bedeutung ausscheiden zu können.

Einige große Bauteile sind jedoch in der geologischen Karte deutlich zu erkennen: Das Rheinische Schiefergebirge, die Niederrheinische Bucht, das Münstersche Kreidebecken und das Nordwestdeutsche Bergland.

Wenn die Vielzahl der verschiedenen Untergrundsgesteine auch sehr verwirrend ist, so sind die direkt an der Oberfläche anstehenden Bodenarten doch vielfach einheitlicher. Denn in unserem Bemühen, größere etwa gleichartige Gebiete herauszufinden, kommt die Erdgeschichte seit der sogen. Eiszeit uns sehr entgegen. In dieser Zeit und daran anschließend kamen nämlich an der jetzigen Oberfläche weitverbreitete Deckschichten zur Ablagerung. So hinterließ einmal schon das Eis selbst, dessen weitester Vorstoß von Norden und Osten etwa bis zur Linie Kleve-Krefeld verlief, seine Ablagerungen und zum anderen bildeten sich im Gefolge des in dieser Zeit vorherrschenden Klimas einheitliche Boden-

¹⁾ Gezeigt wurde die Geologische Übersichtskarte von Nordrh.-Westfalen, M 1 : 500 000, bearbeitet vom Amt für Bodenforschung, Krefeld, (Dr. E. Schröder) und erschienen im Nordrhein-Westfalen-Atlas, herausgegeben vom Ministerpräsidenten des Landes Nordrhein-Westfalen, Landesplanungsbehörde Düsseldorf.

arten in größerer Verbreitung. Und gerade diese an der Oberfläche anzutreffenden Schichten müssen uns bei unserer Fragestellung ja besonders interessieren.

Wenn ich Ihnen nun im folgenden Gebiete aufzeigen möchte, die ich als Einheit behandle, so muß ich aber unbedingt hervorheben, daß der für diese Bereiche angeführte Aufbau selbstverständlich nur in diesen Räumen der allgemein vorherrschende sein kann und nicht unbedingt an jeder Stelle des jeweiligen Bereiches anzutreffen ist.

Vielleicht ist dieser Hinweis für die meisten von Ihnen überflüssig, da aus der praktischen Erfahrung jeder den örtlichen Wechsel im Bodenaufbau kennt. Der Vollständigkeit halber muß ich diese Einschränkung aber für die folgenden Ausführungen machen.

Während des letzten großen Eisvorstoßes aus dem Norden war bei den herrschenden Temperaturen auch außerhalb des eisbedeckten Gebietes verständlicherweise der Pflanzenwuchs äußerst spärlich. Die Niederschläge konnten deshalb besonders abtragend wirken, wodurch es in den Tälern zu entsprechend mächtiger Sedimentation kam. In den Haupttälern wurden auch vom Schmelzwasser große Sedimentmengen abgelagert. Die auch zur

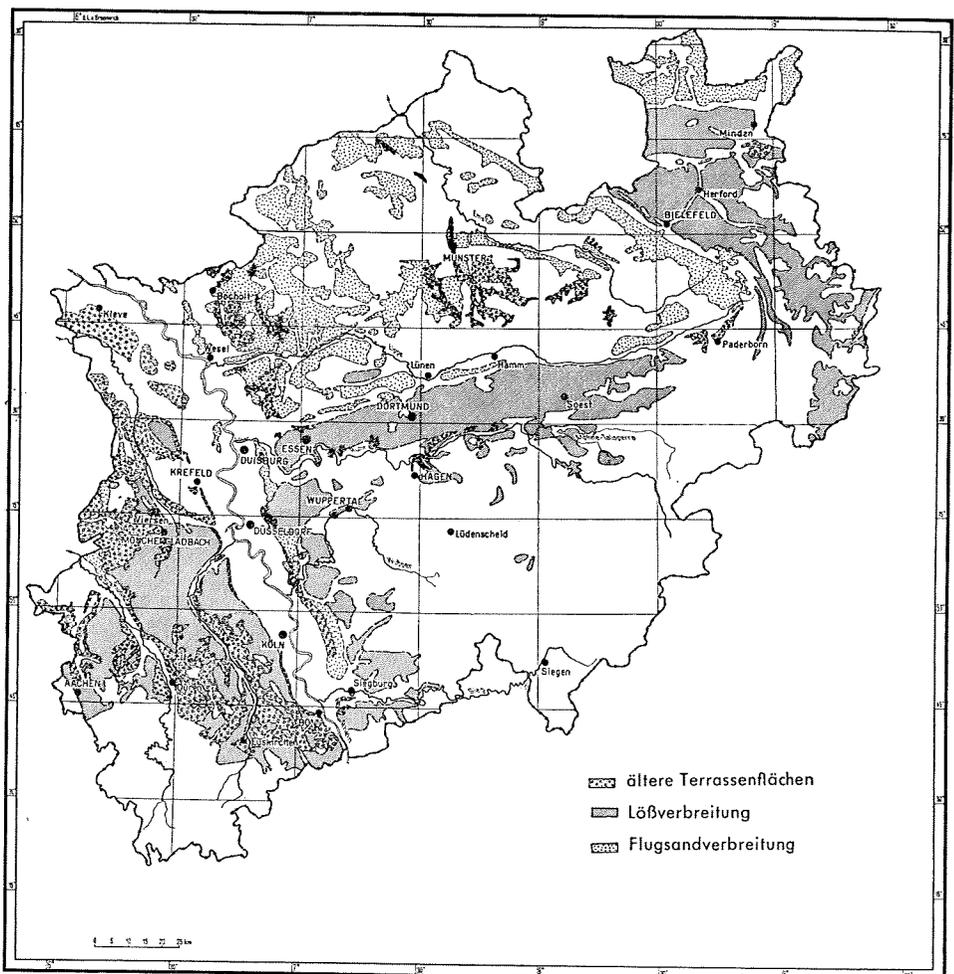


Abb. 1: Verbreitung von älteren Terrassen, des Löß und des Flugsandes in Nordrhein-Westfalen

damaligen Zeit vorherrschenden West- und Nordwestwinde bliesen aus den kahlen Talflächen große Staubmengen aus und über die östlich anschließenden Nachbargebiete, in denen sie zur Ablagerung kamen. Auf diese Weise entstanden unsere ausgedehnten und fruchtbaren Lößzonen. In der Folgezeit verlehnte dieser Löß an der Oberfläche. In der Abbildung 1 ist die Verbreitung dieser Bodenart aufgezeigt. Nach seinem Kornaufbau ist der Lößlehm ein Schluff mit etwas Ton und Feinsand. Die Schluffpartikelchen sind feine Gesteinsteilchen, überwiegend feinsten Quarz. Infolgedessen ist trotz des geringen Korndurchmessers der Winkel der inneren Reibung mit rund $30-33^\circ$ noch verhältnismäßig hoch. Die Zusammendrückbarkeit des Lößlehms ist bei Steifeziffern um 120 kg/cm^2 nicht als schlecht zu bezeichnen. Aber dieser Boden ist hoch frostempfindlich, denn er ist noch so durchlässig, daß er beim Gefrieren genügend Wasser nachziehen und dadurch starke Eislinsen bilden kann. Der weitere Nachteil für den Wegebau besteht darin, daß der Lößlehm geringe Plastizitätszahlen besitzt, d. h. schon bei einem geringen Anstieg des Wassergehaltes überschreitet er die Fließgrenze. Beim Auftauen ist der Wassergehalt nun so hoch, daß dieser Boden dann breiig wird. In diesem Zustand ist er dazu sehr erschütterungsempfindlich, wodurch seine Tragfähigkeit stark herabgesetzt wird. Selbstverständlich ist der Grad der Frostgefahr je nach Grundwasserstand unterschiedlich, aber vielfach dadurch hoch, daß Staunäsehohizonte auch in Lößlehmgebieten mit tiefer stehendem Grundwasser vorhanden sind.

Bei dem gleichen Ausblasungsprozeß des Lösses aus den Talgebieten und auch noch später kamen die sogen. Flug- und Flugdecksande zur Ablagerung. Diese Bildungen, überwiegend aus Mittel- mit Feinsand bestehend, begleiten die östlichen Ränder unserer Talniederungen. Sie liegen, da die Sandkörner schwerer als die Lößpartikel sind, vor den Lößzonen. Ferner sind sie im Münsterland weiter verbreitet, da hier im Untergrund sandige Schichten größere Ausdehnung besitzen. Auf der Karte sind diese Flächen mit einer weiteren Punktierung gekennzeichnet. Die Mächtigkeit der Schichten liegt meist bei 1–1,5 m, geht aber auch stellenweise auf wenige Dezimeter zurück. Die Flächen mit dieser geringen Stärke sind deshalb in dieser Darstellung noch miterfaßt, da sie auch bei dieser geringen Mächtigkeit noch für den Wegebau von Bedeutung sind. Infolge ihrer Sedimentationsart sind diese Sande vielfach lockerer gelagert, aber durch Umlagerung in Wasser häufig auch mitteldicht. Ihre Tragfähigkeit ist gut, die Zusammendrückbarkeit mit Steifeziffer von 300 kg/cm^2 und mehr mittelmäßig bis gering. Wegen ihrer Gleichförmigkeit lassen sie sich nur schwer weiter verdichten, wodurch es kaum zu einer Nachverdichtung durch den Verkehr auf den Landwegen kommen kann. Jedenfalls sollte aber doch durch Rüttelverdichter schon beim Bau so weit wie möglich einer Nachverdichtung begegnet werden. Die Sande sind überwiegend nicht frostempfindlich. Nur wo sie auch lehmige Bestandteile enthalten, wie an den Übergangsstellen zum Löß oder im umgelagerten Zustand in Rinnen, werden sie gering frostempfindlich. Die dritte auf dieser Übersicht dargestellte Gruppe sind die älteren Terrassenflächen ohne oder mit nur sehr geringer Überdeckung. Dies sind im Rheingebiet überwiegend Kiessande und im Münsterland vorwiegend Sande. Sie sind durchweg dicht bis sehr dicht gelagert, wenn man von einer Auflockerung direkt an der Oberfläche durch Witterungseinflüsse absieht. Ihre Tragfähigkeit ist sehr gut, ihre Zusammendrückbarkeit äußerst gering. An der Oberfläche sind sie vielfach durch Lehm verunreinigt. Diese Vermischung ist z. T. durch eiszeitliche Frostvorgänge, z. T. durch Einschlämmen entstanden. Immer aber wird dadurch die Tragfähigkeit nicht herabgesetzt, sondern vielfach durch eine gleichzeitige Verkrustung mit Eisenhydroxyd noch erhöht. Eine Frostempfindlichkeit ist trotz des geringen Lehmgehalts kaum vorhanden, sie kommt zudem durch das Korngerüst nicht zur Wirkung. Sie wird auch dadurch noch vermindert, daß in diesen Gebieten das Grundwasser durchweg tiefer liegt.

In der nächsten Abbildung (2) sind einmal die großen Bereiche mit festem Gesteinsuntergrund zusammengefaßt. Hier herrschen Böden mit einem Steinskelett vor. Ferner sind die Böden vielfach flachgründig. Durch das Steinskelett ist die Tragfähigkeit und Zusammendrückbarkeit für den Wegebau günstig und die Frostempfindlichkeit auch bei Lehmgehalt nur mäßig. Dort, wo der Untergrund aus Tonschiefer besteht, wird die Durchlässigkeit des Bodens gering, die Frostempfindlichkeit fällt damit ebenfalls ab. Die zu Anfang gemachte Einschränkung über das Vorherrschen gewisser Eigenschaften gilt für diese große Fläche selbstverständlich besonders, denn in Mulden mit zusammengeschwemmten feineren Bestandteilen wird der zunächst günstige Eindruck abgeschwächt. Solche Mulden sind naturgemäß vielfach auch feuchter. Diese Bereiche sind aber leicht im Gelände und beim Bau zu erkennen. Schon durch Anlage von Seitengräben ist der Frostgefahr vielfach wirksam zu begegnen. Beim Einschnitt der Wege in Hanglagen

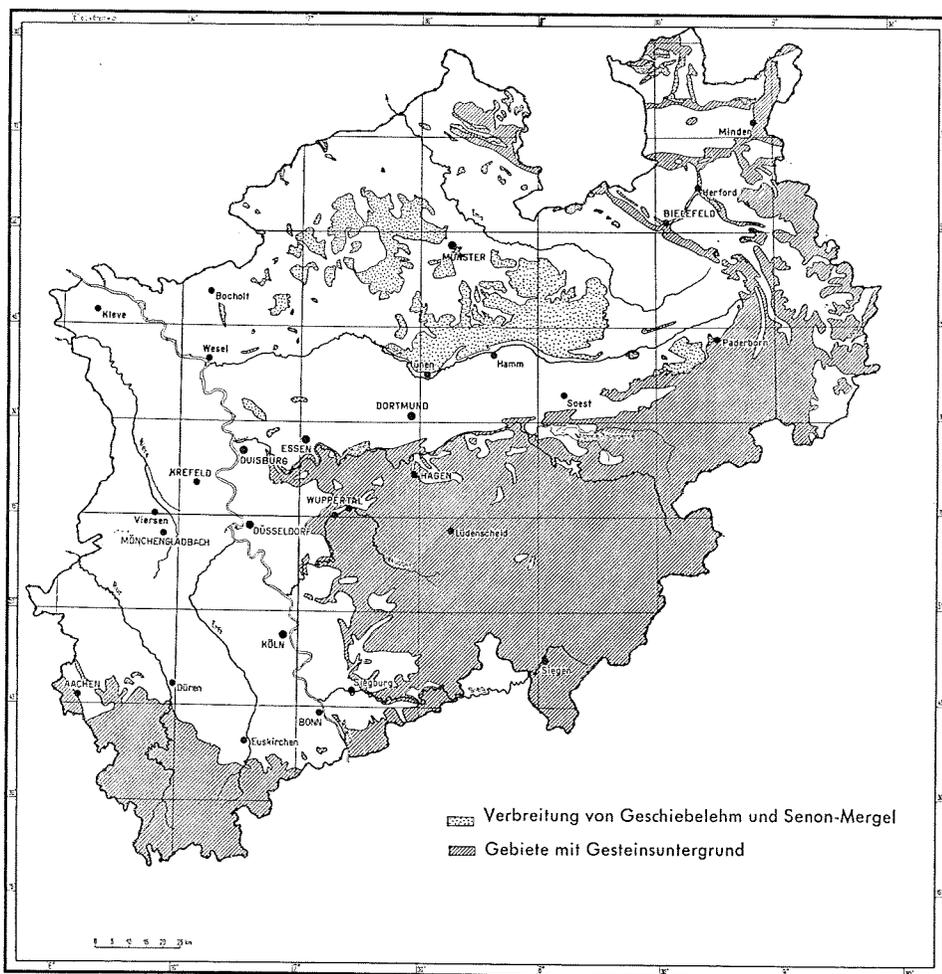


Abb. 2: Verbreitung von Geschiebelehm und Tonmergel sowie des Bereiches mit Gesteinsuntergrund (Gebirgsanteil) in Nordrhein-Westfalen.

kommt es zu einem stark zu beachtenden Umstand. Hangwärts wird Material weggenommen, das feste Gestein wird damit mehr oder weniger erreicht. Dagegen wird die Talhälfte aufgefüllt. Dadurch entsteht ein sehr unterschiedlich zusammendrückbarer Untergrund für den Weg. Ferner wird das Gleichgewicht der natürlichen Böschung gestört.

Der zweite auf dieser Karte ausgeschiedene Bereich faßt die Eisablagerungen und die Gebiete der Tonmergel zusammen. Durch das Eis sind beide stark verdichtet, ihre Zusammendrückbarkeit ist sehr gering. Auch die Frostempfindlichkeit wird schon durch das geringe Porenvolumen herabgesetzt. Ferner sind die Geschiebelehne häufig so tonig oder andererseits so stark sandig (wie z. B. südlich von Münster), daß die Frostgefahr auch dadurch geringer wird. Der Boden auf den Tonmergeln ist nur flach – bis mittelgründig und dazu so schwer, daß eine Wasserbewegung nur sehr langsam erfolgen kann. Auch hier ist damit die Frostempfindlichkeit stark vermindert.

Als letzte Gruppe seien die jungen Talböden behandelt (siehe Bild 3). Sie sind ge-

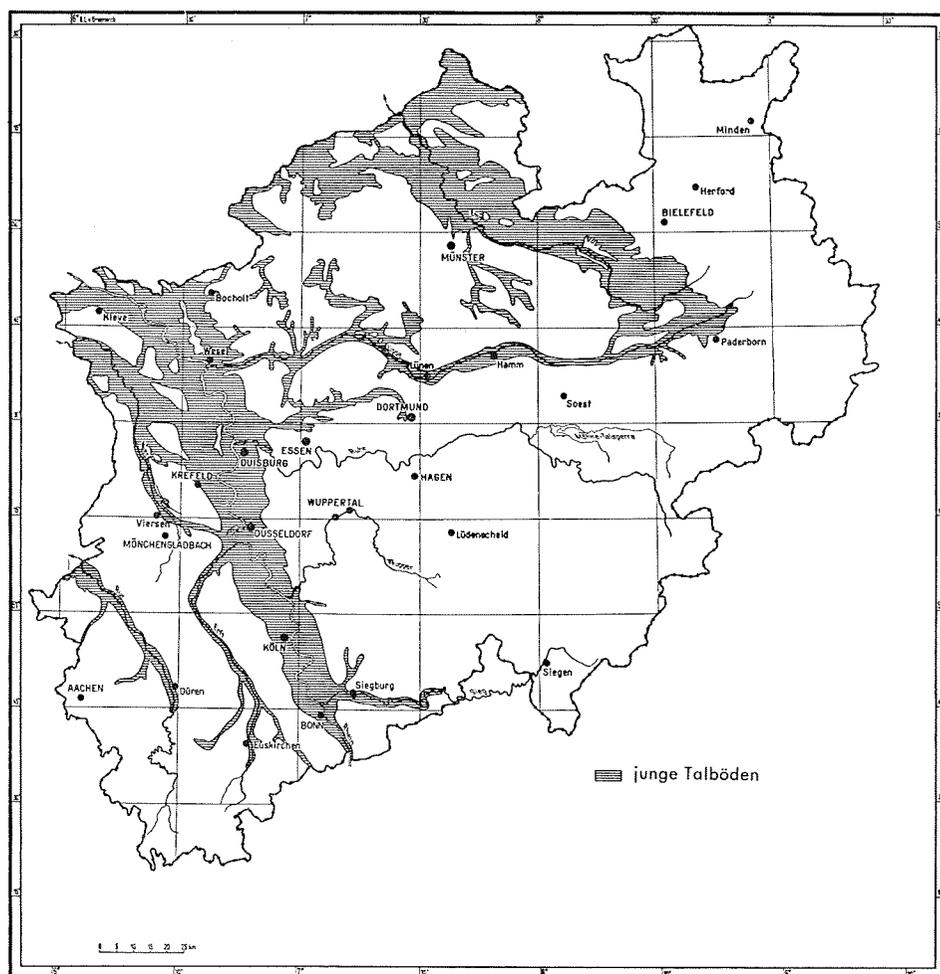


Abb. 3: Verbreitung der jungen Talböden in Nordrhein-Westfalen

kennzeichnet durch schnellen Wechsel im Bodenaufbau, durch meist stärkere Zusammendrückbarkeit infolge fehlender Vorbelastung und durch die Anwesenheit humoser Beimengungen. Ferner steht das Grundwasser meist oberflächennah.

In der Rheinniederung sind große Flächen von Hochflutlehm bedeckt. Diese sind stark frostempfindlich. Sie wechseln häufig plötzlich mit Kies- und Sandgebieten ab, die wiederum dem Wegebau keine Schwierigkeiten bieten. Immer aber muß mit humosen und damit stark setzungsempfindlichen Einlagerungen vor allem in Altrheinrinnen gerechnet werden. Auch unter den jungen Dünen- und Decksanden ist mit diesen Bildungen zu rechnen. Im weiten Emstal herrschen sandige Ablagerungen vor. Besonders im Norden sind ausgedehnte Gebiete von den sogen. Talsanden erfüllt, die vielfach auch noch überdünt sind. Diese Talsande sind mitteldicht bis häufig durch eine leichte Verkrustung sogar sehr dicht gelagert. Hier bereitet nur der hohe Grundwasserstand und örtlich moorige Einschaltungen an der Oberfläche Schwierigkeiten. Im südlichen Teil ist außerhalb der Dünen- und Decksandgebiete vielfach durch lehmige Einschaltungen und Grundwassernähe eine Frostempfindlichkeit vorhanden. Auch die humosen Bildungen an der Oberfläche und in Einlagerungen meist bis 2 m Tiefe sind zu beachten. Sicher lassen sich aber durch einfache Untersuchungen große Gebiete mit keinen oder nur geringen Schwierigkeiten für den Wegebau abgrenzen.

Überblicken wir abschließend die einzelnen Gruppen, so sind die Bereiche mit Eigenschaften, die für eine Normalstraße ideal und ohne Gründungsarbeiten bleiben dürften, nur gering. Und selbst bei diesen wären die unter der Decke verbleibenden Schichten von den früheren Witterungseinflüssen her noch mehr oder weniger aufgelockert. Dies aber zu umgehen würde bedeuten, nach den allgemeinen und wohl ausgearbeiteten Richtlinien des Straßenbaues zu verfahren. Berücksichtigt man aber die anfangs herausgestellten Besonderheiten der ländlichen Wege, wie vor allem geringere Lasten und besonders Lastfolgen, kleinere Geschwindigkeiten und geringere dynamische Beanspruchung und nicht zuletzt die nur untergeordnete Beanspruchung im Frostabgang, so ergibt sich aus einer solchen Betrachtung, daß sehr große Flächen vorhanden sind, die – wenn auch nicht gute – so doch günstigere Bodeneigenschaften aufweisen.

Es dürfte der Mühe wert sein, hieraufhin die Möglichkeiten zu prüfen, mit denen durch Vereinfachung der Bauweise gegenüber den Normalstraßen dennoch gute Landwege geschaffen werden könnten.

Bauelemente des ländlichen Wegebaues und ihr Zusammenwirken

Dr.-Ing. Georg Kübler

Bundesanstalt für Straßenbau, Köln

Ein Bericht über das Zusammenwirken von Kräften und Widerständen im Wegebau muß notwendig zu Enttäuschungen führen, wenn Richtlinien, Zahlen und Rezepte erwartet werden. Zum einen können, wie später zu erkennen sein wird, gar keine Rechenmethoden gegeben werden, zum anderen werden in den übrigen Vorträgen die verwendeten Bauweisen eingehend besprochen. Der Sinn des Berichtes soll daher vielmehr sein, eine Vorstellung über die Vorgänge in der Wegekonstruktion zu vermitteln und Aufgaben und Zusammenspiel der Bauelemente zu schildern.

Zunächst ein sehr simpler, aber wichtiger Grundsatz, gegen den erfahrungsgemäß oft verstoßen wird: Ein Weg braucht nur für die Lasten und Fahrzeugzahlen gebaut zu werden, die er – auch in Zukunft – zu tragen haben wird. Dann soll er aber auch nur diesen Beanspruchungen ausgesetzt werden. Wie oft jedoch geschieht es, daß eine klassifizierte Straße, sei es weswegen immer, gesperrt wird und der Weg, einmal sauber ausgebaut, als Umleitung in Anspruch genommen wird. Wird das nicht verhindert, muß er unter der Last, für die er nicht gebaut ist, zusammenbrechen. Das Schlimme hierbei sind jedoch nicht nur die Wiederherstellungskosten. Vor allem wird vielfach der Zusammenbruch nicht der zu hohen Belastung angelastet, sondern die Konstruktionsart des Weges wird für schuldig erklärt und so ist schon manche Bauweise durch Umstände, die sie gar nicht selbst zu vertreten hatte, für lange Zeit diskreditiert worden und es hat viel Mühe gekostet, diese Bauweise dann bei weiteren Wegebauten wieder verwenden zu können.

Straßen und Wege werden in Verbundbauweisen hergestellt. Es darf nicht jede Schicht einzeln betrachtet werden, sondern nur ihr Zusammenwirken im Verbund, wobei jede Schicht die Belastung tragen muß, die auf sie entfällt, wobei auch dem Untergrund die gebührende Funktion zukommt. Er hat im wahren Sinn des Wortes eine „tragende Rolle“.

Die Decke bzw. die Deckschicht muß den schwersten Beanspruchungen standhalten. Sie wird zunächst durch die Verkehrslasten unmittelbar beansprucht. Außerdem hat sie die darunterliegenden Schichten vor den Witterungs- und damit auch Verwitterungseinflüssen zu schützen und muß selbst den unmittelbaren Verkehrseinwirkungen wie Horizontalkräften beim Bremsen und Anfahren, dem Abrieb durch den Angriff der angetriebenen Räder und den von ihnen hervorgerufenen Saugkräften widerstehen. Bis zum Untergrund sind zwar diese Horizontalkräfte schon weitgehend abgebaut, nicht aber die Druckkräfte. Grundbruch allein durch die Belastung wird bei ihm kaum noch auftreten können, es sei denn, der Untergrund ist als Folge des Bodenfrostes aufgeweicht. Die Aufgabe der Decken und Tragschichten ist die Verteilung der Verkehrsdrücke soweit, daß sie der Untergrund als letztes Tragelement aufnehmen kann. Eine Zwischenstellung zwischen Tragschichten und Untergrund nimmt die Frostschutzschicht ein. Sie verhütet, im ländlichen Wegebau allerdings selten angewandt, das Entstehen von Hebungsfrostschäden im Winter (Risse, Stufen) und Belastungsfrostschäden im Frühjahr (Verdrückungen, Frostaufbrüche), und wirkt gleichzeitig bei genügender Dicke als untere Tragschicht mit. Im Hinblick auf die letzte Forderung genügt es nicht, daß man die Frostschutzschicht durch wärmedämmende Stoffe ersetzt, die das Eindringen des Frostes in den Boden verhindern, wenn diese Stoffe nicht gleichzeitig die gleichen Trageigenschaften wie die Frostschutzschicht haben.

Nachdem die Funktionen der einzelnen Schichten und dazu noch der Verkehr nach

Häufigkeit und Lasten bekannt sind, sollte man meinen, daß es ein Leichtes sein müßte, Rechnungsverfahren zu entwickeln, aus denen sich Dimensionierungsgrundsätze ableiten ließen. So einfach das anmutet, befriedigend gelöst ist es bis heute nicht.

Die Bemühungen, entsprechende Kriterien zu entwickeln, gründen sich im Prinzip auf drei Methoden. Das Festigkeitskriterium beruht auf der Aufnahme der sich durch die Radlast entwickelnden Normal- und Scherkräfte durch den Widerstand der Bauelemente. Es hat den Nachteil, daß es nur im Einschichtensystem, dem isotopen Halbraum, durchsichtig zu verfolgen ist. Im Mehrschichtensystem ändern sich die Widerstände sprunghaft mit den Schichtgrenzen. Schon am Zweischichtensystem, das wäre z. B. die Deckschicht und alles darunterliegende als Einheit, wird die Rechnung kompliziert und vom 3-Schichtensystem ab ist sie außerordentlich schwierig durchzuführen, so daß bisher alle Versuche nicht zu befriedigenden Ergebnissen geführt haben.

Die Grundlage des Formänderungsverfahrens ist der CBR-Versuch (California Bearing Ratio): Ein Stempel wird in einen gut abgestuften Splitt mit bestimmter Geschwindigkeit eingedrückt. Die hierzu erforderliche Kraft ist der zu 100% gesetzte Grundwert. Nun wird der gleiche Stempel mit der gleichen Geschwindigkeit in den Boden eingedrückt, der dem anstehenden entspricht. Das Verhältnis aus der hierfür erforderlichen Kraft zu dem Grundwert ist in Prozenten der CBR-Wert. Aus der Erfahrung heraus wird jedem CBR-Wert eine Gesamtkonstruktionsdicke zugeordnet. Jedoch gehen die Ansichten über die Dicken, die den einzelnen CBR-Werten zuzuordnen sind, stark auseinander. In den Vereinigten Staaten z. B. gibt es in 11 Staaten nicht weniger als 11 verschiedene Kurvenscharen über den Zusammenhang zwischen CBR-Wert, Verkehrslast und Konstruktionsdicke.

Ein anderes Verfahren unter Verwendung der Bodenkennziffern des Untergrundes, das Gruppenindexverfahren, hat sich nicht bewährt.

Das dritte System sind die dynamischen Verfahren. Hierbei muß zunächst darauf hingewiesen werden, daß eine Untersuchung noch nicht das dynamische Verhalten von Konstruktionen erfaßt, wenn die Verkehrslasten nur mit einem Stoßzuschlag multipliziert werden. Die Betrachtungsweise bleibt auch dann noch statisch. Dynamische Analysen ergeben sich erst bei der Verfolgung der Reaktionen der Konstruktion bei der Einleitung von Schwingungen, wobei sowohl sinusförmige Schwingungen angewendet werden, die nicht den Verkehrsschwingungen entsprechen, aber ein zerstörungsfreies Prüfverfahren darstellen, wie durch Pulsatoren aufgebrachte Stöße, die denen des Verkehrs ähneln. Wenn auch diese Verfahren unter Verwendung der Federzahlen, trägen Massen und Dämpfungen der einzelnen Schichten und Schichtenpakete zu den aussichtsreichsten Methoden für die Entwicklung von Dimensionsverfahren gehören, soll hier nicht näher darauf eingegangen werden. Der Verkehr auf den ländlichen und forstlichen Wegen ist der Zahl nach zu gering, als daß die Ergebnisse der Untersuchungen bereits anwendbar wären. Jedoch werden sicher die mit diesen Methoden bei den klassifizierten Straßen gewonnenen Erkenntnisse auch die Denkweise beim Wegebau beeinflussen.

Bei der Unsicherheit der Rechnungsverfahren wählte man in Deutschland den Weg der Dimensionierung nach der Erfahrung. Man untersuchte die Verhältnisse an Straßen, die Zerstörungen aufwiesen und vor allem an solchen, die den Belastungen unzerstört standgehalten hatten. Dadurch war man in der Lage, Grenzwerte festzulegen, die für die Eigenschaften der einzelnen Bauelemente vorgeschrieben wurden, z. B. für die Verdichtung des Untergrundes durch die Festlegung des Prozentsatzes der zu erreichenden Proctordichte, für die Frostschutzschicht beim Straßenbau den E-Wert von mehr als 1200 kg/cm² beim Plattendruckversuch, beim Schotterunterbau einen E-Wert von mehr als 2500 kg/cm² usw. Die Richtigkeit dieser Vorschriften erwies sich dadurch, daß die nach diesen Gesichtspunkten gebauten Straßen dem Verkehr standhielten. Die so dimensionier-

ten Straßen enthalten allerdings auch noch eine gewisse Reserve für das Anwachsen des Verkehrs. Bei einem Vergleich mit dem CBR-Verfahren ergab sich bei Umrechnung mit den vorgeschriebenen Eigenschaften, daß der Untergrund dann nur noch einen CBR-Wert von 2–3 aufzuweisen brauchte. Und diesen Wert hat er auch im aufgeweichten Zustand. Dies bewies die Richtigkeit der Anschauung, daß die Frostsicherung nicht bis auf volle Frosttiefe zu erfolgen braucht, sondern daß die bei uns übliche Sicherung beim klassifizierten Straßenbau bis auf 70–80 cm von Fahrbahnoberfläche aus genügt.

Guten Einblick in das Zusammenwirken von Konstruktion und Unterlage, Tragschichten und Untergrund gewährt die Betrachtung der Vorgänge bei starren und flexiblen Decken. Starre Decken, z. B. Betonfahrbahnen, verteilen die Verkehrslasten auf eine große Fläche. Die Druckverteilung ist daher flach und reicht nicht in die Tiefe. Die spezifischen Flächendrücke sind gering. Man sollte daher glauben, daß die Unterlage weniger tragfähig und nicht so sorgfältig hergerichtet zu sein braucht. Nun kann man eine Betonplatte als Einschichtensystem auf elastischer Unterlage durchaus z. B. nach Westergaard berechnen. Wenn man die Platten der Autobahn nachrechnet, sind sie dicker als nach Westergaard erforderlich. Trotzdem sind sie zum Teil zerstört. Beim Abheben der Platten ergab sich, daß die Unterlage durch die Verkehrsstöße unregelmäßig nachverdichtet worden war. Dadurch hatten sich die Auflagerbedingungen verändert. Die Platten lagen zum Teil hohl und brachen. Trotz der geringen Flächendrücke benötigen also starre Decken sehr gut verdichtete Unterlagen, um die Veränderung der Auflagerbedingungen zu verhindern. – Flexible Decken verteilen die Verkehrslasten auf eine kleine Fläche. Die spezifischen Drücke sind also groß und die Druckverteilung reicht wesentlich mehr in die Tiefe. Dafür sind die bituminösen Bauweisen aber nachgiebiger und können sich einer veränderten Unterlage besser anpassen. Trotzdem aber benötigen sie eine ebenso gute Unterlage: Die Steifeziffern von Bitumen sind nur bei lang dauernden Belastungen gering. Bei kurzen Lasten – und das sind die Verkehrslasten – steigen die Steifeziffern stark an und nähern sich denen von Beton. Hohe Steifeziffern aber bedingen, daß die Durchbiegungen nur gering sein dürfen, wenn Brüche, insbesondere nach Ermüdung des Materials durch vielfache Belastung, vermieden werden sollen. Die flexible Decke benötigt also ebenfalls eine sehr gute Unterlage, um die Durchbiegungen so gering wie möglich zu halten. Untersuchungen haben ergeben, daß die Verformung unter der Verkehrslast $\frac{1}{2}$ mm nicht überschreiten darf. Bituminöse Decken sind also in bezug auf den Verkehr nicht flexibel. Sie sind es nur insofern, als sie sich langsamen Verformungen, z. B. Dammsetzungen, angleichen können. Es ergibt sich also, daß starre und flexible Decken gleich guter Unterlagen bedürfen. Nur sind die Gründe verschieden: Bei der starren Decke muß die Unterlage widerstandsfähig gegen Nachverdichtung und damit Änderung der Auflagerbedingungen sein, bei der flexiblen Decke muß sie elastische Verformungen unter dem Verkehr verhüten.

Die bisherigen Darlegungen sollten einen Begriff geben über die Verbundwirkung der einzelnen Elemente der Straßenkonstruktion. Sie stammen meist aus dem klassifizierten Straßenbau. Aber im Grundsatz treffen die Überlegungen auch auf den Wegebau zu, wenn auch hier in mancher Beziehung andere Verhältnisse herrschen: Der eisenbereifte Verkehr strapaziert die Wegeoberfläche stärker, dafür entfallen infolge der geringeren Verkehrsdichte dynamische Überlegungen fast ganz. Die Dicken der Konstruktion können im Wegebau geringer sein. In vielen Fällen können Trag- und Deckschicht zusammenfallen, wobei nur ein dünner Verschleißschutz notwendig wird. Fast immer wird man zur Überzeugung kommen, daß beim ländlichen Weg die Frostschutzschicht aus wirtschaftlichen Gründen entfallen muß. Aber zu diesen Punkten seien noch einige Anmerkungen gestattet. Das eisenbereifte Rad ruft durch seine schmale Bandage sehr starke spezifische Drücke hervor und übt zermalmende Kräfte auf die Oberfläche der Wege aus. Da

aber nach den Gesetzen der Druckverteilung die Drücke schmäler Lasten nach der Tiefe sehr schnell abklingen, werden durch eisenbereifte Fahrzeuge wohl die Deckschicht, noch weniger untere Tragschichten und fast gar nicht mehr der Untergrund stärker beansprucht als durch gummibereifte Fahrzeuge. Bei landwirtschaftlichen und Forstwegen wird man geneigt sein, auf Frostschutzschichten ganz zu verzichten, insbesondere wenn zur Zeit des Frostaufganges durch die Art der Bestellung und des ländlichen Betriebes kein Verkehr stattfindet. Dabei ist aber zu bedenken, daß ein einziges schweres Fahrzeug, das in dieser Zeit den Weg befährt, ihn von Grund auf zerstören kann.

Allgemein werden die Unterhaltungskosten durch die wenn auch selten auftretenden Frosthebungsschäden hoch sein. Daher sollte vor dem Verzicht auf die Frostschutzschicht genau kalkuliert werden, ob nicht die kapitalisierten Unterhaltungskosten ein Mehrfaches der für den Frostschutz erforderlichen Mittel betragen. Wobei noch zu bedenken ist, daß oft Mittel für die Neuanlage der Wege zur Verfügung stehen, Unterhaltungszuschüsse aber später schwierig zu erlangen sein werden. Im Hinblick auf die Unterhaltung sind auch Kompressionsdecken zu betrachten: Bei geringem Verkehr entfällt bei dieser Deckenart die Nachverdichtung durch die Fahrzeuge, derer sie dringend bedarf, und ein baldiges Verrotten kann die Folge sein.

Bei den Schwierigkeiten, die bei der Dimensionierung durch Berechnung bestehen, liegt es nahe, die für die jeweiligen Belastungen und Verkehrsarten richtigen Straßenkonstruktionen anhand von Versuchsstrecken zu ermitteln. Im klassifizierten Straßenbau werden z. Z. solche Strecken beobachtet, die mit dem Ziel angelegt wurden, einige Unterbauarten zu testen und dadurch zu nur wenigen Standardbauweisen zu kommen.

Auch im Wegebau bestehen Probestrecken und werden laufend neue angelegt. Dabei sollte man einer Versuchung nicht unterliegen: Bei der Inangriffnahme neuer Projekte und der Anwendung neuer Bauverfahren erscheinen dem einzelnen die verschiedenartigsten Gesichtspunkte ungeheuer interessant und es wird versucht, die dabei auftauchenden Probleme durch immer neue Probestrecken zu klären. So entstehen in den verschiedensten Gebieten eine Menge solcher Abschnitte oft der gleichen Art. Die Kenntnis der Ergebnisse bleibt örtlich beschränkt. Die gleichen Kinderkrankheiten werden wiederholt durchgemacht. Bei der Versetzung des Initiators einer Probestrecke wird sie nicht weiter beobachtet. Die Unterlagen gehen verloren. Eine Zersplitterung ist unausbleiblich. Versuchsprogramme sollten nur gezielt und konzentriert durchgeführt werden mit dem Zweck, für die verschiedenen Landschaften entsprechend ihren geologischen Gegebenheiten, den anstehenden Böden und den zur Verfügung stehenden Materialien einige wenige Standardbauverfahren zu entwickeln, wie es bei den großen Versuchsprogrammen Nord-Süd und Nordrhein-Westfalen verfolgt wird. – Abgesehen von diesen konzentrierten und gezielten Programmen dürfte es im Wegebau eine lohnens- und liebenswerte Aufgabe sein, die Ergebnisse der zahlreichen verstreuten Probestrecken zu sammeln, dadurch die viele in diese Strecken gesteckte Arbeit nutzbringend zu verwerten und so dazu beizutragen, daß Dimensionierungsverfahren entwickelt werden, die zu einer beschränkten Zahl von Standardbauweisen führen.

Technik der Wegbefestigung - Bauweisen mit Gesteinen

Ministerialrat G. Hofmann

Oberste Baubehörde im Bayr. Staatsministerium des Innern, München

Inhalt:

1. Anwendungsbereiche straßenbautechnischer Vorschriften
2. Aufbau der Wege
 - 2.1 Schichtenfolge (Untergrund, Unterbau, Fahrbahndecke)
 - 2.2 Grundsätze für den Aufbau (stetiger Aufbau, Frostschutz, Ebenheit, Makadam- und Betonprinzip; Oberflächenabschluß; Mechanisierung; Leichtigkeit der Instandhaltung)
3. Gesteinsbauweisen für Tragschichten
 - 3.1 Baustoffe
 - 3.11 Sand und Kies
 - 3.12 Naturgestein (Füller, Brechsand, Splitt, Schotter, Schüttpacklage, Packlage)
 - 3.13 Hochofenschlacke
 - 3.2 Ausführungsarten
 - 3.21 Schüttlagen (Packlage, Schüttpacklage)
 - 3.22 Walzschotter
 - 3.23 Rüttelschotter
 - 3.24 Mineralbeton
 - 3.25 Sand/Kies-Gemische
4. Bauverfahren
 - 4.1 Einbau bei Verkehrsausschluß
 - 4.2 Einbau bei Verkehrsaufrechterhaltung
 - 4.3 Anforderungen an den fertigen Unterbau und Prüfungen
 - 4.4 Instandhaltung der Befestigungen
5. Ausblick

1. Bei dieser Veranstaltung geht es um den ländlichen Wegebau. Ich selbst komme aus einer Verwaltung, welcher der Bau von Autobahnen und Kraftfahrstraßen obliegt und in der ich an der Aufstellung und Koordinierung der straßenbautechnischen Vorschriften mitzuwirken habe. Diese Tätigkeit muß aber zu einer Berührung auch mit dem ländlichen Wegebau führen. Nicht nur daß sich die beidseitigen technischen Probleme infolge der zunehmenden Motorisierung des landwirtschaftlichen Verkehrs einander nähern, sondern auch bei der Abgrenzung des Anwendungsbereiches unserer eigenen Vorschriften oder Richtlinien werden wir zum ländlichen Wegebau geführt. Es handelt sich bei diesen Vorschriften oder Richtlinien in der Hauptsache um die vom Bundesminister für Verkehr nach Vorschlägen der Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen aufgestellten ZTVE (Zusätzl. Techn. Vorschriften und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau), RU bit (Richtlinien für die Ausführung des Unterbaues bit. Fahrbahndecken), TV bit (Techn. Vorschriften und Richtlinien für den Bau bit. Fahrbahndecken) sowie um die in Neubearbeitung befindlichen TVU (Techn. Vorschriften für die Ausführung des Deckenunterbaues auf Straßen), ABB (Anweisung für den Bau von Betonfahrbahndecken), RAL (Richtlinien für die Ausführung von Landstraßen) und ZVStra (Zusätzliche Vertragsbedingungen für die Ausführung von Straßenbauarbeiten). Bis zu welcher Straßenklasse hinab gelten diese Richtlinien? Jedenfalls gelten sie nicht für land- und forstwirtschaftliche Wege, denn für diese sind besondere Richtlinien- und Vorschriftenwerke teils schon vorhanden, teils in Arbeit; auch nicht für die oberflächliche Gestaltung städtischer Straßen, denn dafür gibt es die RASt (Richtlinien für den Ausbau städt. Straßen). Gelten sie aber für Gemeindeverbindungsstraßen und Gemeindeanschlußstraßen? Und wenn sie dafür nicht gelten, was gilt dann für diese Straßenkategorie? Die Bayer. Straßenbauverwaltung stellt soeben für das 22000 km umfassende Netz der wichtigen Gemeindeverbindungs- und Gemeindeanschlußstraßen in Bayern – im Gegensatz zum blauen Netz der Bundesstraßen, grünen der Landstraßen I. und gelben der Landstraßen II. O. „graues Netz“ genannt – eine Ausbauplanung auf und geht dabei für diese mit den Bundesstraßen, Landstraßen I. und II. O. verkehrlich verflochtenen Gemeindestraßen von jenen Vorschriftenwerken – ZTVE usw. – aus. Für die in der Verkehrsbedeutung darunter liegenden Gemeindestraßen – und das ist die Hauptmasse – könnte man mit den Vorschriftenwerken für ländliche Wege auskommen. Z. B. enthalten sowohl die Richtlinien für Entwurf, Bau und Unterhaltung ländlicher Wege als auch die Richtlinien des Kuratoriums für Kulturbauwesen für den landwirtschaftlichen Wirtschaftswegebau Querschnitte von 8 m Kronen- und 6 m Fahrbahnbreite, während unsere Richtlinien, in diesem Falle die RAL-Q, bis zu Fahrbahnbreiten von 5,5 m hinabreichen, so daß jedenfalls kein Vakuum in dieser Hinsicht vorhanden ist. Statt eines Vakuums muß allerdings im Gegenteil eine gewisse Überlagerung der Vorschriften vorhanden sein, wie dies bei dem gebrachten Beispiel der Fall ist.

Natürlich könnten auch für Gemeindestraßen besondere Vorschriftenwerke geschaffen werden. Ansätze dafür sind jedoch nicht zu erkennen.

Ich habe die Frage des Geltungsbereiches der Vorschriften aufgegriffen, weil ohne Kenntnis des Geltungsbereiches die Arbeit an den Vorschriften von vornherein einer notwendigen Grundlage entbehrt. Es wäre deshalb, wie verschieden auch die Auffassungen über den in Betracht zu ziehenden Geltungsbereich sein mögen, zu begrüßen, wenn möglichst frühzeitig bei der Erarbeitung von Vorschriften der Geltungsbereich festgelegt würde.

2. Die Vorschriftenwerke müssen auch insofern im Zusammenhang gesehen werden, als es gemeinsame Grundsätze für den Aufbau der Straßen gibt. Da diese auch für mein engeres Thema, die Bauweisen mit Gesteinen, von Bedeutung sind, möchte ich sie kurz aufzählen.

2.1 Wir unterscheiden bei der Straße in der Schichtenfolge im groben zwischen Untergrund, Unterbau und Fahrbahndecke, wobei zur Fahrbahndecke auch ein Binder oder zwei Binder gehören können. Zum Untergrund rechnen neben dem Erdkörper die Frostschutzschichten, obwohl sie in Aufbau und Wirkungsweise wenigstens im oberen Bereich Unterbau sind. Das Wort Frostschutzschicht ist lediglich aus historischen Gründen in die Nomenklatur gelangt, weil in gewissen Tiefen, etwa von 20 oder 30 bis 80 cm, der eingebürgerte Aufbau dem Frost und Frostaufgang nicht standhielt und oft – selbstverständlich in frostsicherer Weise – ersetzt werden mußte. Es wäre aber zutreffender, sich die Straße als einen statisch und dynamisch beanspruchten Körper vorzustellen, bei dem die Schichtenfolge in allererster Linie dem Abklingen der Druck-, Scher- und Zugbeanspruchungen nach unten zu entsprechen und keineswegs ein ganz anderes Motiv, wie der Frostschutz, in einen bestimmten Tiefenbereich einzubrechen hat. In der Frostzone müssen von oben bis unten alle Schichten frostsicher sein genauso, wie sie alle die benachbarten Schichten, sei es bei Frost, sei es beim Tauen, sei es bei Regen, nicht nachteilig beeinflussen dürfen. Das stumpfe Festhalten an den Begriffen könnte, wenn ich übertreiben darf, dazu führen, daß auf Frostschutzschichten nach ZTVE etwa nochmals ein fast gleicher Unterbau z. B. aus Kiessand und daß auf hochwertigen bituminösen Tragschichten etwa weniger stabile Binder in Makadambauweise verlegt werden. Diese Zusammenhänge haben in Bayern Anlaß gegeben, mit der Einführung der RU bit auch eine Modifizierung der Vorschriften der TV bit zu verbinden.

2.2 Einen sicheren Anhalt bei der Ausarbeitung von Grundsätzen für den Aufbau der Straße liefert die Vorstellung, daß der Aufbau stetig sein muß; denn wenn die einwirkenden Kräfte keine Sprünge machen, darf auch der Aufbau, abgesehen von den baubetrieblichen Erfordernissen, keine Sprünge machen. Nicht anwendbar ist der Grundsatz des stetigen Aufbaues auf Straßenkonstruktionen mit steifen Stahlbetonplatten, die wie der Eisenbahnoberbau ihren eigenen statistischen Gesetzen folgen. Nur eingeschränkt anwendbar ist dieser Grundsatz ferner auf starre Zwitterkonstruktionen wie Zementschotter, Traßkalkschotter und unbewehrten Betonunterbau auf flexiblen Schichten; derartige Bauweisen sind unsystematisch, wenngleich sie in mancherlei Hinsicht, z. B. baubetrieblich und instandhaltungstechnisch, Vorteile bieten und daher gelegentlich ausgeführt werden. Dagegen entspricht es dem Prinzip des stetigen Aufbaues, wenn von unten nach oben die flexible Schichtenfolge laufend tragfähiger wird, indem z. B. von der unverdichteten zur verdichteten Bodenschicht übergegangen wird, von dieser zur unteren Frostschutzschicht aus verdichtetem Kiessand, von dieser zur oberen Frostschutzschicht aus abgestuftem, hochverdichtetem Kiessand, von dieser zu ebenso abgestuftem und verdichtetem, aber gebrochenem Gestein, von diesem zu ebenso abgestuftem, verdichtetem und gebrochenem, aber bituminiertem Gestein und von diesem schließlich zum ebenso abgestuften, verdichteten, gebrochenen und bituminierten, aber veredelten Gestein in Form der Decke.

Zum stetigen Aufbau und Frostschutz gehört es nach verbreiteter, wenn auch nicht allgemeiner Auffassung, daß die Wasserdurchlässigkeit der Schichten im Bereich der Frostzone von oben nach unten zunimmt. Ferner gebietet der stetige Aufbau, die Schichten von unten nach oben immer profilgerechter und ebener herzustellen, da sie ja von unten nach oben auch immer teurer und deshalb dünner werden und Höhenfehler mit abnehmender Schichtdicke immer schwerer behoben werden können. Es entspricht diesen Beziehungen, wenn in den ZTVE für die Oberkante des Erdplanums eine Toleranz von ± 3 cm, für die Oberkante der Frostschutzschicht eine Toleranz von ± 2 cm und in den TV bit für die heißeingebauten Binder- und Verschleißdecken Toleranzen von ± 4 bis 6 mm zugelassen sind; es entspricht ihnen aber kaum, wenn beim flexiblen Unterbau in den RU bit die verhältnismäßig große Toleranz von $\pm 1,5$ cm zugelassen

ist. Nach diesen Vorschriften kann die Abnahme eines flexiblen Unterbaues, der durchwegs 1,5 cm zu tief liegt, nicht verweigert werden; wer bezahlt aber den Mehreinbau von 40 kg/qm Mischgut, der notwendig ist, um der Decke die vorschriftsmäßige Höhe zu geben? Bei der Aufstellung der neuen TVU werden daher voraussichtlich die Anforderungen an die Höhenlage und Ebenheit des Unterbaues verschärft werden.

Ich glaube, daß für den landwirtschaftlichen Wegebau diese Zusammenhänge in der Ebenheit zwar auch gelten, aber die Größenordnungen anders sein könnten, z. B. für den Erdkörper ± 5 cm, für die Frostschuttschicht und für Erdkörper ohne Frostschuttschichten ± 3 cm, für Gesteinsunterbau ± 2 cm, für bituminösen Unterbau $\pm 1,5$ cm, für Schotter- oder Splittdecken $\pm 1,5$ cm, für bituminöse Decken ± 1 cm. Ähnlich könnte bei der Abweichung von der 4-m-Latte verfahren werden, mit der die Fehler in der Ebenheit in Straßenlängsrichtung kontrolliert werden.

Sowohl bei den Straßenbefestigungen in Gesteinsbauweise als bei denen in bituminöser Bauweise unterscheiden wir zwischen Makadam- und Betonbauweise.

Beim Makadamprinzip wird durch die Verspannung kantigen Gesteins eine große innere Reibung erzielt; dabei braucht auf geringen Hohlraum kein Wert gelegt zu werden, wenn eine Nachverdichtung unter dem Verkehr unschädlich ist. Dies ist im landwirtschaftlichen Wegebau fast immer der Fall.

Beim Betonprinzip wird die Stabilität ganz oder zum Teil durch Verwendung eines hohlraumarmen Gesteinsgemisches erzielt. Ist nämlich ein Hohlraumminimum vorhanden, so kann im unbegrenzten Körper kein Teil den anderen mehr verdrängen. In begrenzten, nicht fest eingespannten Schichten, wie sie in der Wirklichkeit auftreten, kommt dazu oft die Verleimung der Gesteinsteile durch ein bituminöses oder hydraulisches Bindemittel. Das Betonprinzip kann auch mit dem Makadamprinzip verbunden werden, wie es z. B. bei abgestuften Schotterdecken oder bei abgestuftem Schotterunterbau geschieht. Das Betonprinzip mit Verleimung tritt uns entgegen in den bituminösen Beton- und Zementbetondecken; auch hier kann durch Verwendung gebrochenen Gesteins die innere Reibung erhöht und somit das Makadamprinzip einbezogen werden.

Die Entwicklung der Bauweisen für den Unterbau hat in den letzten Jahren, wie Sie wissen, einen recht bewegten Verlauf genommen. Die Ursache dafür liegt weniger in den Fortschritten der Theorie, welche letztere trotz allen Fluktuierens doch so oft wieder in alten Erkenntnissen mündet, sondern in zwei gebieterischen Forderungen der neueren Entwicklung. Es ist einmal die Forderung nach Einschränkung der Handarbeit, die teuer und ungenau geworden ist, und es ist weiter das Gebot, so zu bauen, daß die Instandhaltung der Befestigungen den Baulasträgern keine Sorge bereitet. Die Entwicklung mußte also zu Befestigungen führen, die überwiegend mechanisch hergestellt werden können, wenig Instandhaltung erfordern und bei denen diese geringe Instandhaltungsarbeit in der Hauptsache durch routinemäßigen Geräteumlauf erledigt werden kann.

Der Straßenunterbau erhält, obwohl Baustellenverkehr oder öffentlicher Verkehr vorstatten gehen müssen, nicht immer sofort eine Decke. Unter Umständen geht ein Winter oder gehen mehrere Winter über den deckenlosen Unterbau hinweg. Im landwirtschaftlichen Wegebau wird dem Unterbau bisweilen auch die Aufgabe der Decke für dauernd mit übertragen. In derartigen Fällen muß der Unterbau aus Gestein rechtzeitig, bevor Wasser und Schmutz eindringen oder Wasser und Verkehr an der Oberfläche Beschädigungen verursachen, abgedichtet werden. Dies kann z. B. durch eine leichte Tränkung oder durch Abstreuen mit Rohsand oder bituminiertem Sand geschehen. Jedenfalls muß bei der Wahl der Gesamtbefestigung der Straße auch an diese Seite der Inanspruchnahme gedacht werden.

3.1 Die Baustoffe für Gesteinsbauweisen können rundkörniger oder gebrochener Art sein. Rundkörnige Baustoffe sind Natursand sowie aus Gruben oder Wasserläufen gewonnener Kiessand, gebrochene Baustoffe sind die Erzeugnisse der Steinbrüche und Kiesquetscher. Dazu tritt in Teilen des Bundesgebietes die Hochofenschlacke, sei es in Form ungebrochener Stücke, sei es als einfach gebrochene Schlacke. Auf Baustoffe wie Ziegelschutt, Trümmerbeton und Steinbruchabraum brauche ich, obgleich sie für die einfachsten Formen ländlichen Wegebauwerks Bedeutung haben, wohl nicht näher einzugehen, da sich für ihre Beschaffenheit und Verarbeitung keine allgemein gültigen Regeln aufstellen lassen. – Ich bitte Sie, meine Damen und Herren, es mir in der Folge auch zu erlassen, daß ich auf Fragen eingehe, über die man sich besser Aufschluß durch Nachlesen in den Vorschriften, Normen usw. verschafft. Dagegen möchte ich versuchen, die in Fluß befindlichen Probleme sowohl bei der Wahl der Baustoffe als auch bei der theoretischen Entwicklung der Gesteinsbauweisen und der praktischen Baudurchführung herauszustellen.

3.11 Zusammenhängende Vorschriften über die Beschaffenheit des ungebrochenen Gesteins, also des Natursandes und Kieses, gibt es nicht. Die RU bit und TV bit enthalten Angaben über Reinheit, Wetter- und Frostbeständigkeit sowie abschlämmbare Bestandteile. Ein Mangel ist es vor allem, daß Vorschriften über die mechanische Beschaffenheit von Kies und die Kornform gebrochenen Kieses fehlen, der für Tragschichten oder Fahrbahnbeläge verwendet wird¹⁾. Um diese Lücke zu schließen, befindet sich in Bayern ein Prüfverfahren in Entwicklung, bei dem gebrochener Kiessplitt 8/12 in einem Mörser einer bestimmten Schlagarbeit ausgesetzt wird; Anteil und Siebkurve des nachher vorhandenen Splittes unter 8 mm kennzeichnen die mechanische Güte des Kiessplittes. Ferner werden der Anteil der runden Flächen und der Anteil der splittrigen Körner festgestellt. Dem Kiessplitt, der bei diesem Verfahren besonders günstige festgelegte Werte erreicht, wird die Bezeichnung Kiessplitt Güteklasse I verliehen, so daß er praktisch gütegeschützt ist. Es ist anzunehmen, daß ein solches Vorgehen den Wettbewerb zwischen Kiesindustrie und Natursteinindustrie günstig beeinflussen wird.

3.12 Der Vergleich des Kieses mit dem Naturgestein hinsichtlich der mechanischen Beschaffenheit würde erleichtert durch Anwendung des genannten Verfahrens auch für den Naturstein. Vorschläge, wie das Verfahren in das in Neubearbeitung befindliche „Merkblatt über Verwendung und Prüfung der Naturgesteine im Straßenbau“ einbezogen werden kann, liegen vor, doch scheint es mir fraglich, ob diese Einbeziehung tatsächlich erfolgen wird. Falls sie nicht erfolgt, werden die Prüfvorschriften nebeneinander bestehen müssen²⁾.

Das Merkblatt über Verwendung und Prüfung der Naturgesteine im Straßenbau ist insofern eine für uns Straßenbauer besonders wichtige Grundlage beim Umgang mit dem Gestein, als darin zugleich die Anwendung der DIN 52 101–52 110 über Probenahme, Rohwichte und Reingewichte, Wasseraufnahme, Frostbeständigkeit, Druckfestigkeit, Wetterbeständigkeit, Schlagfestigkeit, Abnutzbarkeit, Widerstandsfähigkeit und Raummetergewicht von Natursteinerzeugnissen geregelt ist. In der Neufassung des Merkblattes wird voraussichtlich auch auf die Bedeutung der Polierbarkeit des Gesteins hingewiesen werden, ohne daß abgesehen von einem Hinweis auf britische Unterlagen ein entsprechendes Prüfverfahren angegeben werden kann. Wir kennen den nachteiligen Einfluß der Polierbarkeit auf die Deckengriffigkeit vom Basaltpflaster her. Es hat sich aber gezeigt, daß auch der Splitt und Brechsand in bituminösen Decken, wenn er polierbar ist, einen allmählichen Rückgang der Griffigkeit unter dem Verkehr bewirkt. Die genaueren Zusammenhänge sind noch wenig erforscht²⁾.

Es erübrigt sich, auf das Merkblatt über die Verwendung und Prüfung der Naturgesteine im Straßenbau, dessen Neufassung rasche Fortschritte macht, weiter einzugehen. Dagegen sei darauf hingewiesen, daß die Anwendung dieses Merkblattes weniger im

einzelnen Baufall als allgemein bei der Zulassung der Erzeugnisse von Steinbrüchen in Frage kommt. Das Bauamt, das die Erzeugnisse neu eröffneter Steinbrüche zu verwenden beabsichtigt, wird also in Anlehnung an das Merkblatt die Ergebnisse der amtlichen Stoffprüfung zu beachten haben. In den RU bit ist hierzu gesagt, daß die Eignung des vorgesehenen Gesteins, wenn sie nicht genügend bekannt ist, vom Lieferer durch Vorlage eines höchstens zwei Jahre alten Gutachtens einer staatlich anerkannten Prüfstelle nachzuweisen ist.

Im einzelnen Baufalle spielt die größere Rolle das Merkblatt für Körnungen aus gebrochenem Naturgestein vom Juli 1957. In diesem Merkblatt ist die Aufgliederung nach einfach gebrochenem und mehrfach gebrochenem, veredeltem Material enthalten. Einfach gebrochenes Material gliedert sich in Brechsand 0/5, Splitt 5/12 und 12/25 sowie Schotter 35/55 und über 55 mm. Beim mehrfach gebrochenen Material ist zu unterscheiden zwischen Edelbrechsand 0/2 sowie Edelsplitt 2/5, 5/8, 8/12 und 12/25. – Die Angaben beziehen sich auf Maschenprüfsiebe mit quadratischen Sieböffnungen, während die analogen Rundsiebe Öffnungsdurchmesser haben, die um 10–20% größer als die Länge und Breite der quadratischen Öffnung sind. – Dieses Merkblatt enthält ferner Angaben über Unter- und Überkorn und über die Kornform.

Meine Damen und Herren! Bei der erhöhten Bedeutung, die nach heutiger Auffassung dem Sieblinienverlauf der Gesteinsgemische für mechanisch oder bituminös verfestigte Tragschichten und Fahrbahnbeläge zukommt, ist es selbstverständlich wichtig, daß die Lieferung des Gesteins laufend hinsichtlich seiner Übereinstimmung mit dem Merkblatt für Körnungen aus gebrochenem Naturgestein überprüft wird. Besonders gilt dies in Zeiten der Hochkonjunktur. Packlage und Schüttpacklagegesteine sind aus den Vorschriften über die Beschaffenheit von Baustoffen für Straßen ganz verschwunden. In den RU bit ist der Unterbau aus Packlage und Schüttpacklage nicht mehr zugelassen. Dasselbe wird für die neuen TVU gelten. Es widerstrebt mir daher, auch Beschaffenheitsangaben über einen Baustoff zu machen, der so in den Hintergrund getreten ist. Ich wende mich damit keineswegs gegen die Verwendung von Schüttpacklage oder im Ausnahmefalle auch von Packlage für landwirtschaftliche Wege. Dort können die beiden Bauweisen wegen ihrer Unkompliziertheit, des geringeren Grades der Baustellenmechanisierung und Straßenbeanspruchung, unter Umständen auch zur Ausnützung örtlicher Gesteinsvorkommen angewendet werden. Es dürfte dabei weniger wichtig sein, die Baustoffe ängstlich unter die Lupe zu nehmen, als den etwa in den Richtlinien für den landwirtschaftlichen Wirtschaftswegebau – RLW 1959³⁾ und im Merkblatt für rüttelverdichtete Schüttwege angegebenen Bauregeln sorgfältig zu folgen.

3.13 Bezüglich des Baustoffes Hochofenschlacke verweise ich auf die DIN 4301 „Hochofenschlacke und Metallhüttenschlacke für Straßenbau“. Das Normblatt befindet sich in Neubearbeitung⁴⁾, der Entwurf dazu war in „Straße und Autobahn“ Heft 1/1960 veröffentlicht. Die in Betracht kommenden Abmessungen gebrochener Schlacke reichen von 0 bis 65 mm Maschensiebweite. Dazu treten Packlagestücke bis zu 15 cm Breite, 20 cm Länge und 25 cm Höhe, ferner Schüttpacklagegesteine bis zu 25 cm Größtabmessung. Weiter enthält die Norm eine Begrenzung des Unter- und Überkorns auf zusammen 30 Gew.-%. Angaben über Güte im allgemeinen, Wasseraufnahme, Widerstandsfähigkeit und Schüttgewicht sowie Prüfvorschriften runden die Norm ab.

Es wird Sie interessieren, daß wir in Bayern die in den oberpfälzischen Verhüttungsgebieten des Flickkonzerns anfallende Hochofenschlacke nur für untergeordnete Straßenbauzwecke wie die Herstellung von Frostschutzschichten verwenden. Der Grund dafür liegt nicht allein in der sandigen Beschaffenheit dieser Schlacke, sondern auch in der Konkurrenz des Natursteins und Kiessandes. In Zukunft wird jedoch der anlaufende Autobahnbau Nürnberg–Amberg– Richtung Pilsen, der an den Hüttenwerken des Flickkon-

zerns vorüberführt, Gelegenheit geben, die Mitverwendung von Hochofenschlacke in den Tragschichten erneut zu prüfen.

Indem ich mich soeben mit den Baustoffen für die Straßenbefestigung beschäftigt habe, sind auch Fragen des Aufbaues der Befestigungen schon angeschnitten worden. Da in meinem Thema aber die Systematik der Bauweisen besonders angesprochen ist, seien die Ausführungsarten, soweit die Tragfähigkeit ausschließlich vom Gestein herrührt, nunmehr systematisch wiedergegeben.

Dabei gehe ich in der Reihenfolge vom Schlechteren zum Besseren vor und ich glaube, daß diese Folge zugleich ein Vorwärtsschreiten von der Hand- zur Maschinenarbeit sein muß.

3.21 Bei der Packlage wird das notwendige dichte Gesteinsgefüge durch enges Aneinanderstellen, Auszwicken und Abwalzen des von Hand hergestellten Gestücker erzielt. Bei der Schüttpacklage beschränkt sich die Handarbeit auf das Nachregulieren des abgekippten Schüttgesteins, wobei besonders die plattigen Stücke auszuscheiden sind. In den vorliegenden Ausführungsrichtlinien wird empfohlen, aus den gröberen Steinen seitliche Widerlager zu bilden. Wenn auch derartige Widerlager selbst nach Hinterstampfung wenig zur Einspannung der Schüttung beitragen, so haben sie doch Wert als eine Art Lehre für eine saubere Abgrenzung der Schüttung. Sie lassen sich in dieser Beziehung vergleichen mit den Betonrandstreifen neuzeitlicher Landstraßen, deren Wert im Gegensatz zu den ursprünglichen Erwartungen kaum in der Einspannung der Straßenbefestigung und in der optischen Verkehrsführung, wohl aber in der höhen- und grundrißgerechten Begrenzung der Fahrbahn liegt. – Der weitere Aufbau der Schüttpacklage umfaßt die Verdichtung von der Seite her durch statische Walzen oder besser durch Rüttelgeräte, der sich das Einrütteln von Feinkorn bis zur Füllung der Hohlräume und das nochmalige Abwalzen mit Glattradwalze oder Gummiradwalze anschließen soll.

3.22 Der Arbeitsgang nähert sich damit im ersten Stadium der Herstellung eines Walzschotterunterbaues, im zweiten Stadium der Herstellung eines Rüttelschotterunterbaues.

Auch beim Walzschotterunterbau wird mit dem Anwalzen des maschinell oder von Hand verteilten Schotter begonnen. Die lose Schotterlage sollte wenigstens das Doppelte der mittleren Schottergröße ausmachen. Bei den ersten Walzübergängen ist es wichtig, daß auftretende Unebenheiten sofort behoben werden, indem an der betreffenden Stelle einige Gabeln Schotter weggenommen oder zugegeben werden. Unterlassungen in dieser Hinsicht sind schwer wieder gutzumachen. Nach weiterer, aber nicht übertriebener Verdichtung mit schwererer statischer Walze wird in die Hohlräume bindiger Sand eingeschlämmt. Ein Einrütteln des Sandes hätte zur Folge, daß das statisch verdichtete Schottergerüst wieder gelockert wird. Es sei an dieser Stelle auf den Unterschied hingewiesen zwischen der Verdichtung abgestufter Gemische durch Rüttelgeräte, bei welcher ein Aufwirbeln und dichtes Umlagern der Einzelteile erfolgt, und andererseits der Verdichtung durch Drücken, bei dem die Teile keilförmig ineinander geschoben werden. Optimale Rüttelverdichtung setzt ein Mehrfaches an Schichtdicke gegenüber der Kornabmessung voraus, während bei der statischen Verdichtung lediglich eine die größte Kornabmessung übersteigende Schichtdicke in verdichtetem Zustand notwendig ist.

Der beschriebene Walzschotterunterbau enthält also bindigen Sand. Da bindiger Sand in Tragschichten unter Umständen frostgefährdet ist, dagegen in Deckschichten die Stabilität gegenüber den ziehenden und saugenden Beanspruchungen durch den Verkehr erhöht, ist die Walzschotterbauweise auch geeignet um einen geringwertigeren Unterbau etwa aus Packlage nach oben abzuschließen oder Unterbau und Decke zugleich zu sein.

3.23 Die folgerichtige Fortentwicklung des Walzschotterunterbaues im Sinne der Me-

chanisierung des Bauvorganges, einer kontrollierbaren völligen Verdichtung und hoher Scherfestigkeit muß aber zunächst zum Rüttelschotterunterbau führen.

Dieser Schotterunterbau wird üblicherweise in einer Schicht ausgeführt. Für Straßen mit geringer Verkehrsbelastung wird eine Schichtdicke von 15 bis 20 cm in fast allen Fällen ausreichen.

Zunächst wird auf dem Untergrundplanum ein Schottergerüst der Körnung 35/55 mm bis 35/75 mm, das in sich stetig abgestuft sein muß, hergestellt. Nach dem Verdichten des Schottergerüsts wird als Füllkorn für das Schließen der Hohlräume des Schottergerüsts Brechsand 0/5 mm bzw. 0/8 mm oder auch Splitt der Körnung 0,6 bis 5 mm bzw. 0,6 bis 8 mm verwendet. Das Füllkorn wird in zwei bis vier Lagen auf dem Schottergerüst gleichmäßig ausgebreitet und jede Lage für sich in den Schotter eingerüttelt. Bei Verwendung von Brechsand muß dieser vorgetrocknet werden, da er sich sonst nicht in die Hohlräume einrütteln läßt. Splitt mit dem Kleinstkorn 0,6 mm kann auch bei Regenwetter eingebaut werden. Leider stößt die Lieferung von derartig abgeseibtem Splitt meistens auf Schwierigkeiten. Außerdem benötigt das Einrütteln des Füllkorns Sorgfalt und Erfahrung.

Zur Verwendung von Natursand für die Verfüllung des Schottergerüsts konnten wir uns bisher in Bayern wegen der Verarbeitungsschwierigkeiten bei Nässe nicht entschließen. Ich glaube aber, daß sich auch mit Natursand bei entsprechender Sorgfalt gute Ergebnisse erzielen lassen.

3.24 Wir haben diese Frage nicht mehr weiter zu vertiefen brauchen, weil wir – wiederum im Zuge der Vollmechanisierung und des Hinarbeitens auf kontrollierbaren Bauablauf – vom Rüttelschotter – zum Mineralbetonunterbau gelangt sind.

Bei diesem Unterbauverfahren wird ein stetig abgestuftes Mineralgemisch der Körnung 0/55 mm verwendet. Es kann aber auch ein Größtkorn von 45 oder 35 mm zur Verwendung kommen. Die Sieblinien der Mineralgemische müssen, ähnlich wie bei der Betonherstellung, innerhalb eines bestimmten Bereiches liegen, der von parabelförmigen Kurven begrenzt ist.

Der Einbau erfolgt entweder durch Zusammenmischen einzelner Kornfraktionen wie z. B. 0/8, 8/25 und 25/55 mm mittels Motorgraders oder es wird vom Lieferwerk ein bereits fertig zusammengesetztes Gemisch bezogen, das nur mehr auszubreiten und zu verdichten ist. Wenn die sichere Voraussetzung besteht, daß das fertig zusammengesetzte Mineralgemisch den Anforderungen hinsichtlich der Kornzusammensetzung entspricht, dann kann dieses Verfahren als in jeder Beziehung narrensicher bezeichnet werden. Während des Transportes und auch beim Abkippen treten Entmischungen im Mineralgemisch nicht auf, sobald das Gemisch bereits im Werk angefeuchtet wurde. Beim Einbau ist ein bestimmter Wassergehalt für die mit Vibrationsgeräten vorzunehmende Verdichtung einzuhalten. Auch bei Regenwetter ist der Einbau möglich. Der Unterbau kann unmittelbar nach der Fertigstellung befahren werden. Es kommt dabei auch nicht vor, daß die Unterbauränder nach Wegnahme der seitlichen Einschaltungen einstürzen. Dagegen hat es sich gezeigt, daß solcher Unterbau besonders bei mangelndem Längsgefälle zweckmäßig durch eine leichte Tränkung mit Bitumenemulsion oder weichem Straßenteer geschützt wird, wenn er längere Zeit ohne Decke unter Verkehr liegt. Wer schon lange genug im Straßenbau tätig ist, erinnert sich angesichts dieses oberflächlich bituminierten Mineralbetons der alten, mit Oberflächenbehandlung versehenen Schotterdecke und empfindet den Kreislauf des Geschehens, allerdings eines Kreislaufes, der nicht ganz, nur teilweise in frühere Erkenntnisse und Methoden wieder einmündet.

3.25 Ähnliche Grundsätze wie für den Aufbau des Mineralbetons gelten für Unterbau aus Sand/Kiesgemischen.

In den RU bit sind Grenzsieblinien angegeben, zwischen denen die Sieblinien des stetig

abgestuften Kiessandes der Körnung 0/50 mm verlaufen sollen. Der Sieblinienbereich ist bewußt weit gewählt worden, um die Anwendung dieses Verfahrens in möglichst vielen Fällen zu ermöglichen. Der Kornanteil unter 0,06 mm kann sich dabei zwischen 1 und 12% bewegen; das Gemisch muß frostsicher sein. Als Mindestschichtdicke für Landstraßen sind 25 cm vorgesehen.

Verlaufen die Sieblinien des Mineralgemisches innerhalb eines engeren Körnungsgebietes, wie er z. B. in der im Jahre 1957 von der Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen herausgegebenen „Anleitung für den Bau und die Unterhaltung mechanisch verfestigter Trag- und Verschleißschichten, 2. Auflage“ angegeben ist (Bereich A), dann kann für schwachen Verkehr eine Mindestdicke von 20 cm angesetzt werden.

Der Einbau mechanisch verfestigter Kiestragschichten erfolgt ähnlich wie beim Mineralbetonunterbau entweder durch Zusammenmischen einzelner Kornfraktionen auf der Baustelle mit dem Motorgrader oder durch die Anwendung fertig zusammengesetzter passender Korngemische, die nur mehr auszubreiten und zu verdichten sind.

Im landwirtschaftlichen Wegebau, bei dem die Verkehrsbelastung in der Regel erheblich geringer ist als auf Landstraßen, können die angegebenen Höchstkorngößen erheblich unterschritten werden. Am stetigen Aufbau soll sich dabei nichts ändern. Werden die Gemische sehr feinkörnig, so eignen sie sich weniger für selbständige Tragschichten als für Deckschichten. Als solche können sie auch leicht unterhalten werden.

4. Das Bauverfahren bei all diesen Ausführungsweisen hängt selbstverständlich sehr davon ab, ob der öffentliche Verkehr ausgeschlossen werden kann oder aufrechterhalten werden muß.

4.1 Zumeist wird der Einbau von Tragschichten auf ländlichen Wegen ohne Verkehr vorstatten gehen können. Es bestehen dann insoweit keine Schwierigkeiten. Die Längsfugen können entfallen und damit die Bereiche geringerer Verdichtung und Ebenheit. Wenn irgend möglich, sollte daher ein Bauen ohne Verkehr angestrebt werden, zumal auf Baustellen auch der Verkehr erschwert ist. Dagegen ist der Verkehr auf soeben fertiggestellten Tragschichten nicht nur unschädlich, sondern sogar günstig für die Nachverdichtung, vor allem an der Oberfläche. Solcher Verkehr muß aber hinsichtlich Schwere, Bereifungsart, Geschwindigkeit und Zeitdauer bis zur Aufbringung einer Decke unter Kontrolle bleiben.

4.2 Wird unter Verkehr gebaut, so ist bei Fahrbahnbreiten bis zu etwa 5 m, also auf ländlichen Wegen in aller Regel, der Verkehrsablauf auf den in Arbeit befindlichen Bauteilen nicht zu vermeiden. Eine Verkehrsunterbrechung ist dann wenigstens während des Laufes der Einbau- und Verdichtungsgeräte und während der damit zusammenhängenden Regulierungsarbeiten notwendig. Eine solche Verkehrsunterbrechung darf theoretisch solange dauern, daß die in Geld umgewandelten Zeitverluste des Verkehrs und die in Geld umgewandelten Zeitverluste und Güteminderungen bei der Bauarbeit zusammen ein Minimum ergeben. In der Praxis wird es sich gewöhnlich um Zeiten von 5 bis 15 Minuten handeln.

Ist die Fahrbahnbreite größer als 5 m, so ist es möglich, aber bei schwachem Verkehr nicht notwendig, halbseitig zu arbeiten. Packlage kann auch streifenweise von einer Seite zur anderen fortschreitend gestellt werden, so daß die gegenseitige Behinderung von Verkehr und Bauarbeit gering bleibt. Besondere Probleme entstehen jedoch, wenn auf der Straße Gesteinsgemische aus Schotter, Splitt und Sand oder Kiessanden und Ergänzungskörnungen hergestellt werden müssen. In Bayern hat sich in solchen Fällen folgendes Vorgehen bewährt:

Zuerst wird der grobe Anteil, z. B. Schotter 25/55 mm oder grober Kiessand, in der je lfdm Straße erforderlichen Menge in einer Langmahd auf der Unterbausoehle abgekippt. Anschließend wird der Splitt- oder Grobsandanteil und hernach der erforderliche Brech-

sand oder Natursand auf die Langmahd aufgebracht. An Ort und Stelle wird nun mit dem Motorgrader das fertige Gemisch hergestellt. Das Mischen erfolgt durch etwa drei- bis viermaliges Hin- und Herwälzen der notwendigenfalls angenähten Langmahd, wobei die Graderschar als Freifallmischer wirkt. Nach dem Mischen wird das Material mit dem Motorgrader ausgebreitet, mit Rüttelgeräten bei optimalem Wassergehalt verdichtet und mit statischer Walze geglättet.

Unter Umständen muß bei diesem Verfahren in 2 Lagen gebaut werden. Die gebräuchlichen Motorgrader verarbeiten 0,4 bis 1 cbm lockeres Gestein je lfdm, was bei 3 m zu befestigender Breite einer losen Schüttung von 13–33 cm Dicke entspricht.

4.3 Über die an den fertigen Unterbau zu stellenden Anforderungen und die dazu gehörigen Prüfungen sagen die Richtlinien für den landwirtschaftlichen Wirtschaftswegebau v. J. 1959 nicht aus. Dies ist auch insofern verständlich, als damals nicht einmal über die an den Unterbau von Landstraßen zu stellenden exakten Anforderungen und deren Zusammenhang mit den Vorschriften für den Erdbau klare Vorstellungen bestanden. Inzwischen sind aber in den RU bit die Anforderungen im Landstraßenbau zahlenmäßig gefaßt worden. So werden unter anderem für Schotterunterbau je nach Dicke Tragfähigkeitswerte aus dem Plattendruckversuch von $E_2 = 1500$ bis 2000 kg/cm^2 gefordert; bei Kiessandtragschichten werden E_2 -Werte von mind. 1200 kg/cm^2 und Lagerungsdichten von 103 % der einfachen Proctordichte verlangt.

Um diese Angaben besser verständlich zu machen, darf ich darauf hinweisen, daß beim Plattendruckversuch ein auf die Oberfläche der zu prüfenden Schicht aufgesetzter Stempel von $30 \text{ cm } \phi$ wiederholt unter allmählich zunehmende Last gesetzt und aus der Größe der bei der Zweitbelastung erreichten Einsenkung der E_2 -Wert errechnet wird; dieser kennzeichnet also die Tragfähigkeit, genauer gesagt, die Einsenkung unter bestimmter Last. Die einfache Proctordichte ist dagegen das Trockenraumgewicht eines bei optimalem Wassergehalt in einem genormten Metallzylinder durch ein Fallgewicht von genormter Fallhöhe und Schlagzahl verdichteten Boden- oder Gesteinsgemisches.

Die angegebenen E-Werte und Proctordichten lassen sich nur bei einwandfreiem Untergrund erreichen. Es werden daher schon auf dem Untergrundplanum E_2 -Werte von 1200 kg/cm^2 verlangt.

Ich glaube, daß im Wirtschaftswegebau ebenso E-Werte und Proctordichten gefordert werden könnten, die jedoch unter denjenigen für Landstraßen liegen und auch verschieden je nach auftretender Beanspruchung der Wege sein dürfen.

4.4 Bleiben die beschriebenen Unterbauausführungen längere Zeit oder dauernd ohne Deckenabschluß, so ergibt sich daraus die Aufgabe der Unterhaltung. Über deren technische Seite habe ich mich schon geäußert. Ich möchte aber nunmehr die Unterhaltung im Zusammenhang mit der organisatorischen Seite des ländlichen Wegebaues betrachten und damit zum Ende meines Vortrages kommend, den rein technischen Fragenkreis verlassen.

5. Schon beim Bau und bei der Instandhaltung des Landstraßennetzes ist es schwierig, eine gewisse technische Einheitlichkeit zu wahren. Bei uns in Bayern, wo von 143 Landkreisen 58 ihre Landstraßen II. O. selbst verwalten, gilt dies in besonderem Maße. Es gilt das aber in besonderem Grade sicher auch für die ländlichen Wege.

Eine Vielzahl von Dienststellen ist mit der Planung und Durchführung von Wegebauten, sei es durch Unternehmer, sei es im Eigenbetrieb, befaßt und einer Vielzahl von Dienststellen häufig ohne den notwendigen Apparat obliegt die Unterhaltung. In dieser Beziehung Verbesserungen zu erzielen tut not. In Bayern wäre es denkbar, daß sich die Kreisbaubehörden, denen infolge Aufstufung der wichtigsten Landstraßen II. O. ein Teil ihres straßenbaulichen Wirkungsbereiches genommen ist, dafür der gemeindlichen Wegebauten und der Instandhaltung von Wirtschaftswegen annehmen. Es würde aber für

einen abseits der Kommunalpolitik stehenden Techniker unrealistisch sein, dieses Thema zu vertiefen. Um so mehr obliegt es dem Techniker, auf dem Gebiet der Bauweisen die Ordnung zu verbessern. Hierzu gehört ein Abbau der Typenvielfalt. In der Praxis muß dazu eine regionale Entwicklung zu Standardbauweisen treten. In Bayern hat man sich z. B. entschlossen, auf dem Landstraßennetz – obwohl die täglichen Kfz-Zahlen zwischen 500 bis 15 000 liegen – als Fahrbelag immer nur eine Asphaltbetondecke von 70 kg/qm Einbaugewicht auszuführen⁵⁾. Demgegenüber werden für die Befestigung ländlicher Wege so zahlreiche Möglichkeiten angeboten, daß es wohl nicht leicht ist, die richtige Wahl zu treffen, auch nicht leicht, mehrere Bauweise gemeinsam zu vergeben und dadurch Kosten zu sparen. Wie auf anderen Gebieten der technischen Entwicklung ist es also angezeigt, aus der erfreulichen ersten Fülle des Erkennens und Verarbeitens zur Ausscheidung und Konzentration zu gelangen. Ich wünsche dem ländlichen Wegebau darinnen guten Erfolg.

- 1) Angaben hierzu sind in dem inzwischen von der Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen herausgegebenen „Vorläufigen Merkblatt über Verwendung und Prüfung von Kies im Straßenbau, Teil I: Gebrochener Kies“, Fassung vom April 1963, enthalten.
- 2) Inzwischen wurde die Neufassung von der Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen als „Vorläufiges Merkblatt über Verwendung und Prüfung von Natursteinen für den Straßenbau, Fassung vom April 1963“ herausgegeben. Der Kies wird in diesem Merkblatt nicht behandelt; doch ist in Ziffer 4.2.3 auf die vorgesehene Aufnahme eines Prüfverfahrens zur Beurteilung der Widerstandsfähigkeit von Splitt gegen Schlag in die Neufassung der DIN 52 109 hingewiesen.
Ferner enthält Ziffer 1 des Merkblattes einen Hinweis auf die Widerstandsfähigkeit gegen Polieren.
- 3) Neufassung in Vorbereitung.
- 4) Die Ausgabe März 1962 ist inzwischen erschienen.
- 5) In den Bundesländern ist eine Vereinheitlichung der Standardbauweisen für den Straßenunterbau und Fahrbahndeckenbau im Gang; für den bituminösen Fahrbelag sind 2 Dicken von 2,5 bzw. 3,5 cm vorgesehen.

Wirtschaftswege in zementgebundener Bauweise

Dipl.-Ing. Dr. techn. Rupert Springenschmid, Wien

Seitdem es Kraftfahrzeuge gibt, werden immer höhere Anforderungen an die Straßen gestellt. Diese Entwicklung hat im letzten Jahrzehnt auch die ländlichen Wege erfaßt und zwingt auch dort, künstliche Bindemittel zur Befestigung der Fahrbahnen zu verwenden. Diesen Bindemitteln fällt die Aufgabe zu, die natürlichen Straßenbaustoffe, wie Sand, Kies und gebrochenes Gestein, so zu verkleben, daß Schichten entstehen, die die Verkehrslasten auf eine große Fläche des Untergrundes verteilen und Eindrückungen der Fahrzeugreifen verhindern.

Für die Zwecke des Straßenbaues haben sich die Bindemittel Zement, Bitumen und Teer seit Jahrzehnten gut bewährt. Jedes dieser Bindemittel verlangt beim Entwurf einer Straße bestimmte, ihm entsprechende Konstruktionsprinzipien und beim Bau sachkundige Fachkräfte.

1. Untergrund und Unterbau

Bituminöse Bindemittel wie Bitumen und Teer verkleben die Gesteinstoffe zu einer Schicht, die sich sowohl elastisch, also federnd, als auch plastisch, also bleibend, verformen kann. Zementgebundene Schichten verformen sich praktisch nur elastisch, und zwar nur in sehr geringem Ausmaß, d. h. zementgebundene Schichten haben einen hohen Elastizitätsmodul. Eine Folge davon ist, daß solche Schichten die Verkehrslasten auf eine besonders große Fläche des Untergrundes verteilen, so daß dort nur mehr kleine Druckspannungen entstehen.

Einen Sonderfall stellen die Pflasterdecken dar, die so nachgiebig bleiben, daß sie zu den plastisch verformbaren Befestigungen gerechnet werden, auch wenn die einzelnen Pflastersteine aus Beton sind.

Für die Praxis müssen wir folgern, daß plastisch verformbare Bauweisen, wie bituminöse Bauweisen oder Pflasterdecken, sich auf einem Untergrund mit stärker wechselnder Zusammendrückbarkeit diesem in gewissem Ausmaß anpassen können, so daß Setzungsunterschiede als Unebenheiten an der Fahrbahnoberfläche in Erscheinung treten.

Bauweisen, die nur elastisch verformbar sind, wie Betondecken oder Bodenverfestigungen mit Zement, verlangen einen Untergrund, der gleichmäßig ist und nicht etwa alle 1 bis 2 m eine andere Zusammendrückbarkeit aufweisen darf (kleine Ungleichmäßigkeiten können überbrückt werden). Muß man z. B. Dämme vor dem Bau einer Betondecke verbreitern, dann ist der seitlich neu geschüttete Boden besonders stark zu verdichten, weil er sich nicht mehr setzen darf als der alte Teil des Straßendamms. Wie groß die Zusammendrückbarkeit des Untergrundes ist, d. h. ob sich der Boden unter einem Fahrzeug nur $\frac{1}{10}$ mm oder einen halben mm tief eindrückt, spielt bei Betondecken keine so große Rolle. Daher haben sich Betondecken und auch Bodenverfestigungen mit Zement gerade in Holland in den Torfgebieten immer dann gut bewährt, wenn der Untergrund in seiner Art gleichmäßig war.

Wenn man festlegt, wie dick die einzelnen Schichten einer Straßenkonstruktion gemacht werden müssen, ist zu berücksichtigen, wie der Untergrund im ungünstigsten Fall, also nach einer langen Regenperiode oder während der Tauperiode im Frühjahr, aussieht und ob gerade während dieser Zeit schwere Fahrzeuge über die Straße gehen werden. In der trockenen Jahreszeit kommt es kaum vor, daß selbst schwerer Verkehr eine Straße zer-

stört. Im ländlichen Wegebau käme es zu teuer, bis auf die Frosttiefe frostsicheres Material einzubauen, so daß hier die Bemessung viel schwieriger ist als im klassifizierten Straßenbau, wo in jedem Falle dicke Frostschutzschichten bis in 60 bis 80 cm Tiefe vorgesehen werden. Wir müssen daher hier immer mit geringen Frosthebungen rechnen, die aber ungefährlich sind, solange sie gleichmäßig erfolgen und die Straßendecke die Verkehrslasten auf eine genügend große Fläche des weich gewordenen Untergrundes verteilen kann.

Unter plattenartigen, zementgebundenen Schichten kann im allgemeinen eine etwas dünnere Frostschutzschicht gewählt werden, weil hier die Lasten besonders gut verteilt werden. Um aber Ungleichmäßigkeiten in der Frosthebung zu verhindern, muß der Untergrundboden gut und überall gleich stark verdichtet werden. Es kommt hier also mehr auf eine gleichmäßige, möglichst geringe Zusammendrückbarkeit an, während plastisch verformbare Decken, zu denen auch Pflasterdecken gehören, eine Auflage brauchen, die tragfähig, d. h. scherfest ist, wenn man nicht mit einer baldigen Ausbesserung rechnen will.

Zum Verdichten eines bindigen Bodens eignen sich Schafffußwalzen besonders gut, Bild 1. Wichtig ist, daß der Wassergehalt bei der Verdichtung bindiger Böden so hoch ist, daß sich diese gerade noch gut verdichten lassen. Bei Schafffußwalzen erkennt man das daran, daß die Füße nach 6 bis 8 Walzenübergängen immer weniger tief einsinken.

Verdichtet man zwei Proben des gleichen Schlufflehms im Laboratorium einmal bei einem niedrigen Wassergehalt von 8,5 % und bei einem hohen von 18,5 % und stellt man die Proben so in einen Frostschrank, daß sie von oben her einfrieren und von unten Wasser aufsaugen können, dann zeigt sich, daß die knapp über dem optimalen Wassergehalt verdichtete Probe wesentlich weniger Wasser aufsaugt und weniger Eislinsen bildet als der gleiche Boden, der sehr trocken verdichtet wurde, Bild 2. Der bei einem verhältnismäßig hohen Wassergehalt verdichtete Lehm Boden (rechts) wird daher beim Auftauen einen wesentlich größeren Teil seiner ursprünglichen Festigkeit behalten, während ein zu trocken verdichteter sehr weich werden kann. Dies ist der Grund, weshalb bindige Böden im frostgefährdeten Untergrund nie zu trocken verdichtet werden dürfen.

Um in der Tauperiode einen Abfluß des bei Frost emporgestiegenen Wasser zu ermöglichen und gleichzeitig die Auflage der Betondecke zu verbessern, muß bei bindigem Untergrund zwischen dem anstehenden, gut verdichteten Boden und einer Betondecke eine Schicht aus Kiessand oder gut abgestuftem Sand von 10 bis 20 cm Dicke eingebracht und gut verdichtet werden, Bild 3¹⁾. Die Sandschicht muß seitlich durch einen offenen Graben oder eine Rohrleitung entwässert werden. Nur bei an und für sich schon wasserdurchlässigen Böden oder bei Dämmen kann auf Entwässerungseinrichtungen verzichtet werden.

2. Betondecke

2.1 Querschnitt

Die Betondecke wird ebenso wie eine Zementschotter-Decke oder eine Bodenverfestigung mit Zement mit einem einseitigen Quergefälle von 2 bis 3 % ausgeführt, so daß das Regenwasser rasch abfließen kann und gleichzeitig die Verschmutzungen der Oberfläche abwäscht.

Die erforderliche Dicke einer Betondecke selbst hängt von der Zusammendrückbarkeit des Untergrundes und vom Umfang und der Schwere des Verkehrs, besonders des Ver-

¹⁾ Die Bilder wurden in dankenswerter Weise z. T. von Herrn Dipl.-Ing. Hahn, Bauberatungsstelle Zement Hamburg, Herrn Dipl.-Ing. Burghard †, Bauberatungsstelle Zement München und von der Allgemeinen Straßenbau-Bedarfs-Gesellschaft, Bremen, zur Verfügung gestellt.

kehrs während der Tauperiode, ab. Für Wirtschafts- und Forstwege haben sich Dicken von 12 bis 15 cm bewährt. Bei besonders guten Untergrundverhältnissen waren auch schon 10 cm dicke Betondecken ausreichend.

2.2 Herstellen des Betons

Für den Deckenbeton ist im „Merkblatt für den Bau ländlicher Wege in Beton²⁾“ ebenso wie im „Merkblatt für die Befestigung land- und forstwirtschaftlicher Wege³⁾“ eine Druckfestigkeit von 300 kp/cm² nach 28 Tagen vorgeschrieben.

Als Zuschlagstoff dient ein sauberer Kiessand, der etwa zur Hälfte aus Kies 7/30 mm und je einem Viertel aus Sand größer und kleiner 1 mm Korngröße besteht. An Stelle des Kieses kann auch gebrochenes Gestein verwendet werden. Zur Erzielung der erforderlichen Betongüte reichen bei günstigen Kornabstufungen etwa 300 kg Zement je m³ aus. Wird auf der Baustelle nicht mit mechanischen Rüttelgeräten, sondern noch mit Handstampfbohlen verdichtet, dann muß der Beton etwas weicher angemacht werden. Um den gleichen Wasserzementwert wie bei steifem Beton beibehalten zu können, benötigt man dann etwa 330 kg Zement je m³. Der Zuschlagstoff wird nach Korngruppen getrennt gelagert, Bild 4.

Zur Verbesserung der Verarbeitbarkeit und Sicherung der Frostbeständigkeit, auch unter ungünstigen Verhältnissen, müssen dem Frischbeton luftporenbildende Zusatzmittel in solcher Menge beigegeben werden, daß im erhärteten Beton etwa 3,5% künstliche Luftporen entstehen.

Zu verwenden sind nur solche Zusatzmittel, die nach einer besonderen Prüfung als luftporenbildende Betonzusatzmittel amtlich zugelassen wurden⁴⁾.

Der Beton wird in der Regel in einer feststehenden Mischmaschine gemischt, Bild 5. Der Zement wird grundsätzlich nach Gewicht beigegeben, auch die Zuschlagstoffe werden besser in Gewichtsmengen als in Raummengen in die Mischmaschine gebracht. Zur Einhaltung einer gleichmäßigen Konsistenz des Frischbetons ist es nötig, den ursprünglichen Wassergehalt der Zuschlagstoffe zu berücksichtigen. Die Konsistenz des Betons soll so sein, daß sich der Beton zuverlässig verdichten läßt (d. h., daß er gegen Ende der jeweiligen Verdichtungseinwirkung knapp weich wird) und ein Deckenschluß herzustellen ist, ohne daß sich an der Oberfläche viel Schlempe bildet. Dazu muß er anfänglich beim Schütten noch etwas lose fallend oder höchstens schollig sein.

2.3 Schalung und Fugen

Als seitliche Schalung können Holzbalken verlegt werden. Sie müssen genau eingerichtet werden, denn ihre Höhenlage ist entscheidend für die Dicke und Ebenheit der fertigen Decke, Bild 6. Vor dem Einbau des Betons wird das Planum noch einmal angefeuchtet und verdichtet.

Fugen werden in Betonwirtschaftswegen alle 3 bis 6 m angeordnet. Als Fugeneinlagen haben sich 12 mm dicke Weichholzbretter bewährt, die mit Stahlnägeln festgehalten werden, Bild 7. Vor dem Einbau müssen die Fugenbretter einen Tag lang unter Wasser liegen. Wenn sich der Beton erwärmt und ausdehnen möchte, werden die Bretter

2) Merkblatt für den Bau ländlicher Wege in Beton. Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen e. V., Köln 1959.

3) Merkblatt für die Befestigung land- und forstwirtschaftlicher Wege. Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen e. V. Köln, Arbeitsausschuß „Ländliche Wege“, Ausgabe 1964, Ziffer 6. 1.

4) Vorläufiges Merkblatt für die Verwendung von luftporenbildenden Zusatzstoffen zu Straßenbeton. Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen e. V., Köln 1953.

zusammengedrückt. Die Fugenbretter müssen daher den Beton auf vollen Querschnitt durchtrennen. Es darf nicht vorkommen, daß unter oder neben dem Brett ein Spalt verbleibt, der sich beim Betonieren mit Beton füllt. Bei der ersten stärkeren Erwärmung würde der Beton dort abgesprengt werden.

Im klassifizierten Straßenbau geht man immer mehr dazu über, ähnlich wie bei den Eisenbahnschienen, Dehnungsfugen (Raumfugen) vollständig wegzulassen. Dies ist jedoch nur bei Betondecken möglich, die mindestens 16 cm dick sind, weil solche Decken nicht aufknicken. Im Wirtschaftswegebau müssen immer in gewissen Abständen auf vollen Querschnitt durchgehende Raumfugen gemacht werden. Wenn zwischen zwei Raumfugen an Stelle der anderen erforderlichen Raumfugen 2 oder 3 Fugen als Scheinfugen nur wenige Zentimeter tief eingesägt werden, bestehen dagegen keine Bedenken.

2.4 Einbau des Betons

Der Beton wird mit Fahrzeugen von der Mischanlage auf die Strecke gebracht und in die vorgesehenen Felder geschüttet, Bild 8. Für größere Baustellen sind zum Verteilen des Betons besondere Verteilergeräte zu empfehlen.

Sonst geschieht dies mit der Hand. Verdichten kann man mit einer einfachen Rüttelbohle, Bild 9.

Für größere Baustellen sind in jedem Falle kleine Betonstraßenfertiger, die den Beton glätten und verdichten, zu empfehlen, so daß mit wenigen Arbeitskräften das Auslangen gefunden werden kann, Bild 10. Seit kurzem verwendet man nun auch in Deutschland Fertiger, die die seitliche Schalung selbst mitziehen. Solche Gleitschalungsfertiger bewähren sich vor allem auf größeren Baustellen gut und ermöglichen eine erhebliche Senkung der Baukosten.

Zum Abschluß erhält die Betonoberfläche den Besenstrich, der den Zweck hat, übermäßige Schlempe zu entfernen und die Oberfläche rau und griffig zu machen, Bild 11.

Die Oberkante des Fugenbrettes darf beim Betonieren nur wenige Millimeter unter der Betonoberfläche liegen. Mit einer Kelle muß dann der über dem Brett liegende Beton entfernt werden, Bild 12. Auch die seitlichen Ränder der Betondecke können mit einer besonders geformten Kelle abgerundet werden, Bild 13. Das ist vorteilhaft, wenn über den Deckenrand auf- und abgefahren oder gar – wie es vorkommt – bis an den Rand gepflügt wird.

Der junge Beton ist gegen Austrocknen, Regen und schroffe Temperaturwechsel zu schützen. Bei normalen Witterungseinflüssen genügt ein Nachbehandlungsfilm, der aufgesprüht wird, sobald die Betonoberfläche matt-feucht geworden ist, Bild 14. Bei Regen müssen Dächer aufgestellt werden.

Die fertige Betondecke muß mindestens 7, bei niedrigen Temperaturen besser 14 Tage lang, für alle Fahrzeuge gesperrt werden. Ausnahmen sind nicht zulässig.

Wird über eine erst wenige Stunden alte Betondecke gefahren, denn entstehen Risse oder gar Fahrspuren, Bild 15. Früher mußte die Betondecke in solchen Fällen erneuert werden. Heute verwendet man zum Ausbessern Kunstharze, insbesondere Epoxyharze. Solche Harze kleben außerordentlich gut – sogar erheblich fester als Beton. Ein Liter eines solchen Kunstharzmörtels kostet aber etwa 1,50 DM, so daß solche Ausbesserungen nur wirtschaftlich sind, wenn man mit kleinen Mörtelmengen auskommt.

2.5 Unterhaltung

Eine Unterhaltungsarbeit im eigentlichen Sinne brauchen sachgerecht gebaute Betonfahrbahnen nicht, und darin liegt ihr größter Vorteil. Sobald die Fugenbretter soweit

verrottet sind, daß sich im Fugenspalt Steinchen verfangen können, müssen die Fugen mit einer Vergußmasse vergossen werden. In der Regel ist ein solcher Fugenverguß erst nach 15 bis 20 Jahren erforderlich.

3. Betonspurbahnen

Betonwege müssen nicht notwendigerweise auf volle Fahrbahnbreite einen Betonquerschnitt erhalten, sondern können auch als zweibahnige Betonspuren mit einem mittleren freien Teil von etwa 1m Breite hergestellt werden, Bild 16. Solche Betonspurbahnen erfordern etwas mehr Schalungsarbeit. Im ganzen kommen sie aber doch etwas billiger als die über die ganze Breite reichenden Betondecken. Sie haben sich auf Forststraßen und auch auf Wirtschaftswegen bewährt, wenn besonders wenig Verkehr herrscht⁵⁾.

4. Fertigbetonplatten

Unter bestimmten Voraussetzungen können auch Fertigbetonplatten als Wegebefestigung verwendet werden. Das Beispiel auf Bild 17 zeigt eine Platte mit Nut- und Federverbindung auf einer Siedlungsstraße in Berlin. Das Planum muß gut verdichtet und besonders eben sein, damit die Platte auf ihrer ganzen Fläche satt aufliegt.

Ob sich so große Abmessungen von 2,50 x 3,00 m auch im ländlichen Wegebau bewähren oder ob man hier auf kleinere Platten, die leichter zu verlegen sind, übergeht, ist noch nicht zu beurteilen, weil größere Erfahrungen noch fehlen. Der Vorteil dieser Bauweise liegt darin, daß solche Platten aus Beton hoher Güte auch im Winter von Betonwerken hergestellt werden können und bei Bedarf mit leichten Kränen schnell zu verlegen sind.

5. Zementschotter-Decke⁶⁾

Bei der Zementschotter-Decke („zementvermörtelten Schotterdecke“) wird auf einen Untergrund, der in gleicher Weise wie bei der Betondecke vorbereitet wird, ein Gesteinsgerüst geschüttet, das man anschließend mit Zementmörtel verfüllt. Als Gesteinsgerüst verwendet man Schotter oder Rundkies der Korngruppen 35/55 (für Decken bis 12 cm Dicke) und 35/75 (für Decken über 12 cm).

In die Hohlräume zwischen den Schottersteinen wird der Mörtel eingerüttelt, Bild 18.

Bei der Herstellung des Mörtels wird ein Sand 0/7 mm mit etwa 400 kg Zement je m³ Mörtel verwendet und soviel Wasser beigegeben, daß sich der weiche bis breiige Mörtel noch gut einrütteln läßt. Die Druckfestigkeit des Mörtels soll 300 kp/cm² betragen (Verhältnis von Wasser zu Zement nach Gewicht etwa 0,60). Etwa 35% der gesamten Zementschotterdecke besteht aus Mörtel und die restlichen 65% aus Schotter, Bild 19. Ein Zementgehalt von 400 kg je m³ Mörtel entspricht dann etwa 140 kg Zement je m³ fertigem Zementschotter.

Als Fugen haben sich wie bei der Betondecke Fugenbretter bewährt. Solche Fugen sind vor allem am Ende jedes Tagesabschnittes anzuordnen. Über die Frage, ob man zwischen durch auch Fugen in ähnlichen Abständen wie bei Betondecken einbauen soll, gehen die Auffassungen heute noch auseinander. Werden die Fugen weggelassen, dann treten vereinzelt Haarrisse auf, die jedoch den Gebrauchswert und die Dauerhaftigkeit der Decke nicht beeinträchtigen.

Der Schotter kann bei der fertigen Decke noch sichtbar bleiben, was besonders auf Gefällstrecken vorteilhaft ist, weil dadurch die Oberfläche griffig wird, Bild 20. Wichtig ist,

⁵⁾ wie Fußnote ³⁾ Ziffer 6. 4.

⁶⁾ wie Fußnote ³⁾ Ziffer 6. 2.

daß die Schotterschicht schon vor Einbringen des Mörtels eine ebene Oberfläche hat; Mulden in der Schotterschicht dürfen nicht durch Mörtel ausgefüllt werden, weil sich dieser später ablösen kann. Mulden sind mit Splitt und Mörtel auszugleichen. Die fertige Zementschotter-Decke muß wie die Betondecke 7 Tage lang feucht gehalten werden und darf erst nach dieser Frist befahren werden.

6. Bodenverfestigung mit Zement⁷⁾ ⁸⁾

Die Bodenverfestigung (Bodenstabilisierung, früher auch als „Bodenvermörtelung“ bezeichnet) entstand ursprünglich aus dem Bestreben, aus dem auf der Strecke schon vorhandenen Boden eine Straße zu bauen.

Es ist aber oft zweckmäßiger, einen sandigen Boden aus einer Seitenentnahme einzubringen und zu verfestigen. Dadurch wird auch erreicht, daß die Straßenoberfläche etwas höher als das nebenanliegende Gelände zu liegen kommt.

Die Zementsäcke werden je nach dem Ergebnis der Eignungsprüfung (ungefähr 1/4 bis 1/2 Sack je m²) in genau vorberechneten Abständen aufgelegt. Anschließend wird der Zement verteilt, Bild 21. In jüngster Zeit wurden auch geeignete Zementstreugeräte entwickelt. Mit besonderen Bodenmischmaschinen wird Zement und nötigenfalls auch Wasser eingemischt, Bild 22. Man unterscheidet zwischen schneller fahrenden Mischern, die mehrmals über die Strecke fahren müssen und daher auch Mehrgangmischer heißen und den sogenannten Eingangsmischern, die nur etwa 300 m in der Stunde machen und gleich beim ersten Mischdurchgang die volle Mischwirkung erzielen, Bild 23. Unmittelbar nach dem Mischen wird die Strecke verdichtet.

Bei Bodenverfestigungen muß darauf geachtet werden, daß ein ausreichender Zementgehalt (je nach Bodenart 80 bis 200 kg je m³), der richtige Wassergehalt und eine gute Verdichtung eingehalten werden. Diese drei Faktoren sind bei Bodenverfestigungen ebenso wichtig wie Wasserzementwert und vollständige Verdichtung bei Beton. Die technologischen Grundlagen wurden in den Vereinigten Staaten schon seit 1935 entwickelt. Die dort gewonnenen Erfahrungen werden nun auch bei uns mitverwertet.

Regelquerschnitte von Wirtschaftswegen mit einer mit Zement verfestigten Tragschicht zeigt Bild 24.

Wenn ein Sand, ein Kiessand oder ein gut mischbarer Lehmboden ansteht, wird dieser direkt verwendet. Hat man aber einen hochplastischen Tonboden, dann bringt man besser aus der nächsten Grube eine Sandschüttung auf, die mindestens 5 cm dicker ist als die später zu verfestigende Schicht. Diese Sandschüttung wird dann genauso wie sonst der anstehende Boden in einer Dicke von 15 cm verfestigt. Darüber kommt eine Verschleißschicht. Asphaltdecken von 40 bis 50 kg/m² haben sich gut bewährt.

Wirtschaftswege mit einer mit Zement verfestigten Tragschicht und einer dünnen Asphaltdecke wurden in Norddeutschland in großem Umfang gebaut, Bild 25.

Man hat oft vorgeschlagen, in Bodenverfestigungen Fugen zu machen. In Amerika ist man aber schon vor 25 Jahren von Fugen abgekommen und nimmt in Kauf, daß sich in der kühleren Jahreszeit mitunter vereinzelt feine Risse bilden, die als eine natürliche Fugenbildung anzusehen sind und sich auch innerhalb eines Zeitraumes von 20 Jahren kaum verändern. Die Risse bleiben fast immer so fein, daß sie nicht vergossen werden müssen. Die Unterhaltung beschränkt sich also in der Regel auf eine Instandhaltung der Verschleißschicht.

⁷⁾ wie Fußnote ³⁾ Ziffer 8. 3.

⁸⁾ R. Springenschmid: Praktische Hinweise für den Bau von Bodenzementverfestigungen mit Mehrgangmischern. Beton-Verlag Düsseldorf 1961.

7. Betonsteinpflaster

Für die Herstellung und Verwendung von Betonpflastersteinen bestehen strenge Richtlinien⁹⁾ 10). Es wird eine hohe Maßgenauigkeit und u. a. eine Druckfestigkeit von 600 kp/cm², das ist doppelt soviel wie bei Betonwirtschaftswegen, gefordert. Leistungsfähige Betonsteinwerke sind heute in der Lage, die Steine entsprechend diesen Vorschriften in ausreichender Anzahl maschinell herzustellen.

Um auf die etwas komplizierte pfauenförmige Verlegeweise wie beim würfelförmigen Kleinsteinpflaster verzichten zu können, wurden die sogenannten Verbundpflastersteine entwickelt, Bild 26. Diese besonders in Norddeutschland gebräuchlichen Steine können einfach verlegt werden, weil seitliche Schubkräfte breitflächig auf die Nachbarsteine übertragen werden.

Die heute gebräuchlichen Formen und Abmessungen der Verbundsteine führen selten zu einem Bruch der Steine. Dies ist naturgemäß auch für die in großem Umfang verwendeten, würfelförmigen oder rechteckigen Betonpflastersteine der Fall, die wiederum den Vorteil haben, daß sie wegen ihrer einfachen Herstellung etwas niedriger im Preis liegen.

Wenn man sicher sein will, daß die Pflasterdecke lange eben bleibt und sich auch bei starker Beanspruchung nicht verdrückt, so daß sie nicht neu verlegt werden muß, sind besondere Anforderungen an die Tragfähigkeit und Verdichtung des Untergrundes zu stellen. Im Gegensatz zur Betondecke muß dann der Untergrund eine hohe Scherfestigkeit haben. Auf das gut und gleichmäßig verdichtete und abgezogene Planum kommt ein Sandbett von etwa 3 bis 5 cm Dicke. Verbundsteine werden dann von der fertigen Decke aus (also entgegengesetzt zur sonst üblichen Richtung) verlegt, damit das Sandbett nicht beschädigt wird. In die Fugen, die sehr eng, etwa 2 mm breit, gehalten werden, wird scharfer Feinsand eingeschlemmt. Das fertige Pflaster wird bei würfelförmigen Steinen mit einem Handstamper festgerammt. Verbundpflastersteine werden zweckmäßig mit Rüttelplatten festgelegt.

In Krümmungen werden eigene Kurvensteinsätze verlegt, Bild 27. Am Rand sind ebenfalls besondere Steine zu verwenden, die sich so verhaken, daß sie sich nicht nach der Seite wegbewegen können. Mitunter werden die Randsteine auch etwa 1 cm tiefer verlegt, um bei Setzungen in der Fahrspur den Wasserabfluß nicht zu behindern.

Vorteile des Betonpflasters liegen darin, daß das Pflaster praktisch bei jedem Wetter verlegt werden kann, sofort zu befahren ist und bei sachgerechter Ausführung keine Unterhaltung braucht.

8. Zusammenfassung

Jede der angeführten Bauweisen hat Vor- und Nachteile. Welche Bauweise zu wählen ist, hängt von den Untergrundverhältnissen, den Vorkommen natürlicher Baustoffe, der Aufgabe des Weges, der Leistungsfähigkeit und Sachkenntnis der ausführenden Firmen und nicht zuletzt von den Kosten der Ausführung und dem Unterhaltungsaufwand ab.

Die Betondecke ist besonders vorteilhaft in Gebieten, in denen brauchbare Kiessande oder gebrochenes Gestein zur Verfügung stehen und eine jahrzehntelange Benutzung ohne Unterhaltungsarbeit so ins Gewicht fällt, daß die etwas höheren Baukosten in Kauf genommen werden können, Bild 28. Sie eignet sich unter bestimmten Voraussetzungen auch für Mooregebiete.

Die Zementschotter-Decke wird dort vorgezogen, wo Schotter billig und Kiessand teuer ist.

⁹⁾ wie Fußnote ³⁾ Ziffer 7. 1.

¹⁰⁾ Richtlinien für die Herstellung und Verwendung von Betonpflastersteinen im Straßenbau. Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen e. V. Köln, 1961.

Die Bodenverfestigung ist vor allem in Gebieten ohne Kiessandvorkommen besonders wirtschaftlich, weil sie als einzige Bauweise die Verwendung von lehmigen Sanden, von Flugsanden, wie sie etwa im ganzen norddeutschen Raum vorkommen, oder gar von bindigen Böden zur Herstellung einer vollwertigen Straßenbefestigung erlaubt. Eine Bodenverfestigung soll aber nur durchgeführt werden, wenn geeignete und entsprechend ausgerüstete Baufirmen eingesetzt werden können.

Schließlich ist die Betonsteinpflasterdecke besonders dort am Platze, wo auf eine einfache Verlegeweise Wert gelegt wird und wo der Untergrund ungleichförmig ist oder wo vielleicht später einmal Rohrleitungen verlegt werden müssen, so daß auf die Möglichkeit eines raschen Neuverlegens Rücksicht genommen werden muß. Ausbesserungsarbeiten an Pflasterdecken können ohne Maschine gemacht werden. Die Pflastersteine selbst haben eine praktisch unbegrenzte Lebensdauer.

Anmerkung: Die Abbildungen 1–29 zu diesem Beitrag befinden sich am Ende des Heftes.

Bituminöse Bauweisen für die Befestigung von landwirtschaftlichen Wegen

Dipl.-Ing. G. Paulmann, Versuchsanstalt für Straßenwesen der Technischen
Hochschule Darmstadt

1. Einleitung

Die Rationalisierungsarbeiten in der Landwirtschaft verlangen im Zusammenhang mit der Motorisierung den wirtschaftlich und technisch richtigen Bau von befestigten ländlichen Wegen. Die Lösung dieser Aufgabe durch schematische Anwendung standardisierter Bauweisen scheint zunächst unmöglich, da infolge der unterschiedlichen Erfordernisse auch sehr differenzierte Anforderungen an die Wegebefestigung gestellt werden müssen. Hinzu kommt, daß für die Befestigung ländlicher Wege eine nahezu verwirrende Fülle von Bauweisen beschrieben ist, ohne die Anwendung zu erläutern. Aufgabe der vorliegenden Veröffentlichung sollte u. a. sein, diese Bauweisen einzuordnen und abzugrenzen. Im Rahmen dieses Aufsatzes soll das für die Bauweisen mit bituminösen Bindemitteln geschehen. Dabei sollen zunächst die theoretischen Grundlagen so knapp wie möglich, aber auch so ausführlich wie nötig dargelegt werden, um im Anschluß daran die sich hieraus ergebenden Folgerungen aufzeigen und die Bauweisen erläutern zu können.

2. Theoretische Grundlagen

2.1 Bituminöse Bindemittel

Die von Mallison¹⁾ (Die Zahlen beziehen sich auf das am Schluß aufgeführte Schrifttum) aus der Erkenntnis, daß ohne klare Definition keine wissenschaftliche Arbeit geleistet werden kann, angeregte begriffliche Unterscheidung der bituminösen Bindemittel hat in den Normen²⁾ ihren Niederschlag gefunden. Danach ist **bituminös** die Bezeichnung für Stoffe, die Bitumen, Teer und/oder Pech in irgendeinem Prozentsatz enthalten. Bituminöse Stoffe kommen entweder in der Natur vor oder werden technisch hergestellt. Es handelt sich bei den im Straßenbau verwendeten bituminösen Bindemitteln um solche, die im wesentlichen aus Kohlenwasserstoffverbindungen bestehen. Diese Kohlenwasserstoffverbindungen sind chemisch recht kompliziert. Wichtig für die hier notwendigen Betrachtungen ist, daß die Kohlenwasserstoffe wenig reaktionsfähige Verbindungen sind. Sie sind deswegen in großem Maße beständig und in Wasser praktisch unlöslich. Man unterscheidet:

a) **Bitumen**. Dies sind die bei der schonenden Aufarbeitung von Erdölen gewonnenen dunkelfarbigem, halbfesten bis springharten, schmelzbaren, hochmolekularen Kohlenwasserstoffgemische und die in Schwefelkohlenstoff löslichen Anteile der Naturasphalte.

b) **Asphalte**. Dies sind Gemische von Bitumen und Mineralstoffen. Sie werden vorwiegend technisch hergestellt und für Straßenbauzwecke verwendet. Solche Asphalte sind z. B. Asphaltmakadam, Asphaltbeton usw. Natürlich vorkommende Gemische von Bitumen und Mineralien nennt man Naturasphalte (z. B. Trinidad-Asphalt, Asphaltkalkstein usw.).

1) Mallison, 40 Jahre Teerforschung, Straßenbau, Chemie und Technik, Verlagsgesellschaft m.b.H. Heidelberg, 1956, S. 9.

2) DIN 55 946, Bituminöse Stoffe; Begriffe.

c) Teere. Sie sind durch zersetzende thermische Behandlung organischer Naturstoffe gewonnene Erzeugnisse. Unter „Straßenteer“ versteht man einen in bestimmten Mengenverhältnissen aus Teerölen und Pechen zusammengesetzten Steinkohlenteer.

Die zunehmende Kenntnis der Aufgabe des bituminösen Bindemittels in der Straßebefestigung zeigt, daß die an Bitumen oder Teere gestellten Anforderungen gleichlaufend sind und daß vom rein technischen Standpunkt aus die Verwendung beider Bindemittel denkbar ist. Die Wahl wird also von Rücksichten auf Verarbeitungs- und Belieferungsmöglichkeiten, Lagerungs- und Transportverhältnisse, Gewohnheiten des Baupersonals usw. und auf die Preisgestaltung beeinflusst sein. Es ist daher möglich, die bituminösen Bindemittel gemeinsam zu betrachten und herauszustellen, wie man sie für den Bau von Wegebefestigungen bestmöglich verwendet.

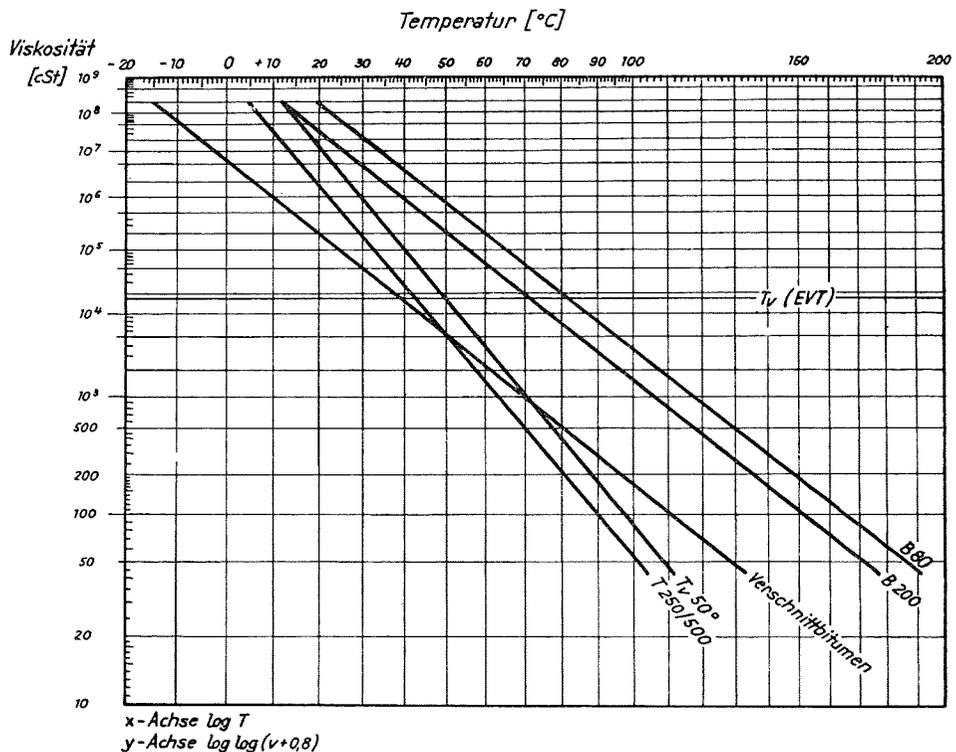


Abb. 1 Hallberg'sches Temperatur-Viskositäts-Diagramm

Bituminöse Bindemittel sind in ihrer Viskosität (Zähigkeit) temperaturabhängig. Im kalten Zustand sind sie springhart bis halbfest. Bei Erwärmen werden sie zunächst knetbar und dann dünnflüssig. Die Verhältnisse werden deutlich, wenn man die Beziehungen zwischen Viskosität und Temperatur nach Art des sog. Hallberg-Diagramms³⁾ aufträgt. In Abbildung 1 ist die Charakteristik von einigen Bitumen und Teeren eingetragen. Dabei ist zu beachten, daß mit der Abnahme der verdunstbaren Öle eine Zunahme der Viskosität verbunden ist.

³⁾ Mallison, a. a. O., S. 151.

Zur gleichmäßigen Umhüllung des Gesteins mit einem bituminösen Bindemittel muß die Viskosität kleiner als 100 cSt sein. Die Bindemittel müssen also erhitzt werden. Sie können jedoch auch durch Lösen oder Emulgieren in ihrer Viskosität so herabgesetzt werden, daß sie bei niedrigeren Temperaturen verarbeitbar sind. Dann muß dem Lösungsmittel bzw. dem Wasser nach dem Einbau Gelegenheit gegeben werden, wieder herauszudunsten. Die so behandelten Bindemittel werden im folgenden kurz charakterisiert.

Verschnittbitumen sind destillierte Bitumen, deren Zähigkeit durch Zusatz von Verschnittmitteln, häufig Teerölen, herabgesetzt ist.

Bitumenemulsionen sind mit Hilfe von Emulgatoren erzielte Aufschlämmungen von fein verteiltem Bitumen in Wasser.

Kaltbitumen bzw. Kaltteere sind destillierte Bitumen bzw. Straßenteere, die durch Zusatz von Lösungsmitteln kalt verarbeitbar gemacht sind.

Der manchmal gebrauchte Ausdruck „Verschnittteer“ ist nicht richtig, da es sich bei den sog. VT- und VS-Straßenteeren um Bitumenteeere mit erhöhtem Bitumengehalt handelt, die sich nicht mit den Verschnittbitumen vergleichen lassen. Hier war ebenso wie bei den Bitumenteeeren der Wunsch maßgebend, die gute Klebekraft des Teeres mit der besseren Temperatur-Viskositätsabhängigkeit des Bitumens zu verbinden.

Die Anforderungen an die genannten Bindemittel sind in Normen und Vorschriften festgelegt⁴⁾.

2.2 Gesteine

Ein Mischgut für bituminöse Schichten enthält nur etwa 3 bis 8 % bituminöses Bindemittel. Die anderen 97 bis 92 % könnten in Analogie zum Zementbeton als Zuschlagstoff bezeichnet werden. Die Begriffsbestimmung ist jedoch hierfür nicht so klar wie bei den Bindemitteln festgelegt. Im allgemeinen Sprachgebrauch wird gern zwischen gebrochenem Naturstein und Kies unterschieden, obwohl beide natürliche Gesteine sind und auch der Kies ganz oder teilweise gebrochen sein kann. Die oft benutzte Bezeichnung Mineralien ist hier ebensowenig eindeutig, aber vielleicht ein wenig besser, da man unter einem Mineral einen stofflich einheitlichen, natürlichen Bestandteil der festen Erdrinde versteht und die im Straßenbau verwendeten natürlichen Zuschlagstoffe sich aus verschiedenen Mineralien, die miteinander ein Gestein bilden, zusammensetzen. Zur Vereinfachung soll deshalb hier von Gesteinen gesprochen werden und dabei sollen natürliche und künstliche Gesteine unterschieden werden. Die natürlichen Gesteine werden nach ihrer Entstehung in Erstarrungsgesteine, Sedimentgesteine und metamorphe Gesteine eingeteilt. Damit sind z. B. auch die Fluß- und Moränenkiese erfaßt, die zu den Sedimentgesteinen gehören, ebenso wie die Tongesteine, die im hier betrachteten Rahmen unbrauchbar sind. Es müssen also ganz bestimmte Güteanforderungen gestellt werden. Diese sind in Normen und Vorschriften niedergelegt⁵⁾.

Künstliche Zuschlagstoffe sind die Hochofenschlacken, die bei der Erschmelzung des Roheisens als Nebenerzeugnis entstehen. Hierunter fallen auch die sog. Metallhütenschlacken. Die Anforderungen an sie sind ebenfalls in Normen niedergelegt⁶⁾.

⁴⁾ DIN 1995, Bituminöse Bindemittel für den Straßenbau.

Vorläufige Beschaffenheitsvorschriften für Sonderbindemittel auf Teerbasis. Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen e. V., Köln.

⁵⁾ s. u. a. DIN 52100, Prüfung von Naturgestein.

Vorläufiges Merkblatt für die Verwendung und Prüfung von Naturgestein für den Straßenbau. Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen e. V., Köln.

⁶⁾ DIN 4301, Hochofenschlacke und Metallhütenschlacke für den Straßenbau.

Es steht also eine Vielzahl von Gesteinen als Zuschlagmaterial zur Verfügung und es ist Sache des Ingenieurs, das für seinen Fall richtige Material herauszusuchen, da sich bei richtiger Einordnung für den jeweiligen Zweck ein großer Prozentsatz der zur Verfügung stehenden Gesteine als verwendbar erweist und sich wirtschaftliche Vorteile, vor allem, wenn ganz oder teilweise örtlich vorhandenes Material benutzt wird, ergeben können.

Ganz allgemein muß bei der Auswahl eines Gesteins großer Wert auf die Beachtung der Kornform und der Kornverteilung gelegt werden, da die stofflichen Eigenschaften allein zur Beurteilung für die Brauchbarkeit nicht ausreichen. Die Kornform und die Kornverteilung beeinflussen die Eignung für einen bestimmten Zweck erheblich. Glücklicherweise kann eine für den gewünschten Zweck ungünstige Kornform oft durch Brechen des Gesteins, wenn nötig auch durch mehrfaches Brechen beeinflusst werden. Die Kornverteilung ist durch Versiebung und zweckentsprechende erneute Zusammensetzung beeinflussbar. Oft kann beides miteinander kombiniert werden und eine zunächst unbrauchbar erscheinende Kornzusammensetzung eines Gesteins mit ungünstiger Kornform durch Zugabe von fehlenden Korngrößen mit günstiger Kornform erheblich verbessert werden.

Die Kornverteilung wird durch Siebung ermittelt und in Form von Summenkurven aufgetragen. Es seien zwei charakteristische Kornverteilungskurven, eine annähernd gleichkörnige, z. B. ein Makadam, und eine ungleichkörnige, z. B. ein Beton, betrachtet (Abbildung 2). Die Zusammenlagerung der einzelnen Körner der gleichkörnigen Kornverteilung kann bei Annahme von Kugelform für das Einzelkorn leicht anschaulich gemacht werden. Kugeln von gleichem Durchmesser können verhältnismäßig locker angeordnet sein und dennoch ein Traggerüst bilden, wenn jede Kugel an sechs andere Kugeln symmetrisch anstößt, das ist die sog. kubische Lagerung. Die Kugeln können aber auch so angeordnet sein, daß jede Kugel an zwölf Kugeln anstößt, d. i. die sog. rhomboe-

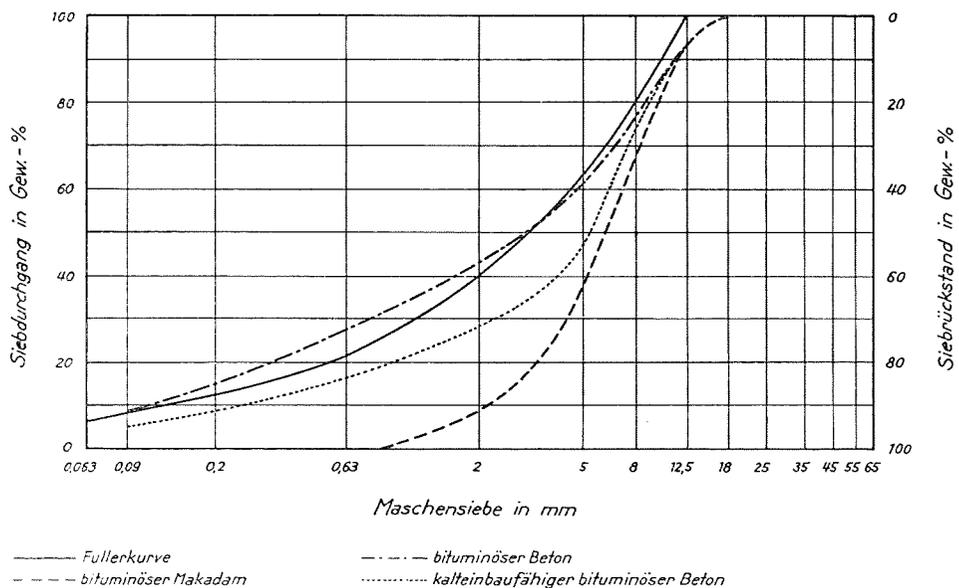


Abb. 2 Charakteristische Kornverteilungskurven für bituminöse Bauweisen

drische Lagerung. Ein System mit dieser Lagerung hat ungefähr 26 % Porenräume, während im kubischen System der Porenraum ungefähr 46 % beträgt. Beide Anordnungen sind stabil in dem Sinn, daß sie ein Korngerüst besitzen. Man kann gut tragfähige Systeme also auch mit gleichförmigem Korn herstellen, nur muß man dies richtig und stoffgemäß tun⁷⁾. Eigentlich war das auch die historische Entwicklung, denn das Grundprinzip des Schotten MacAdam beruhte auf der Verwendung von gleichgroßen Körnern⁸⁾. Es wird heute noch beim Eisenbahnschotter verwendet. Bei diesem Prinzip wird jedoch die Kornform wichtig. Die Hohlräume eines Makadams sind groß. Verschiebungen sind also leicht möglich. Je runder das Korn ist, desto labiler ist das Gleichgewicht des Tragsystems. Es muß vom Gestein daher eine Form gefordert werden, die eine gute Verzahnung und Verspannung ermöglicht. Die Zahl der Berührungspunkte und damit die Kraftübertragungsmöglichkeiten sind verhältnismäßig klein, demzufolge sind die zu übertragenden Kräfte groß, es muß also weiter eine gute Kantenfestigkeit verlangt werden.

Die zweite zu betrachtende Kornverteilungskurve ist einer Idealsieblinie weitgehend angeglichen. Bei letzterer wird angenommen, daß die Hohlräume durch kleinere Körner, die dann verbleibenden Hohlräume wiederum durch kleinere usw. ausgefüllt werden, es wird das Betonprinzip angewendet. Man kommt zu der von Fuller⁹⁾ angegebenen Formel, die eine quadratische Parabel ergibt. Sie lautet

$$P_x = 100 \sqrt{\frac{d_x}{d_{100}}}$$

wobei P die Gewichtsprozentmenge des Mineraldurchgangs durch das Sieb x ist und d der Korndurchmesser an den Stellen x bzw. x = 100. Umgeschrieben lautet die Formel

$$P_x = 100 \left(\frac{d_x}{d_{100}} \right)^{\frac{1}{2}}$$

oder allgemein

$$y = c \cdot x^m$$

Der Exponent m kann variiert werden. Beispiele hierfür finden sich in der Literatur bei Rothfuchs¹⁰⁾, Jahn¹¹⁾ u. a. Beim Aufbau eines Gesteinsgerüsts nach dem Betonprinzip ist die Zahl der Berührungspunkte der einzelnen Körner sehr groß, die übertragenden Kräfte sind klein. Der Hohlraumgehalt ist niedrig und Verschiebungen sind schwerer möglich. Die gegenseitige Abstützung ist also schon bei rundem Korn verhältnismäßig sicher.

2. 3. Bindemittel und Gestein

Mit Hilfe des bituminösen Bindemittels und seiner bei normaler Lufttemperatur hohen

7) Winterkorn, Aichhorn, Grundlagen der Bodenstabilisierung im Straßen- und Wegebau. Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen im Österreichischen Ingenieur- und Architektenverein, Wien 1960, S. 38 ff.

8) Schmies, MacAdam-Makadam, Straße und Autobahn 1956, Heft 6, S. 206.

9) Fuller, Thompson. „The Law of Proportioning Concrete“. Trans. Amer. Soc. Civ. Engrs., Bd. 59 (1907) S. 67.

10) Rothfuchs, Betonfibel. Bauverlag GmbH., Wiesbaden.

11) Jahn, „Aufbau und Einbau von Sand-, Kies- und Steingemischen als Tragschichten im Straßenbau. Heft 17 der Forschungsarbeiten aus dem Straßenbau. Kirschbaum-Verlag, Bad Godesberg-Mehlem.

Viskosität bringt man in ein vorhandenes Korngerüst, dessen Tragfähigkeitseigenschaften von der Kornform und der Kornverteilung abhängen, eine zusätzliche zusammenhaltende Kraft, die Kohäsion. Diese wird durch die Klebekraft des bituminösen Bindemittels, also seine mehr oder weniger große Adhäsion und seinen inneren Zusammenhalt, die Kohäsion im engeren Sinne, ermöglicht. Hierzu sind wiederum gewisse Anforderungen an das Gestein erforderlich. So muß die Adhäsion zwischen Gestein und Bindemittel auch auf Dauer und unter Wassereinfluß gewährleistet sein. Das mit dem Bindemittel umhüllte Gestein wird zu seinem Verwendungsort gebracht, verteilt und durch intensives Walzen verdichtet. Dann bildet es die bituminöse Befestigung. Sie bedarf einer tragfähigen, ordnungsgemäß entwässerten Unterlage.

3. Anwendung im Straßen- und Wegebau

3.1 Anforderungen an die Wegbefestigung

Der Gebrauchswert einer Wegebefestigung zeigt sich u. a. in den Fahreigenschaften, so wird durch einen geringen Fahrwiderstand die Herabsetzung der Zugkraft bei guter Griffigkeit und bleibender Ebenföchigkeit erreicht.

Die Wirtschaftlichkeit einer Straße verlangt, daß Anlagekosten, Lebensdauer und Unterhaltungskosten keine finanziellen Aufwendungen erfordern, die von der Stelle, die die Wegebefestigung baut und später auch zu unterhalten hat, nicht aufgebracht werden können.

Weiter sind Staubfreiheit und schnelles Abtrocknen nach Regen zu verlangen. Ein leichter Aufbruch und Wiederherstellung sowie leichte Möglichkeit der Reparatur müssen gegeben sein, denn jeder Weg unterliegt der Abnutzung und hat eine bestimmte Lebensdauer. Schließlich muß die Befestigung anpassungsföchig an Art und Stärke des Verkehrs und die Verkehrsentwicklung sein.

3.2 Bituminöse Befestigungen

Fahrbahnbeläge unter Verwendung von bituminösen Bindemitteln genügen den o. a. Anforderungen in weitem Maße. Es ist nicht Sinn dieses Aufsatzes, dies in allen Einzelheiten zu untersuchen oder gar Vergleiche mit anderen Bauweisen anzustellen, jedoch müssen einige Gesichtspunkte zum besseren Verständnis der folgenden Behandlung der einzelnen Bauweisen genannt werden. Bituminöse Befestigungen sind anpassungsföchig. Diese Anpassungsföchigkeit kommt u. a. darin zum Ausdruck, daß auch ungleichmäßige Setzungen im Untergrund, wenn sie nicht plötzlich auftreten, auf Grund der elastisch-plastischen Eigenschaften des Baustoffs von demselben mitgemacht werden können, ohne zur Zerstörung der Decke zu führen. Zum anderen kommt die Anpassungsföchigkeit darin zum Ausdruck, daß bei den bituminösen Bauweisen die vorhandene Decke, soweit der Tragkörper einwandfrei ist, stets als Unterlage für eine Verstärkung des Belages ausgenutzt werden kann. Es geht daher keine Substanz verloren und die Baustoffmenge und Arbeit, die einmal aufgewendet sind, bleiben, abgesehen von der natürlichen Abnutzung, erhalten.

3.3 Einteilung der bituminösen Befestigungen

Für die Einteilung der bituminösen Befestigungen soll hier einem Vorschlag von Becker und Schmidt¹²⁾ gefolgt werden, der für Asphalttragschichten gemacht wurde und begriff-

¹²⁾ Becker u. Schmidt, Nomenklatur, Aufbau und Beurteilung heißgemischter Asphalttragschichten. Straße und Autobahn 1960, Heft 3, S. 117.

lich so eindeutig ist, daß er ohne Schwierigkeiten auf Deckschichten ausgedehnt werden kann, was im folgenden geschieht.

Die bituminösen Befestigungen unterteilen sich nach ihrem Aufbau in Bauweisen nach dem Makadamprinzip und Bauweisen nach dem Betonprinzip. Diese Prinzipien wurden oben bereits beschrieben, im folgenden wird ihre Anwendung erläutert.

3. 31 Bauweisen nach dem Makadamprinzip

Bauweisen nach dem Makadamprinzip verwenden in der Hauptsache grobkörniges, gebrochenes Gestein (Schotter, Splitt). Die Kornverteilungskurve ist verhältnismäßig gleichkörnig (Abb. 2). Das Gesteinsgerüst, das noch viele Hohlräume in sich schließt, bekommt seine Standfestigkeit durch die Verzahnung und Verspannung der Körner untereinander. Es wird durch ein bituminöses Bindemittel verklebt und wasserunempfindlich gemacht. Man unterscheidet

Mischmakadam,
Streumakadam,
Tränkmakadam.

Makadamdecken erhalten beim Einbau noch nicht ihre endgültige Verdichtung. Sie werden unter dem Verkehr noch weiter nachverdichtet, bis das Gesteinsgemisch seine dichteste Lagerung erreicht hat. Das muß bei der Wahl des Bindemittels berücksichtigt werden. Es kommen also Bindemittel in Frage, die auch bei einer Verschiebung des einzelnen Korns und beim Abbrechen von Kanten und Spitzen in ihrer Klebefähigkeit nicht beeinträchtigt werden und eine entsprechend niedrige Viskosität haben. Diese Bauweisen bedürfen immer einer Oberflächenschutzschicht. Bei Befestigungen, die nur sehr geringen Verkehr haben, ist diese wegen der fehlenden Nachverdichtung besonders sorgfältig auszubilden, um ein Eindringen von Schmutz und Wasser zu verhindern. Bei überwiegend eisenbereiftem Verkehr mit Zugtieren sind diese Befestigungen ungeeignet. Diese Überlegung wird aber mit der Zeit gegenstandslos, da der Verkehr mit gummibereiften Fahrzeugen den größten Anteil am gesamten Verkehr einnimmt. Ebenso ist bei häufigem ruhenden Verkehr, wenn er hohe Flächenbelastungen bringt, Vorsicht geboten. Diese Bauweisen sind dagegen besonders geeignet, wenn mit Nachverdichtungen im Untergrund oder Unterbau unter dem Verkehr gerechnet werden muß. Ist als Oberschicht eine hohlraumarme Bauweise für einen späteren Zeitpunkt vorgesehen, so dient der bituminöse Makadam als vorläufige Fahrbahndecke. In diesem Fall empfiehlt es sich, vor Beginn des Winters einen Oberflächenabschluß aufzubringen.

3. 32 Bauweisen nach dem Betonprinzip

Die nach diesem Prinzip hergestellten Tragschichten und Decken bestehen aus Gesteinsmischungen abgestufter Körnung (s. z. B. Abb. 2). Sie sind so zusammengesetzt, daß nur ein geringer Gehalt an Hohlräumen verbleibt, der zu dem Bindemittelzusatz in Beziehung stehen muß. Die Gesteine werden im heißen Zustand mit einem durch Erhitzen dünnflüssig gemachten bituminösen Bindemittel gemischt. Diese Gemische werden auf der Straße in heißem Zustand (bei Straßenbaubitumen mindestens 120°, bei Straßenteer mindestens 70°) eingebaut und verdichtet. Der Bindemittelgehalt ist so abgestimmt, daß die Deckschichten nach der Verdichtung nahezu, aber keinesfalls ganz hohlraumfrei sind und sich ihre Dichte und Kornzusammensetzung unter dem Verkehr kaum mehr verändern. Deshalb können hier Bindemittel verwendet werden, die eine wesentlich höhere Viskosität haben und die außer der Verklebung des Mineralgerüsts imstande sind, eine zusätzliche Kohäsion in das System zu bringen und die Stabilität des Systems zu erhöhen. Es handelt sich hierbei stets um Bindemittel, die heiß mit dem erhitzten Material verar-

beitet werden. Je nach der Zusammensetzung des Mineralgemisches und der Art des Bindemittels werden unterschieden:

Asphalt- und Teerasphaltfeinbeton,
Asphalt- und Teerasphaltgrob-
beton,
Teer- und Asphaltteerfeinbeton,
Teer- und Asphaltteergrob-
beton.

Diese Bauweisen bedürfen keiner besonderen Oberflächenschutzschicht. Sie sind wegen ihres dichten Aufbaues weitgehend unempfindlich gegen Verschmutzung. Sie werden vorwiegend für schweren Verkehr angewendet. Sie haben sich jedoch auch bei schwächerem und leichterem Verkehr als Verschleißschicht auf geeigneter Unterlage ebenfalls ausgezeichnet bewährt.

Hierher gehören auch die im Merkblatt für die Befestigung land- und forstwirtschaftlicher Wege sog. „bituminösen Tragschichten im Heißeinbau“, die unter der Bezeichnung „Bitumen- bzw. Teerkies“ bekannt geworden sind. Diese haben wegen der Möglichkeit, ganz oder teilweise örtlich vorhandenes Gestein anzuwenden, eine erhebliche Bedeutung. Da die Anwendung keineswegs auf Kies allein beschränkt ist, sondern die teilweise oder alleinige Verwendung von gebrochenem Gestein mindestens zu dem gleichen, oft zu besserem Erfolg führt, müssen sie unter die bituminösen Bauweisen nach dem Betonprinzip eingereiht werden¹²⁾. Hierbei ist jedoch zu beachten, daß je nach Aufgabe der Schicht in der Gesamtkonstruktion eine mehr oder weniger starke Abweichung der Sieblinie und des Bindemittelgehalts von den strengen Anforderungen für Deckschichten zugelassen werden muß. Bei einer Verwendung in der obersten Lage bedürfen sie daher einer Oberflächenschutzschicht.

3. 33 Bauweisen mit kalteinbaufähigem bituminösen Mischgut

Eine Zwischenstellung zwischen den Bauweisen nach dem Makadam- und dem Betonprinzip bilden Deckschichten aus kalteinbaufähigem Asphaltbeton, Teerbeton und Asphaltteerbeton. Sie bestehen aus einem kornabgestuften Gesteinsgemisch (siehe z. B. Abb. 2). Das Mischgut ist „kalteinbaufähig“ und nach dem Einbau noch nicht dicht. Es wird unter dem Verkehr nachverdichtet und ergibt erst dann hohlraumarme Deckschichten. Hierbei muß also ein bituminöses Bindemittel verwendet werden, das in der ersten Zeit die Eigenschaften hat, die von einem bituminösen Bindemittel für Makadambauweisen gefordert werden, d. h. der Bindemittelfilm muß die Bewegungen der einzelnen Körner mitmachen können, ohne daß er dabei reißt und ohne daß seine Klebefähigkeit beeinträchtigt wird. In diesem Zustand muß also das Bindemittel entsprechend niedrigviskos sein. Wenn die Verdichtung so weit fortgeschritten ist, daß sich eine hohlraumarme Deckschicht ergeben hat, die ihrem Kornaufbau nach dem eines bituminösen Betons entspricht, sollte das Bindemittel nicht mehr so niedrigviskos sein. Es darf nicht mehr als Schmierfilm wirken. Es muß ähnlich wie das Bindemittel beim bituminösen Beton wirken, d. h. seine Viskosität muß erheblich höher geworden sein. Hierfür sind Verschnittbitumen, Straßenteer T oder BT oder auch Bitumenteere mit erhöhtem Bitumenzusatz entsprechender Viskosität geeignet.

3. 34 Teppiche

In der Literatur findet man häufig die sog. bituminösen Teppichbeläge behandelt. Dabei wird zwischen offenen und dichten Teppichbelägen unterschieden. Bei genauer Be-

¹²⁾ Becker u. Schmidt, Nomenklatur, Aufbau und Beurteilung heißgemischter Asphalttragschichten. Straße und Autobahn 1960, Heft 3, S. 117.

trachtung des Kornaufbaus und der zu verwendenden Bindemittelsorten findet man, daß der sog. dichte Teppich zu den Bauweisen mit kalteinbaufähigem bituminösem Mischgut und der sog. offene Teppich zu den Makadambauweisen gehört. Die Bezeichnung „Teppich“ ist durch keine Systematik begründet. Im Interesse klarer Begriffe sollte man auf sie verzichten.

3. 35 Oberflächenschutzschichten

Oberflächenschutzschichten sind dünne bituminöse Überzüge auf Fahrbahndecken. Sie dienen in erster Linie zum Erhalten und Verbessern der Wegeoberfläche. Sie stellen keine selbständige Deckenbauweise dar. Sie werden ausgeführt als

Oberflächenbehandlung oder
bituminöse Schlämmen.

Unter einer Oberflächenbehandlung wird das Anspritzen einer Fahrbahndecke mit einem bituminösen Bindemittel und das anschließende Abdecken mit rohem oder leicht mit Bindemittel umhülltem Splitt oder Kies verstanden. Oberflächenbehandlungen mit Rohsplitt eignen sich bei geringer Verkehrsdichte, weil dann eine Bindung des Splitts ohne großen Verlust zu erwarten ist. Bei größerer Verkehrsdichte ist eine Ausführung mit leicht mit Bindemittel umhülltem Splitt vorzuziehen; das gleiche gilt für Gegenden mit feuchtem Klima.

Bituminöse Schlämmen sind Gemische aus feinkörnigen Mineralmassen mit Straßenbaubitumen, Straßenteer, Verschnittbitumen oder Bitumenemulsion als Bindemittel und Wasser. Bituminöse Schlämmen sind besonders dort zweckmäßig, wo eine offene Decke gedichtet und die vorhandene Oberflächenrauheit erhalten werden soll. Ihre Verwendung ist besonders dort vorteilhaft, wo keine ausreichende Nachverdichtung durch den Verkehr zu erwarten ist.

Es muß hier auf eine Erscheinung hingewiesen werden, die besonders bei der Anwendung von Oberflächenbehandlungen auf Kieswegen, mechanischen Verfestigungen bzw. Bodenverfestigungen ganz allgemein, immer wieder beobachtet wird und der leider die nötige Beachtung nicht immer geschenkt wird. Unter dünnen, dichten Filmen kommt es bereits unter dem Einfluß der täglichen Temperaturschwankungen und des unterschiedlichen Dampfdrucks zur Kondensation, es sammelt sich Wasser an. Die Oberflächenbehandlung läßt sich dann in Fladen leicht wieder abheben. Wenn die Oberflächenbehandlung besonders „gut“ war, etwa als doppelte Oberflächenbehandlung, kann es sogar zu Aufblähungen kommen.

Hier soll auf den besonderen Vorteil der bituminösen Schlämme hingewiesen werden, die gasdurchlässig und dabei doch dicht gegen Niederschlagswasser von oben ist¹³⁾. Zugleich muß auf den großen Wert des Makadam hingewiesen werden, in dessen Hohlräumen das Wasser kondensieren kann, ohne die beschriebenen Schäden hervorzurufen.

4. Schlußbemerkung

Der vorliegende Aufsatz gibt einen Überblick über die Technologie bituminöser Bauweisen für Straßen und Wege. Dabei wurden die Grundlagen dargestellt und ihre Anwendung besonders beim Bau von ländlichen Wegen erläutert. Einzelheiten über Vorbereitung des Untergrunds, die Zusammensetzung der Mischung, die Bauausführung und anderes müssen den entsprechenden Vorschriften und Richtlinien¹⁴⁾ entnommen werden.

¹³⁾ Ruck, Startbahnen mit bituminöser Schlämme. Bitumen 1959, Heft 3, S. 48.

¹⁴⁾ Technische Vorschriften und Richtlinien für den Bau bituminöser Fahrbahndecken (TV brt), Bundesverkehrsministerium. Merkblatt für die Befestigung Land- und Forstwirtschaftlicher Wege, Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen e. V., Köln.

Stabilisierungsverfahren im ländlichen Wegebau

von Oberregierungsrat G. Greiß, Höhenkirchen bei München

Im Zusammenhang mit den weltweiten wirtschaftlichen und technischen Entwicklungen unserer Zeitepoche vollzieht sich auch beim Straßenbau unmerklich, aber unaufhaltsam eine technische Revolution. Mit der Einführung arbeitskräftesparender, hochleistungsfähiger Baugeräte bahnen sich auch hier verfahrenstechnische Neuerungen an, die in vielfacher Hinsicht ein totales Umdenken verlangen und selbst unsere routiniertesten Fachleute vor völlig neuartige Aufgaben stellen, von denen sich unsere bisherige Schulweisheit nichts träumen ließ. Wir befinden uns zwar noch im Stadium des Experimentierens und Improvisierens, haben aber doch schon erhebliche Fortschritte erreicht, die deutlich erkennen lassen, daß ein weites Feld technischer Möglichkeiten vor uns liegt.

Im Mittelpunkt des Interesses stehen zweifellos die sogenannten Stabilisierungsverfahren, auf die im Rahmen dieser Ausführungen unter Herausstellung einiger Grundprobleme für den ländlichen Wegebau eingegangen werden soll.

Zunächst muß vielleicht besonders betont werden, daß es sich bei den Stabilisierungsverfahren nicht etwa, wie da und dort möglicherweise angenommen wird, um irgendwelche surrealistische 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 Grunde 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 wohl 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 ergibt sich auch für den Wegebau klipp und klar, daß wir alles tun sollten, um

1. die Herstellung der Wege im vollen Umfange 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 Unterhaltungsproblem dürfte gerade bei ländlichen Wegen eine aus-

schlaggebende 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 Gesamtstreckenmaß umfangreiche Wegesysteme, deren Unterhalt, wenn er ordnungsgemäß erfolgt, Jahr für Jahr enorme Summen verschlingt. Bekanntlich werden an manchen Stellen 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 meist ungeklärt ist, 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 vorausstelle, daß der Akzent bei der Mechanisierung liegt, so kann ich wohl davon ausgehen, daß sich jedes Material grundsätzlich am besten mechanisch verarbeiten läßt, wenn es bis zu einem bestimmten Grad zerkleinert 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 aus feinkörnigem 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 Deckschicht, 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 eigentlich 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

„Schüttpacklage“ sowie der „Rüttelschotter“, die aber nur einen Übergang zur vollmechanisierten Stabilisierung beziehungsweise zum „Mineralbeton“ darstellen.

Zwischen dem konventionellen Beton 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 Wirtschaftswegen trotz geringer Befestigungsdicke dank ihres elastischen Verhaltens vorübergehend auch schwerste Transportbelastungen und schnelles Befahren aushalten. Am eindrucksvollsten ist der Effekt bei ausgesprochenen Weichböden, 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 auszunutzen 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. Es ist auch daran zu denken, die Übergrößen beim Aufladen abzusieben und den abgeseibten Grobkies zu brechen, wobei man das feinkörnig 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 am Materialbedarf einsparen kann. Selbstverständlich rentiert sich der Einsatz solcher Brechanlagen nur bei entsprechend großem Bauvolumen.

Will man aber für unbedeutende Nebenwege, zum Beispiel für forstliche Zubringerwege, keine besonderen Aufwendungen machen, so kann man sich schließlich auch mit weniger gut abgestuftem Kiesmaterial behelfen. 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 Graderinsatz 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. 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 in Gebirgslagen die Tragschichten vorerst noch aus Rüttelschotter 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.

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 Gewichtsprozent, damit das tonhaltige Material in den Hohlräumen des Korngerüstes bei Wasseraufnahmen 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 bindi-

gen 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 ersehen, der dort, wo er nicht mehr vom Wasser überflutet wird und völlig trocken liegt, kaum zu befahren ist, weil die Räder durchmahlen, und ebensowenig 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 eingeschlammert 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 hygroskopischen Salzen läßt sich die Konservierung der optimalen Feuchtigkeit erheblich verbessern. 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. Notfalls muß die Decke durch Hartsplitt geschützt werden.

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. Ich möchte glauben, daß eine solche Definition 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 Verbes-

serung von Tragschichten zu verwenden. Dies kommt vor allem in Frage, wenn mit stärkeren Beanspruchungen zu rechnen ist, so auch bei steileren 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 Heißenbau 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.

Abzuwarten bleibt, ob aber nicht vielleicht die bisher vor allem in den skandinavischen Ländern verwendeten Road-Oil-Decken auch für unsere ländlichen Wege noch geeignet sind, weil sie mit kaltgelagertem Mischgut hergestellt und auch unterhalten werden können, eine rauhere Oberfläche haben, bei Hitze nicht aufweichen und infolge ihres elastischen Verhaltens auch auf leichterem Unterbau nicht zur Rissebildung neigen. Erfolgversprechende Versuche mit Bitumen-Road-Oil wurden bisher in Bayern und in Österreich durchgeführt. Mit besonderem Interesse werden weitere Versuche mit Road-Oil auf Teerbasis erwartet.

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 flexive 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, die Bau-trasse so weit befahrbar zu machen, daß man das Tragschichtenbaumaterial 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 Filterbeziehungsweise 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 Auskofferrung 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 Auskofferrung 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 der aufgeweichten Bautrassse größte Schwierigkeiten bereiten kann.

Es ist deshalb in der Regel einfacher, billiger und auch effektvoller, hochplastischen Böden 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.

Die Kalkstabilisierung ist jedenfalls ein sehr willkommenes Hilfsmittel, um wasserempfindliche Bautrassen 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 Untergrund dürften jedoch für gewöhnliche Güterwege Kiesdecken von etwa 15 bis 20 cm Dicke ausreichen.

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 Pectacrete-Zement. 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 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 notwendig, in überstürzter Eile zu arbeiten. Die abgelöste Pectacrete-Hülle bleibt im Bodengemisch als wasserabweisend wirksame Substanz erhalten. Im übrigen werden für die Stabilisierung bindiger Böden bei Anwendung von Pectacrete-Zement viel geringere Zementanteile benötigt als bei Verwendung von normalem Portlandzement, so daß die Schichten 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 mit meinen Ausführungen nicht ganz übergehen möchte, obwohl ich annehmen darf, daß die wichtigsten neuen Gerätetypen inzwischen schon genügend bekannt geworden 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 die dammartige Überhöhung werden. Man schafft dadurch ein optimales Wegesfundament und gleichzeitig entsprechende Grabmulden, wobei vor allem auch kostspielige Aufwendungen 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 in der Bautrassse, 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 Einbaufertiger muß ich wohl nicht eigens erwähnen. In den USA spricht man von „mixed in place“ bei Mischarbeiten in der Bautrassse und von „mixed in plant“ bei stationären Mischanlagen. Reine Bodengemische werden mit dem Motorgrader zunächst aus einer Langmahd heraus auf die Trassse 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, Schafffußwalzen, Gitterradwalzen, Gürtelradwalzen, Vibrationswalzen, Vibro Tamper, Rüttelplatten und schließlich auch statische Glattwalzen. 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 Arbeitstempo 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 Unterhaltungsarbeiten (Profilüberholung, Bankettschäden) 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 Arbeitsvorplanung 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 Wegebautechnik 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 geradem Umfang die Initiative ergreifen. Sie kann weder selbst im Gelände experimentieren noch etwa von sich aus neue fabrikkfertige 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 „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.

Ich möchte 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 Fortschritts 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 Wegebauwesens sehr viel besser verstehen lernt und daß man dabei manchen Geheimnissen auf den Grund beziehungsweise auf den „Untergrund“ kommt.

Im übrigen haben vielfache Erfahrungen gezeigt, daß die Industrie im allgemeinen gern 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 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 Güterwegebauwesens 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. Da 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 Umfange so erschlossen ist, daß sämtliche Wege nach einheitlichem Schema maschinell unterhalten werden können, soweit es sich nicht um bituminöse Deckenbeläge oder Zementbetondecken 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 Güterwege etwas breiter und großzügiger auszubauen als bisher, weil mit der zunehmenden Kapazität der öffentlichen Verkehrsstraßen zwangsläufig auch die Kapazität aller Transportfahrzeuge wachsen wird.

Dies alles erklärt das außerordentliche Interesse, das in den meisten europäischen Ländern der Entwicklung mechanisierter Wegebaumethoden 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 entsehen, die auch dem Fortschritt in der Wegebautechnik 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 Bodenuntersuchungen auf der Mondoberfläche, um Landemanöver von Raumschiffen vorzubereiten. Professor Dr. Winterkorn von der Princeton-Universität ist zur Zeit sehr intensiv mit diesbezüglichen Forschungsaufträgen beschäftigt. 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 zu heiß gegessen wird, bleibt immer noch genügend Zeit, um die modernen Entwicklungen in aller Ruhe kritisch zu verfolgen und die Einführung neuer Baumethoden 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 oder wo größere Erschließungsarbeiten nicht in Frage kommen und Maschinen deshalb 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 durch großzügiges Vorgehen in vollem Umfange nutzen.

Zusammenfassung und Nachwort

Regierungsdirektor Dipl.-Ing. B. Klempert, Düsseldorf

1. Im vorliegenden Heft 37 der Schriftenreihe für Flurbereinigung konnten nur einige der Vorträge veröffentlicht werden, die gelegentlich der Tagung „Technik der Wegebefestigung“ in Essen gehalten wurden. In weiteren Ausführungen wurden wichtige Erkenntnisse, insbesondere solche der Praxis, vorgetragen und erörtert. Somit konnten die Anwesenden – über 500 Teilnehmer aus den auf dem Gebiet des Wegebaues tätigen Dienstkräfte der Fachverwaltungen vieler Bundesländer, Wissenschaftler, Bauunternehmer und deren Mitarbeiter – aus dem Munde berufener Fachleute aus der Bundesrepublik einen Überblick über die bisher erarbeiteten theoretischen Grundlagen und über bereits bewährte Bauweisen erhalten und damit einen Anhalt gewinnen, wie sie in der Praxis eine objektive Auswahl geeigneter Befestigungsarten treffen können.

Nachfolgend wird unter Ausnutzung der Tagungsberichte versucht, die wichtigsten Fragen der Befestigung ländlicher Wege kurz zusammenzufassen und Folgerungen daraus zu ziehen. Hierbei werden solche Begriffe benutzt, die in den Fachgremien häufig angewandt werden, und deren allgemeine Einführung wünschenswert ist.

Zur Abrundung der Tagungsergebnisse wird in den folgenden Ausführungen die Entwicklung bis Ende 1963 berücksichtigt.

2. Bekanntlich hat die Befestigung ländlicher Wege in einem rasanten Tempo an Bedeutung zugenommen. Noch vor einem Jahrzehnt war das Ausbauvolumen fast bedeutungslos. Man hielt anfänglich, soweit nicht kurzerhand Bauweisen des Straßenbaues, wie z. B. die angeschlammte Schotterdecke, angewandt wurden, primitive Befestigungen für ausreichend. Zu dieser Auffassung führten die damals noch geringeren Ansprüche des landwirtschaftlichen Verkehrs. Unerwartet und unaufhaltsam stiegen mit zunehmender Motorisierung und Mechanisierung die Anforderungen an Ausdehnung und Güte der Befestigungen und nahmen ein Ausmaß an, das sich auch heute noch nicht völlig übersehen läßt. Zur gleichen Zeit wurden im vergangenen Jahrzehnt glücklicherweise fortlaufend neue Erkenntnisse auf den Gebieten der Bodenkunde, der Bodenmechanik, insbesondere der Verdichtungstechnik, sowie der Baustoffe, der Bauverfahren und deren Mechanisierung bekannt und ausgewertet.

Gleichzeitig führten unabhängig voneinander zahlreiche Auftraggeber dringende Wegebefestigungen in verschiedenartigsten Bauweisen durch. Hierbei wurden zum weitaus größten Teil die jeweils neuesten Erkenntnisse beachtet und manche Berater, vornehmlich solche der Baustoffindustrien, machten sich im ernstlichen Bemühen um die Entwicklung geeigneter Bauweisen verdient.

In jener Zeit wurden auch viele Versuche mit unterschiedlichen Bauweisen in mancherlei Abwandlungen an zahlreichen Orten und ohne Verbindung miteinander hergestellt. Erfolg und Mißerfolg wurden meist nur örtlich ausgewertet, infolgedessen mußte viel Lehrgeld gezahlt werden. Es ist daher als ein sehr großer Vorteil anzusehen, daß auch umfangreichere Versuchsmaßnahmen durchgeführt und die Ergebnisse größeren Kreisen mitgeteilt wurden. In diesem Zusammenhang müssen die verdienstvollen Versuchsbauten des Oberforstmeisters G. G r e i ß im Raum Ansbach erwähnt werden, die – schon frühzeitig vielen Interessenten bekanntgemacht – der Entwicklung neuzeitlicher Bauweisen großen Auftrieb gaben.

Die Länder Baden-Württemberg und Bayern haben in einem gemeinsamen Programm

(Süd) ausgedehnte Versuche mit Bodenverfestigungen aller Art unternommen. Die sorgfältig erarbeiteten Ergebnisse sind noch nicht abschließend ausgewertet.

Auch die Länder Niedersachsen und Schleswig-Holstein führten ein Wegeversuchsprogramm (Nord) durch. Dort ging es um die Erprobung von Bauweisen in Geest, Marsch und Moor. Mit einer abschließenden Beurteilung durch einen Sonderausschuß der Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen in Zusammenarbeit mit den örtlichen Dienststellen ist ebenfalls in Kürze zu rechnen.

Das Land Nordrhein-Westfalen (Verwaltung für Flurbereinigung und Siedlung) hat seit 1955 in ausgedehnten Netzen befestigter ländlicher Wege die Anwendung einiger Bauweisen unter bevorzugter Verwendung der gebietsweise verfügbaren Kiessande, Naturgesteine und Hochofenschlacken praktisch erprobt und führt zur Zeit weitere exakte Versuche mit gebrochenen korngestuftem Gesteinen durch, um die bekannten Vorzüge des gebrochenen Gesteins in modernen Baumethoden künftig ausnutzen zu können. Hierbei wird in besonderem Maße die Behandlung des Untergrundes untersucht.

Von vielen Seiten wird bestätigt, daß nunmehr ausreichende Erfahrungen mit geeigneten Bauweisen vorliegen. Neue Versuchsstrecken sollten deshalb nur von übergeordneten Stellen aus geplant, geleitet und ausgewertet werden. Dorthin sollten nachgeordnete Stellen ihre Vorschläge für neue Versuche leiten. Nur so können Doppelarbeit und Fehlschläge vermieden werden. Nur dann kann eine Gewähr dafür gegeben sein, daß die Versuche einwandfrei durchgeführt und weiterhin beobachtet werden. Wenn möglich können Zwischenergebnisse gewonnen und bekanntgemacht werden. Schließlich können dort die in der Regel erst nach mehreren Jahren (oft mindestens 5) erhältlichen tatsächlichen und abschließenden Ergebnisse mit bisweilen erheblichen Aufwendungen eher ausgewertet und dem interessierten größeren Personenkreis mitgeteilt werden.

Inzwischen hat die Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen ihren Arbeitsausschuß „Ländliche Wege“ beauftragt, Erfahrungen hinsichtlich der Bodenverfestigungen im ganzen Bundesgebiet zu sammeln und fachlich auszuwerten. Die Ergebnisse werden als eine wertvolle und notwendige Ergänzung der erwähnten Untersuchungsergebnisse im Programm (Süd) angesehen. Es wird erwartet, daß abschließend eindeutige Erkenntnisse über Bodenverfestigungen vermittelt werden können, die heute hinsichtlich ihrer praktischen Anwendbarkeit zum Teil noch unterschiedlich und uneinheitlich beurteilt werden.

3. Über die Ausführung vieler Bauweisen liegen genügend Berichte vor. Die Praxis benötigt aber darüber hinaus Kenntnis über langjährig erprobte sichere Baumethoden. Darstellungen hierüber durch neutrale und allgemein anerkannte Stellen sind daher dringend erwünscht. Es sei in dieser Hinsicht auf die Vorbildlichen Sammlungen des Ausschusses „Landwirtschaftliche Wirtschaftswege“ im Kuratorium für Kulturbauwesen verwiesen, die Beispiele befestigter landwirtschaftlicher Wege enthalten. Diese Zusammenstellung ist bedauerlicherweise ebenso wie andere der Flurbereinigungs- und Forstverwaltungen der Öffentlichkeit nicht übergeben. Sie könnten in manchen Fällen für die Praxis sehr bedeutungsvoll sein, wenn sie zu Vergleichen über Eignung und Wirtschaftlichkeit ausnutzbar wären. Sie könnten bei den bei jeder Maßnahme anzustellenden ingenieurmäßigen Überlegungen eine wertvolle Unterstützung sein, bei denen u. a. Lage, Klima, Boden, Untergrund, Baustoffe, Arbeitsmarkt und Maschinen- und Gerätepark zu beachten sind.

Ein wertvoller Beitrag sind die im Laufe der letzten Jahre aufgestellten Vorschriften. Es waren Merkblätter des Ausschusses „Ländliche Wege“ in der Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen, technische Richtlinien für den Schwarzdeckenbau und für Zementbetondecken auf Waldstraßen des Arbeitsringes „Waldwegebau“ im Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik, sowie die Richtlinien für den landwirtschaftlichen Wirtschaftswegebau des Ausschusses „Landwirtschaftliche Wirtschaftswege“ im Kuratorium für Kul-

turbauwesen. Diese erstmalig aufgestellten Vorschriften wurden durch zahlreiche Sondervorschriften einzelner Dienststellen und solche von Baustoffindustrien ergänzt. Die fortschreitende Entwicklung hat eine Überarbeitung vieler Vorschriften notwendig gemacht. Die oben genannten Ausschüsse, zu denen im behördlichen Sektor noch die „Arbeitsgemeinschaft für das technische Verfahren der Flurbereinigung im Bundesgebiet“ hinzukommt, haben sich auf eine gemeinsame Bearbeitung von Richtlinien für die Befestigung land- und forstwirtschaftlicher Wirtschaftswege verständigt. Die Arbeiten sind bereits weit fortgeschritten.

4. Die Vortragsreihe wurde mit dem Ziel veranstaltet, die Rationalisierung der Wegebefestigung zu fördern. Diese soll sich vornehmlich auf Zahl und Art der Bauweisen und ihre Mechanisierung, auf die Baustoffe, deren Einbau und die Verdichtung und letztlich auf die Unterhaltung erstrecken. Die bisher große Zahl der Baumethoden birgt wirtschaftliche und technische Nachteile; sie erschwert aber auch die Auswahl der anzuwendenden Verfahren. Daher drängt alles zu einer bereits seit langem angestrebten Entwicklung einiger weniger Standardbauweisen. Solche waren bereits im vorigen Jahrhundert üblich, als es nur sandgeschlämmte Schotterdecken und Pflasterdecken gab. Damals übten die Straßenbauer ihr Handwerk mit selbstverständlicher Sicherheit aus; unter ihrer Hand entstanden beständige Befestigungen.

Bei der Auswahl von Standardbauweisen sollten folgende Grundsätze beachtet werden:

4.1 Der ländliche Verkehr folgt eigenen Gesetzen. Er ist uneinheitlich, die Lastübergänge folgen in langen Abständen. Die geringen Achslasten über 2 t überwiegen, nur bei schweren Lastfahrten treten schwerere, in der Landwirtschaft bis zu 5 t, im Wald und auf Holzabfuhrwegen bis zu 10 t, auf. Die Geschwindigkeiten sind gering, meist unter 20 km/h. Abriebsschäden an den Decken und Deckschichten sind als mäßig anzusehen.

Die Verkehrsmenge ist, gemessen an der auf Straßen, sehr gering. Verkehrsspitzen treten in den Bestells-, Pflege- und Erntezeiten auf. Für Wegebefestigungen können insbesondere solche Zeiten kritisch sein, in denen beim Frostaufgang oder bei völliger Durchnässung der wegnahen Flächen ein Schwerverkehr stattfindet.

4.2 Wegebefestigungen werden durch ein- oder mehrschichtige Tragschichten mit Deck- und Oberflächenschutzschichten oder durch Decken über Tragschichten hergestellt. Sie weichen im Aufbau und in der Dickenbemessung erheblich vom Straßenbau ab.

Für den regelmäßigen geringen Wirtschaftsverkehr mit geringen Achslasten und Geschwindigkeiten reichen einfache und dünne Befestigungsschichten aus, sofern der Untergrund tragfähig ist. Sie werden durch einschichtige Tragschichten ohne Bindemittel aus sortierten (zweckmäßig korngestuftem Schotter-Splitt-Sandgemischen) oder aus unsortierten Gesteinen mit Deckschichten aus Sand – Splitt – Kies oder aus Kiessand (mechanische Bodenverfestigung) gebaut.

Für einen ganzjährigen Verkehr mit schwereren Achslasten, wie sie insbesondere auf Waldwegen und bei Intensivkulturen vorkommen, sind leistungsfähigere Befestigungen notwendig. Diese bestehen meist aus mehrschichtigen Befestigungen. Solche enthalten über dem verdichteten bzw. verbesserten Untergrund untere Tragschichten aus sortierten bzw. unsortierten Gesteinen oder Kiessanden. Hier führt eine gute Kornabstufung zu einer höheren Tragfähigkeit, die stets größer als die eines verdichteten oder verbesserten Untergrundes sein soll. Auf die unteren Tragschichten werden Decken aus Zementbeton oder Zementpflaster oder Schottertragschichten, die mit bituminösem Mischgut, mit Zement, oder Traßkalkmörtel verfüllt sind oder obere Tragschichten aus korngestuftem bituminösem Mischgut, aufgebracht; auf letztere werden häufig zusätzlich bituminöse Deck- oder Oberflächenschutzschichten gelegt. Zu den leistungsfähigen Befestigungen können bei

geeignetem Aufbau auch Bodenverfestigungen mit Bitumen, Teer und Zement mit aufgebracht bituminösen Deckschichten gerechnet werden. Wo ein schnellerer oder stärkerer Verkehr stattfindet oder wo Erosionen den Abrieb steigern, sind gebundene Oberflächen der Befestigungen angebracht.

Bei der Auswahl einer Befestigung sind zu beachten:

der Untergrund und seine Eigenschaften,
 Dicke der Schichten,
 Baustoffe der Schichten, insbesondere das Verhältnis Gestein – Kies – Bindemittel,
 Klima,
 der Verkehr, seine Art und Geschwindigkeit.

Ein besonderes Augenmerk wird der Frage zu widmen sein, ob, wann und wo flexible Befestigungen im Hinblick auf die nicht erfassbaren und nicht kontrollierbaren Bewegungen des Untergrundes anzuwenden sind, oder ob dort auch starre Befestigungen zweckmäßig sind.

4.3 Die Dicken aller Befestigungsschichten müssen bei ländlichen Wegen gering bemessen werden. Sie dürfen über eine dringend notwendige Dicke nicht hinausgehen, weil die entstehende Erhöhung der Herstellungskosten nicht durch einen entsprechenden wirtschaftlichen Vorteil aufgewogen werden würde. Daraus ergeben sich wesentliche Folgerungen:

Der Untergrund und alle Befestigungsschichten einer Wegebefestigung müssen eine tragende Einheit bilden, in der die Tragfähigkeit von unten nach oben zunehmen muß. Hierbei muß sowohl der unter der Befestigung befindliche verdichtete als auch der darunter anstehende unverdichtete Untergrund mitwirken. Dabei wird er bei seinen oft uneinheitlichen Bodenarten in ihrem oft erheblich und schnell wechselnden Zustand bis in meist nicht gleichbleibende beachtliche Tiefen durch oft an Stärke und Häufigkeit schwankenden Drücke ausgesetzt. Sein Verhalten entspricht den statisch unbestimmbaren Verhältnissen.

Die Herstellung dauerhafter und leistungsfähiger Wegebefestigungen erfordert eine gute und beständige Verbundwirkung, die wiederum eine unbedingt herbeizuführende Mindesttragfähigkeit des Untergrundes, einen wohlabgewogenen Aufbau der Befestigungsschichten in der erforderlichen Güte der Baustoffe und einen einwandfreien Einbau mit vorschriftsmäßiger Verdichtung bedingt.

4.4 Bei allen Bauweisen muß der Untergrund ausreichend tragfähig sein. Sofern er es nicht ist, muß er – nach erforderlicher Entwässerung – entweder durch Verdichtung oder durch Kornverbesserung oder durch eine Stabilisierung mit Kalk ausreichend verbessert werden. Eindeutig erprobte Kennwerte hierzu liegen noch nicht vor. Die in den TVE Stb 59 und LK 59 angeführten Werte werden nicht in Betracht kommen können. Auch an dieser Stelle muß nochmals darauf hingewiesen werden, daß die Verdichtung des Untergrundes nur bei günstigem Wassergehalt vorgenommen werden darf. Der Boden ist ggf. anzunässen; erforderlichenfalls ist bei zu großem Feuchtigkeitsgehalt der Bau stillzulegen.

Wo eine gleichmäßige und gute Tragfähigkeit des Untergrundes nicht erzielt werden kann, bietet ein Höherlegen des Weges durch Einbau einer Sauberkeits- oder Tragschicht aus geeigneten, möglichst gut abgestuften Baustoffen eine bewährte Ausweidlösung.

4.5 Wo erforderlich, sind in Wegebefestigungen Frostsicherungen aus abgestuften möglichst filterartig wirkenden Baustoffen, zugleich als untere Tragschichten anzubringen. Stehen nur gröbere Baustoffe hierzu zur Verfügung, dann ist eine filterartig wirkende Sauberkeitsschicht auf bindigen Untergrund einzubauen. Frostsicherungen können nur in Ausnahmefällen die Dicken der im Straßenbau üblichen Frostschutzschichten errei-

chen. In einfachen Wegebefestigungen können sie ganz entfallen oder durch eine Erhöhung der Befestigungsdicke sehr oft ersetzt werden.

4.6 Grundsätzlich sollten vorschrittmäßige Baustoffe Anwendung finden. Das gilt besonders für alle Befestigungsschichten mit Bindemitteln. Nur sie allein sichern einen gleichmäßigen Kornaufbau, große Dichte sowie Tragfähigkeit und eine gute Haltbarkeit.

Wegen der möglichen erheblichen Ersparnisse an Transportkosten und Bruchzins ist die Verwendbarkeit örtlicher Baustoffe stets zu prüfen. Nur selten sind die im Bauort anstehenden Baustoffe zur Herstellung der Befestigungsschichten – etwa durch Bodenverfestigung – unmittelbar geeignet. In diesen Fällen bringt die geforderte Verdichtung in der Regel eine Vertiefung der Fahrbahn, sofern nicht aus Wegeseitengraben die erforderlichen Bodenmengen herangebracht werden können.

In den meisten Fällen müssen Baustoffe in die Befestigungsschichten eingebaut werden. Hierzu werden die örtlich gewinnbaren oder die in der Nähe gefundenen oder herstellbaren Baustoffe zweckmäßigerweise benutzt. Hierbei können für einfache Befestigungen und für untere Tragschichten vielfach Baustoffe Anwendung finden, die hinsichtlich Kornform, Kornaufbau, Druckfestigkeit, Sauberkeit, Wetterempfindlichkeit nicht den Vorschriften entsprechen. So reichen in vielen Fällen unsortierte Schotter – Splitt – Sand – oder Kies-Sand-Gemische aus, um die erforderliche Tragfähigkeit für einen geringen und seltenen Verkehr aufzunehmen.

Grundsätzlich jedoch sollten korngestufte Gemische verwendet werden, die einen gleichmäßigen Aufbau der Befestigungsschichten und eine dichtere Lagerung gestatten. Deren Einbau kann bei Verwendung von Korngrößen unter 75 mm mechanisiert werden. Korngestufte gut verdichtete Schichten können im gewissen Umfang auftretende Zugspannungen aufnehmen, denn sie besitzen durch den bestehenden seitlichen Druck eine erhebliche Verspannung. Verformungen, die besonders bei unsortierten Gemischen häufig nicht vermeidbar sind, können ausgeschaltet und damit Tragfähigkeit und Lebensdauer wesentlich erhöht werden. Zugleich wird dann zumindest für die Befestigungsschichten ohne Bindemittel auch die Unterhaltung vereinfacht und verbilligt.

Gleichartige Baustoffe sollten in der gesamten Befestigungsschicht verwendet werden. So gehört beispielsweise auf eine Tragschicht aus Kiessand eine obere Tragschicht, bei der Kies und Sand mit Bindemitteln vermischt werden. Dann wird auch die vorgesehene Steigerung der Tragfähigkeiten der Schichten von unten nach oben erreicht.

Wo gute Kornabstufungen nicht erzielt werden können, ist die Verwendung von Ausfallkörnungen möglich. Hierbei ist ein Mehr an Überkorn wünschenswerter als an Fein- und Feinstkorn.

Die örtlich anzutreffenden Baustoffe bestimmen sehr häufig die Befestigungsweise. Es sind demnach gleichartige Befestigungen mit den Zuschlagstoffen aus Kies und Sand oder aus Naturgestein bzw. Hochofenschlacke anzutreffen.

4.7 Im Zeitalter der Baumaschinen und der Knappheit an Arbeitskräften muß gefordert werden, daß die Bauvorgänge maschinell durchgeführt werden. Selbst bei den häufig anzutreffenden kurzen Wegestrecken, die befestigt werden müssen, gilt diese Forderung. Es ist notwendig, daß alle Arbeiten, von der Herstellung des Erdplanums über die Behandlung des Untergrundes, die Anlieferung und Verteilung der Baustoffe, den Einbau und die Verdichtung der Befestigungsschicht, ohne Handarbeit ablaufen können.

Weiterhin ist es erforderlich, daß das Einbauen von Seitenschalungen, von Randsteinen oder dergl. auf ein Mindestmaß beschränkt wird. Durch eine Verbreiterung der unteren Tragschichten und eine entsprechende Bauanordnung ist dies heute, insbesondere auch durch die Verwendung von Gleitschalungsschienen, möglich.

Die maschinellen Bauvorgänge sollen zugleich eine größere Ebenheit herbeiführen

Diese wird bei hochwertigen Feldfrüchten unbedingt gefordert. Durch eine größere Ebenheit wird zudem die Lebensdauer der Wege erhöht und die Unterhaltung vermindert. Schließlich werden die Wegebenutzer und ihre Maschinen und Geräte geschont und deren Unterhaltungskosten gesenkt.

4. 8 Die Lebensdauer der Wegebefestigungen soll bei sachgemäßer Unterhaltung Jahrzehnte betragen. Dies ist erforderlich, weil die Herstellungskosten sehr oft erhebliche finanzielle Lasten (z. B. Tilgung von Darlehen, laufende Beiträge zur Unterhaltung) für die Wegebenutzer zur Folge haben.

In diesem Zusammenhang sei betont, daß auch Einfachbefestigungen, sofern nicht Schäden durch Erosion oder durch Überbeanspruchung entstehen, eine sehr große Lebensdauer aufweisen. Bei mehrschichtigen Befestigungen kommen als obere Tragschichten und Decken nur Bauweisen zur Anwendung, die mit den Bindemitteln Zement, Bitumen oder Teer dicht und dauerhaft hergestellt werden können.

Bei den bituminösen Befestigungen haben sich die Bauweisen bewährt, die einen gut abgestuften Kornaufbau bei ausreichender Bindemittelmenge, guter Vermischung und intensiver Verdichtung aufweisen, so daß kein Oberflächenwasser hinein oder nach unten gelangt. Auch wird dem Heißeinbau in sehr vielen Fällen der Vorzug gegeben, weil die befestigten Schichten gut verdichtbar sind, schnell abbinden und nach wenigen Stunden befahrbar sind. Ihre unteren Tragschichten halten normalerweise unbegrenzt. Doch soll auch eine Erneuerung der Decken oder oberen Tragschichten möglichst ausgeschaltet werden, denn lediglich die Decken und die Deck- und Oberflächenschutzschichten sind dem Verschleiß unterworfen.

Über ihre Lebensdauer liegen noch keine endgültigen Erfahrungen vor, zumal die entsprechenden Werte des Straßenbaues nicht auf die Befestigung ländlicher Wege übertragen werden können. Der Einfluß des Spurenfahrens auf ländlichen Wegen, der mangelnden Nachverdichtung, insbesondere in den Randzonen, ist in diesem Zusammenhang noch nicht endgültig geklärt.

4. 9 Unterhaltung

Das Netz der ländlichen Wege ist in voll ausgerüsteten Gemeinden sehr groß. Es kann z. B. in flurbereinigten Bezirken bis zu 25 km befestigter Wege auf 1000 ha ausmachen. Daher ist der Unterhaltungsaufwand durch die Auswahl einer entsprechenden Befestigungsweise von vornherein auf ein Mindestmaß zu beschränken. Zudem ist die Unterhaltung zu mechanisieren. Dies bedeutet, daß Wegebefestigungen ohne Bindemittel entweder nach dem Prinzip der Bodenverfestigung oder bei Schottertragschichten mit Ausfallkörnungen durch Überstreuen einer neuen Deckschicht erhalten werden. Treten im letzteren Falle größere Schäden auf, dann sind sie durch Aufreißen der obersten Schicht, Zufügen fehlender Kornanteile und nochmaliges Verdichten zu beseitigen. Bituminöse Befestigungen (und Zementbetondecken, falls erforderlich) sollten in der Regel durch Aufbringen (maschinell) von Oberflächenschutzschichten (Leistungen bis 1 km/h) vor Schäden bewahrt bleiben.

Die Unterhaltung der Nebenanlagen, wie Seitenstreifen, Seitengräben, Seitenschlitze, Rigolen, Durchlässe, Brücken, ist genauso wichtig wie die der Fahrbahn selbst.

Vorsorglich und gut unterhaltene Wegebefestigungen leben länger und kosten weniger als schlecht unterhaltene. Im übrigen richtet sich die Höhe der Unterhaltungskosten auch nach der Organisation der Unterhaltung. Hier dürfte eine zentrale Bearbeitung eines größeren Gebietes, das eine weitgehende Ausnutzung des notwendigen Maschinenparks gestattet oder ein günstiger Vertrag mit einem Unternehmer angebracht sein.

4. 10 Wirtschaftlichkeit

Solange die Lebensdauer der unterschiedlichen Wegebefestigungen nicht eindeutig angegeben werden kann, kann eine Wirtschaftlichkeitsberechnung nur auf sehr ungenauen Schätzungen beruhen.

Wirtschaftlichkeitsberechnungen können aus folgenden Gesichtspunkten angestellt werden:

1. aus der Sicht des Staates, der Bau und Unterhaltung der Wirtschaftswege durch Zuschüsse weitgehend fördert;
2. aus der Perspektive der Gemeinden, die für den Bau von Wegen Zuschüsse oder Darlehen gewähren und in vielen Fällen die Unterhaltungslasten allein auf sich nehmen;
3. mit den Augen der Grundstückseigentümer, die einen Teil der Herstellungs- und Unterhaltungskosten übernehmen müssen, und zwar meist durch anteilige Tilgung von Darlehen oder durch immerwährende Beiträge;
4. als privatwirtschaftliche Gegenüberstellung der Herstellungs-, Erneuerungs- und Unterhaltungskosten mit den erzielten oder erzielbaren Vorteilen der Wegebenutzer. Hierbei müssen längere Zeitabstände zugrunde gelegt werden.

Die unter 4. angeführte Berechnungsart liefert vergleichbare Ergebnisse von Bauweisen.

4. 11. In der folgenden Aufstellung werden Vorschläge für Standardbauweisen gemacht. Ihre Beschreibung erfolgt im „Merkblatt für die Befestigung land- und forstwirtschaftlicher Wege“ der Forschungsgesellschaft f. d. Straßenwesen und in den Richtlinien für den landwirtschaftlichen Wirtschaftswegebau (RLW) des Kuratoriums für Kulturbauwesen.

Aus den Standardbauweisen II sollten später die Bauverfahren 5 und 6 herausgenommen werden, weil bei Ihnen keine volle Mechanisierung möglich ist.

Die Einführung der Standardbauweisen soll zu gleichmäßig guten Befestigungen führen. Dies wird dadurch erreicht, daß sowohl die Unternehmer und deren Beauftragte als auch die Auftraggeber und ihre Dienstkräfte nur wenige Verfahren kennen müssen, die zudem in möglichst gleichbleibendem Aufbau angewandt werden. Veranschlagung, Bauausführung und Bauaufsicht werden in bedeutendem Maße vereinfacht und vereinheitlicht. Diese Tatsachen werden letztlich zu günstigen Preisen bei bewährten und sicheren Bauweisen führen.

Vorschlag: Standardbauweisen I		Wegbefestigungen					Standardbauweisen II	
Bezeichnung		1	2	3	4	5	6	7
Deck- schicht bzw. Oberflä- chenschutz- schichten	Decke	Tragschichten ohne Bindemittel wie Schotter- Splitt-Sand- gemische korngestuft (15-25cm) oder unsortiert (15-30 cm) oder Kiessand korngest. (mechan. Bo- denverfesti- gung) (= 12 cm) oder unsortiert (15-30 cm)	Bituminöse Deckschichten oder Oberflächenschutz- schichten	Zement- beton- decken	Mit korngestuftem bituminö- sem Mischgut eingest- reute Schotter- tragschicht (8-10 cm)	Mit Zement- oder Traßkalk- mörtel verfüllte Schotter- tragschicht (12-14 cm)	Pflaster- decken aus Beton(ver- bund)steinen (8 cm) oder Klinker auf Sandbett	
Obere Trag- schicht		Boden- verfestigung mit Zement oder Bitumen oder Teer *)	korngestufte bituminöse Tragschicht- ten (Kies, Gestein) (4-10 cm)	Kiessand, Sand oder Gestein, korngestuft (10-20 cm)	Gestein korngestuft (15-25 cm) oder unsortiert (15-30 cm)	Sand Kiessand (10-25 cm) oder Gestein, korngestuft (15-25 cm)		
Untere Tragschicht	verdichteter Untergrund	verdichteter Untergrund	verdichteter oder kernverbesselter oder kalkverfestigter Untergrund	anstehender nicht verdichteter Untergrund				
behandelter Untergrund	nicht behandelter Untergrund	anstehender nicht verdichteter Untergrund						

*) Bei der Verfestigung eingebrachter Böden ggf. auf einer Tragschicht aus Sand bzw. Kiessand.

4. 12 In der Praxis kann bereits eine merkliche Tendenz zur praktischen Anwendung bestimmter Bauweisen festgestellt werden. So wurden in den Jahren 1961 und 1962 im Land Nordrhein-Westfalen folgende Befestigungen angewandt:

Art der Wegebefestigung	Länge km	Anteil %	durchschnittl. Kosten DM/ha
Befestigung ohne Bindemittel	2170	37,1	30 000
bituminöse Befestigungen (z. B. Streumakadam, Heiß- bitumenkies)	3360	57,6	41 000
Zementbetondecken	200	3,4	50 000
Zement-Traßkalk-Schotterdecken	29	0,5	40 000
Bodenverfestigungen	70	1,2	41 000
Pflasterdecken	11	0,2	54 000
	5840	100,0	-

4. 13 Abschließend kann festgestellt werden, daß für die praktische Ausführung von Wegebefestigungen in sicheren und bewährten Bauweisen genügend Erfahrungen vorliegen. Deren Anwendbarkeit als Standardbauweisen sollte von allen maßgebenden Stellen erwogen werden. Dann ist zu erwarten, daß Wegebefestigungen

- mit tragbaren Herstellungskosten,
- mit langer Lebensdauer,
- maschinell hergestellt,
- einfach und mit geringem Aufwand unterhalten werden können.

Wissenschaft und ausführende Stellen sollten die laufenden und künftigen Versuche weiter beobachten und die Ergebnisse auswerten und veröffentlichen. Eine Änderung der Standardbauweisen sollte aber nur dann vorgenommen werden, wenn bessere und wirtschaftlichere Baumethoden die altbekannten und bewährten ersetzen können.

Verzeichnis der bisher erschienenen Hefte

- Heft 1: „Die Vorplanung der Flurbereinigung und Aussiedlung in der Gemarkung Hechingen“, im Eugen Ulmer Verlag in Ludwigsburg (Württemberg).
- Heft 2: „Die landschaftliche Gestaltung in der Flurbereinigung (Der Landschaftspflegeplan für den Dümmer)“, im Landbuch Verlag GmbH. in Hannover.
- Heft 3: „Die Flurbereinigung und ihr Verhältnis zur Kulturlandschaft in Mittelfranken“, im Erich Schmidt Verlag, Berlin/Bielefeld.
- Heft 4: „Die Vorplanung für die Flurbereinigung“, im Eugen Ulmer Verlag in Ludwigsburg/Württemberg.
- Heft 5: „Vorträge über Flurbereinigung, gehalten auf dem 38. Deutschen Geodätag in Karlsruhe“, im Verlag Konrad Wittwer in Stuttgart.
- Heft 6: „Flurzersplitterung und Flurbereinigung im nördlichen und westlichen Europa“, im Eugen Ulmer Verlag in Ludwigsburg (Württemberg).
- Heft 7: „Luftphotogrammetrische Vermessung der Flurbereinigung Bergen“, bei Kleins Druck- und Verlagsanstalt in Lengerich (Westfalen).
- Heft 8: „Probleme und Auswirkung der Flurbereinigung im Zusammenhang mit dem Wiederaufbau reblausverseuchter Weinberggemarkungen, untersucht an einer vor 15 Jahren bereinigten Gemeinde an der Nahe“, bei Kleins Druck- und Verlagsanstalt in Lengerich (Westfalen).
- Heft 9: „Untersuchungen über den Einfluß der Bodenerosion auf die Erträge in hängigem Gelände“, im Eugen Ulmer Verlag in Stuttgart.
- Heft 10: „Befestigte landwirtschaftliche Wege in der Flurbereinigung als Mittel zur Rationalisierung der Landwirtschaft“, bei Kleins Druck- und Verlagsanstalt in Lengerich (Westfalen).
- Heft 11: „Die älteren Flurbereinigungen im Rheinland und die Notwendigkeit von Zweitbereinigungen“, bei Kleins Druck- und Verlagsanstalt in Lengerich (Westfalen).
- Heft 12: „Die Verwendung des Lochkartenverfahrens bei der Flurbereinigung“, im Eugen Ulmer Verlag in Stuttgart.
- Heft 13: „Die Flurbereinigung in Italien“, im Eugen Ulmer Verlag in Stuttgart.
- Heft 14: „Bodenschutz in der Flurbereinigung“, bei Kleins Druck- und Verlagsanstalt in Lengerich (Westfalen).
- Heft 15: „Wirtschaftliche Auswirkungen von Maßnahmen zur Verbesserung der Agrarstruktur im Rahmen der Flurbereinigung“, im Eugen Ulmer Verlag in Stuttgart.
- Heft 16: „Gutachten zu einer Neuordnung des ländlichen Raums durch Flurbereinigung“, bei Kleins Druck- und Verlagsanstalt in Lengerich (Westfalen).
- Heft 17: „Untersuchungen über verbundene Flurbereinigungs- und Aussiedlungsverfahren in Baden-Württemberg (Betriebswirtschaftliche Auswirkungen)“, bei Kleins Druck- und Verlagsanstalt in Lengerich (Westfalen).

- Heft 18: „Die Wiederaufsplitterung nach der Flurbereinigung in Unterfranken“, im Erich Schmidt Verlag Berlin/Bielefeld.
- Heft 19: „Die Aussiedlung im Flurbereinigungsverfahren“, im Eugen Ulmer Verlag in Stuttgart.
- Heft 20: „Die Beanspruchung landwirtschaftlicher Wirtschaftswege im Hinblick auf eine steigende Mechanisierung der Landwirtschaft“, bei Kleins Druck- und Verlagsanstalt in Lengerich (Westfalen).
- Heft 21: „Landwirtschaft und Bevölkerung des Siegerlandes unter den Einflüssen industrieller und landeskultureller Wirkkräfte“, bei Kleins Druck- und Verlagsanstalt in Lengerich (Westfalen).
- Heft 22: „Landschaftspflege und Flurbereinigung“, im Eugen Ulmer Verlag in Stuttgart.
- Heft 23: „Auswirkungen der Flurbereinigung und Aussiedlung auf die Frauenarbeit im bäuerlichen Familienbetrieb“, im Eugen Ulmer Verlag in Stuttgart.
- Heft 24: „Integralmelioration von Geestrandmooren, dargestellt am Beispiel der Flurbereinigung Harkebrügge, Kreis Cloppenburg“, im Eugen Ulmer Verlag in Stuttgart.
- Heft 25: „Bewertungsgrundsätze und Schätzungsmethoden in der Flurbereinigung und deren Folgemaßnahmen“, im Eugen Ulmer Verlag in Stuttgart.
- Heft 26: „Die Anwendung der Luftbildmessung in der Flurbereinigung“, bei Kleins Druck- und Verlagsanstalt in Lengerich (Westfalen).
- Heft 27: „Auswirkungen der Flurbereinigung und Wirtschaftsberatung in der Gemeinde Schafheim“, im Eugen Ulmer Verlag in Stuttgart.
- Heft 28: „Agrarplanung als Grundlage der Flurbereinigung und anderer landwirtschaftlicher Strukturverbesserungen in städtisch-industriellen Ballungsräumen“, im Eugen Ulmer Verlag in Stuttgart.
- Heft 29: „Wirtschaftliche Auswirkungen von Maßnahmen zur Verbesserung der Agrarstruktur im Rahmen der Flurbereinigung nach Untersuchungen in acht Dörfern (Weiterführung des Heftes 15)“, im Eugen Ulmer Verlag in Stuttgart.
- Heft 30: „Die Flurbereinigung von Waldflächen“, im Eugen Ulmer Verlag in Stuttgart.
- Heft 31: „Bodenerhaltung in der Flurbereinigung“, bei Kleins Druck- und Verlagsanstalt in Lengerich (Westfalen).
- Heft 32: „Anforderungen des landwirtschaftlichen Betriebes an die Anlage und den Ausbau des Wirtschaftswegenetzes“, bei Kleins Druck- und Verlagsanstalt in Lengerich (Westfalen).
- Heft 33: Die wirtschaftlichen Grenzen der mechanisierten Bodennutzung am Hang und ihre Bedeutung für eine Bewertung hängiger Grundstücke in der Flurbereinigung, im Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.
- Heft 34: „Die Schätzungsmethoden der Flurbereinigung in den deutschen Ländern und im benachbarten Ausland“, im Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.
- Heft 35: „Die Entwicklung der Vorplanung in der Praxis der Flurbereinigung“, im Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.
- Heft 36: „Untersuchungen über Gemeinschaftsobstanlagen in Baden-Württemberg“, im Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.

Bild 1:
Schafffußwalze zum
Verdichten bindiger Böden

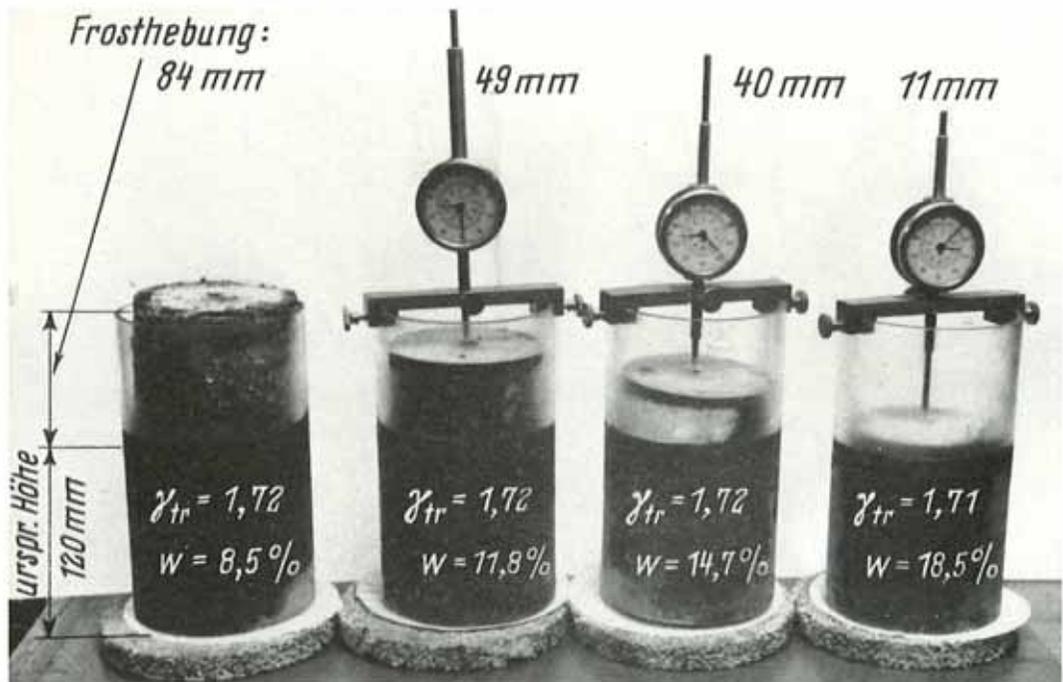


Bild 2: Zu trocken verdichtete, bindige Böden bilden beim Gefrieren wesentlich stärker Eislinsen als Böden, die knapp über dem optimalen Wassergehalt nach Proctor verdichtet wurden

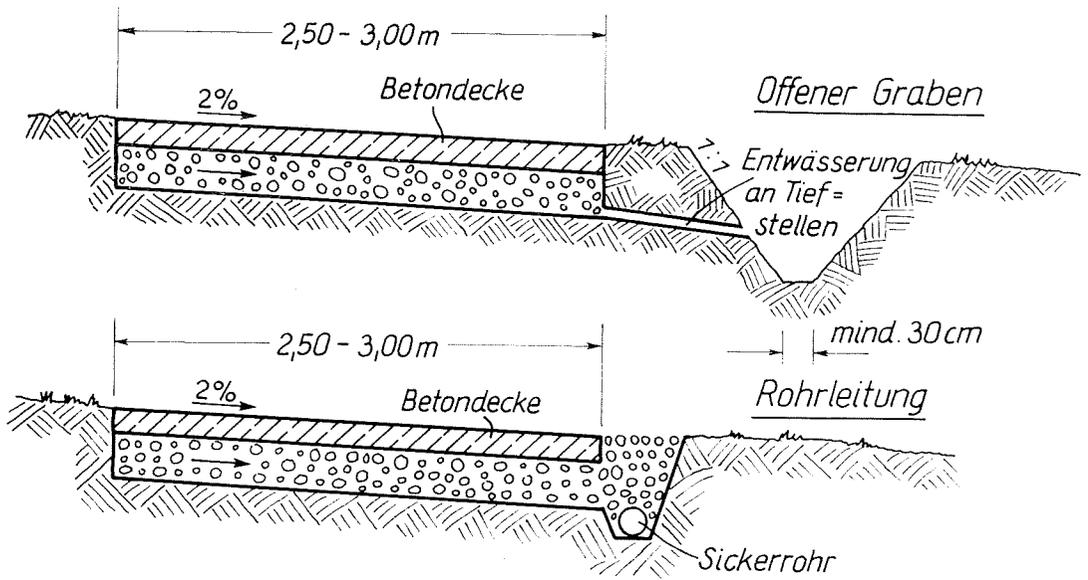


Bild 3: Entwässerung von Betonwirtschaftswegen bei wasserundurchlässigem Untergrund (Hahn)



Bild 4: Lagerung der Betonzuschlagstoffe nach Korngruppen getrennt (Hahn)

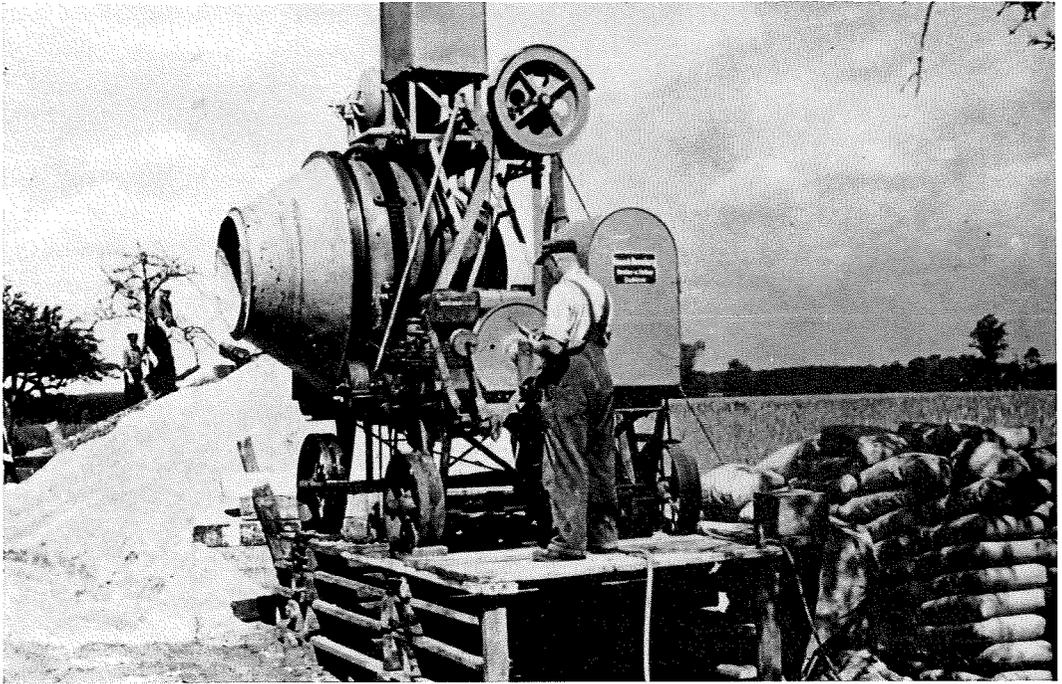


Bild 5: Betonmischer aufgebockt zum direkten Entladen auf LKW (Hahn)



Bild 6: Höhenlage der Schalungshölzer wird überprüft (Burghard)



Bild 7: Befestigen der Fugenbretter (Burghard)

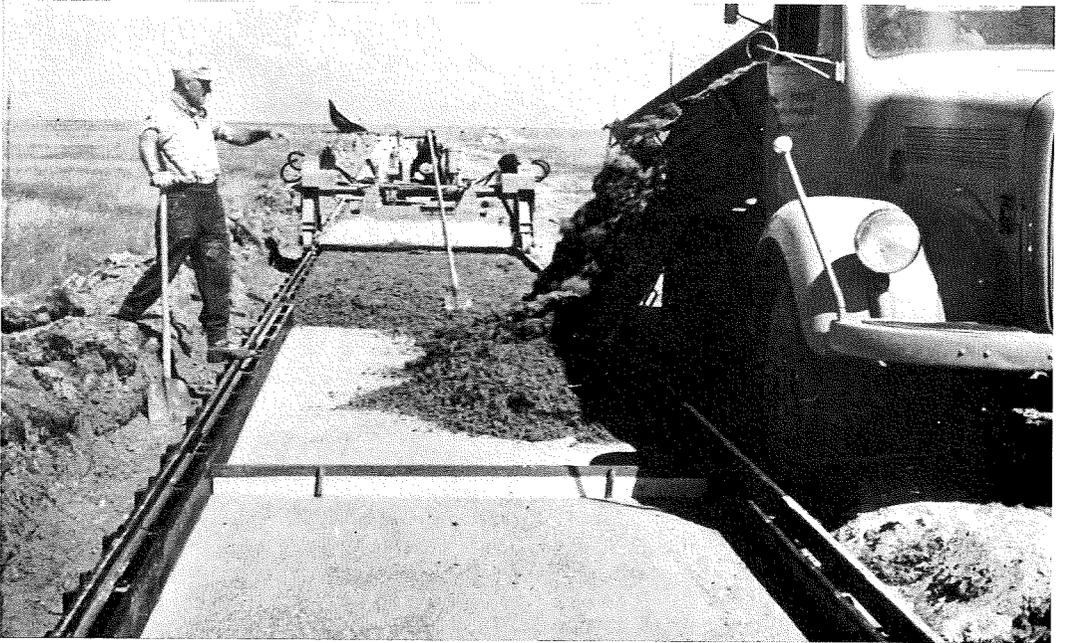


Bild 8: Schütten des Betons. Im Hintergrund steht der Fertiger bereit (Hahn)

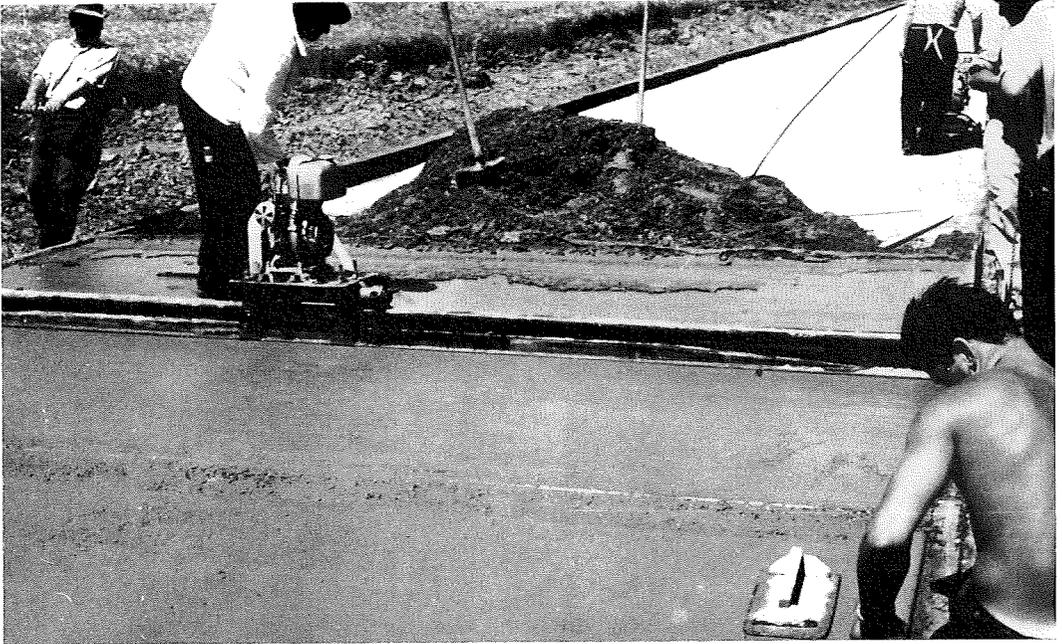


Bild 9: Verdichten des Betons mit einfacher Rüttelbohle (Hahn)

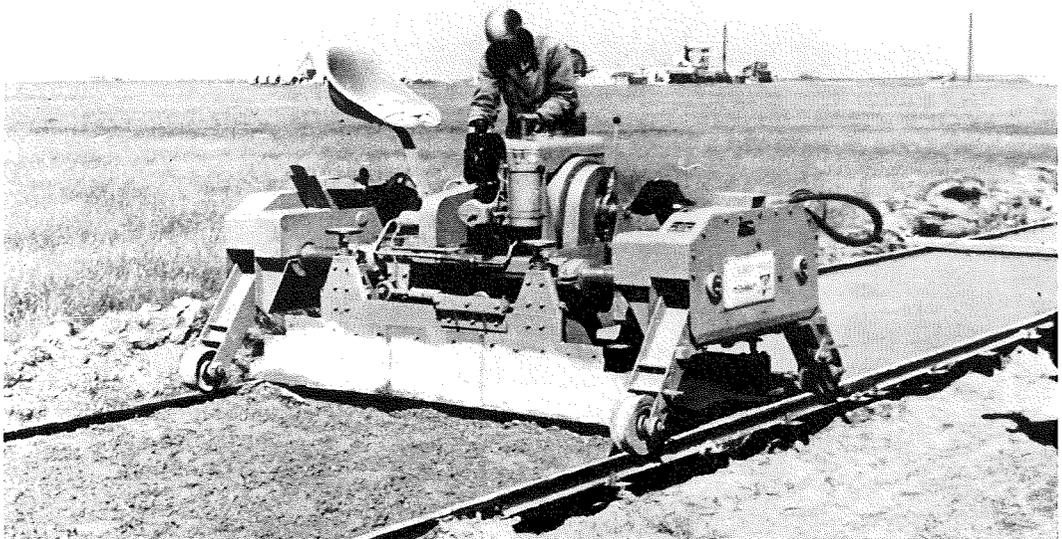


Bild 10: Betonstraßenfertiger für Wirtschaftswege (Hahn)

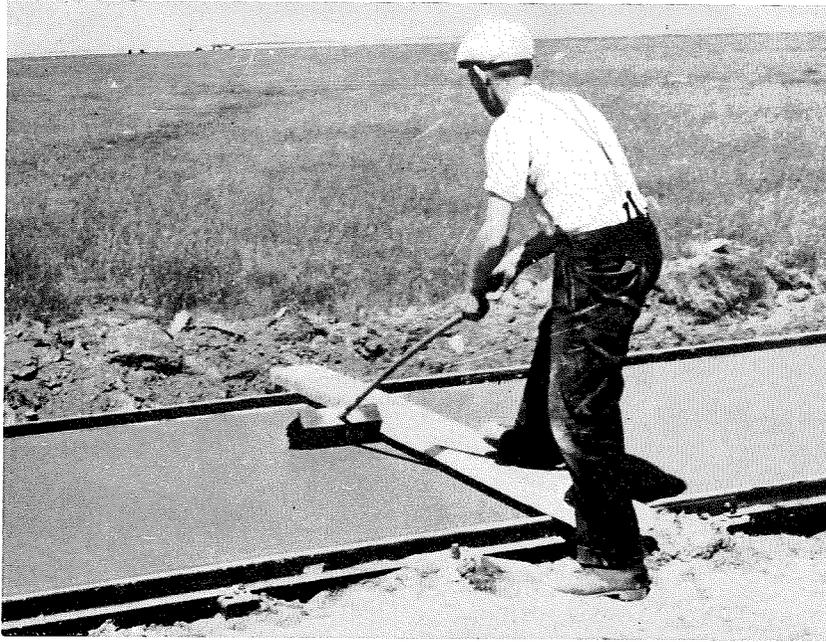


Bild 11:
Mit dem Besenstrich
wird die überschüssige
Schlempe abgezogen
(Hahn)

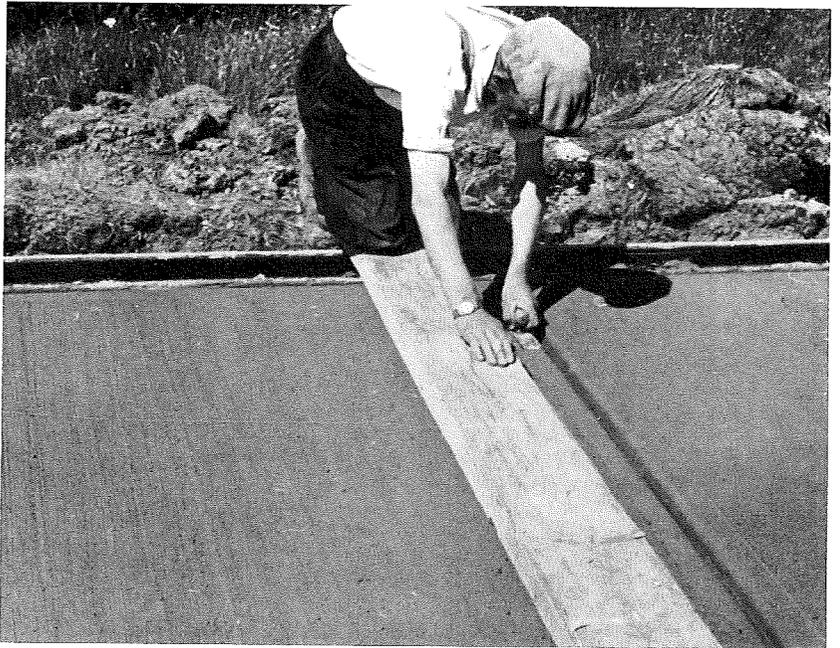


Bild 12:
Nacharbeiten der
Fuge (Hahn)

Bild 13:
Nacharbeiten des
Deckenrandes mit
besonders geformter
Kelle (Burghard)

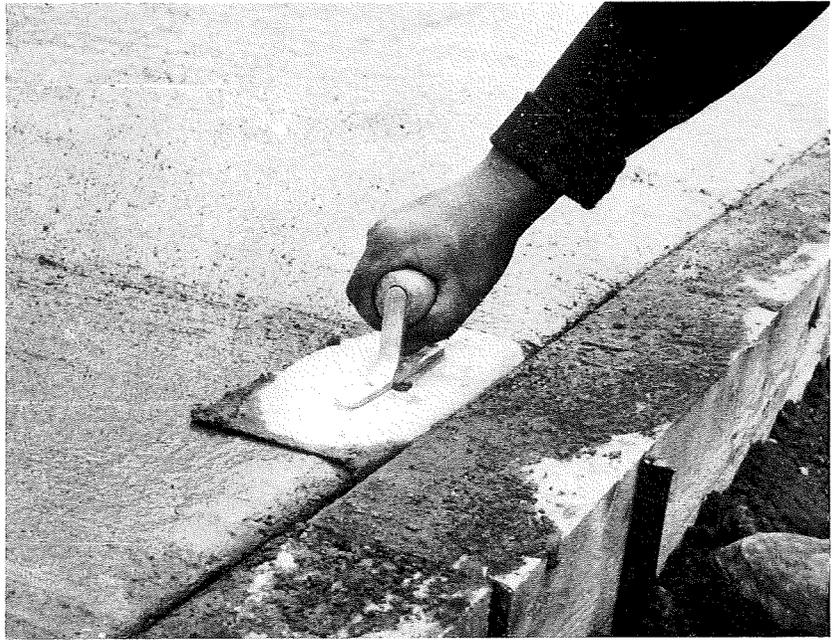


Bild 14: Aufsprühen des Nachbehandlungsfilmes (Hahn)

Bild 15:
Zu früh befahrener
Betonwirtschaftsweg
(Burghard)

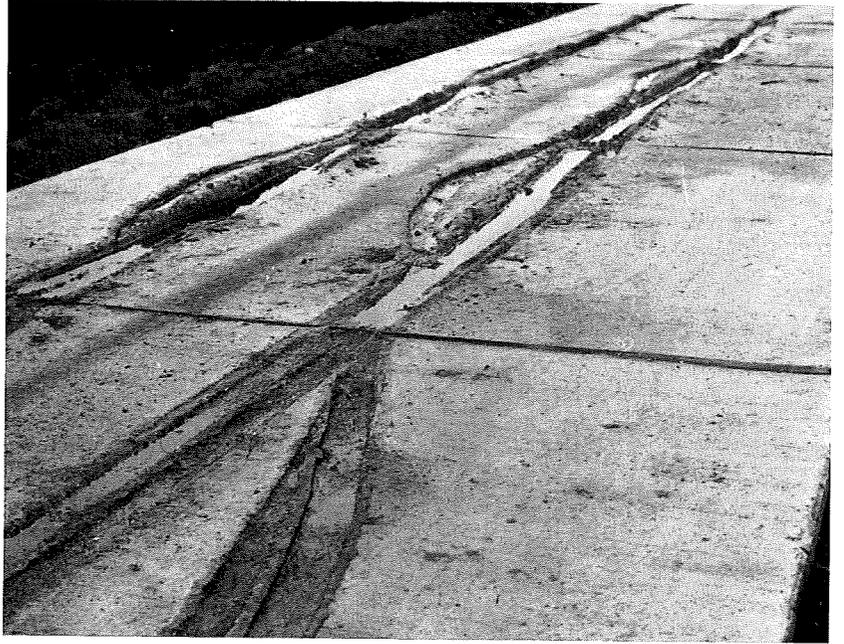


Bild 16:
Betonspurbahn
(Hahn)

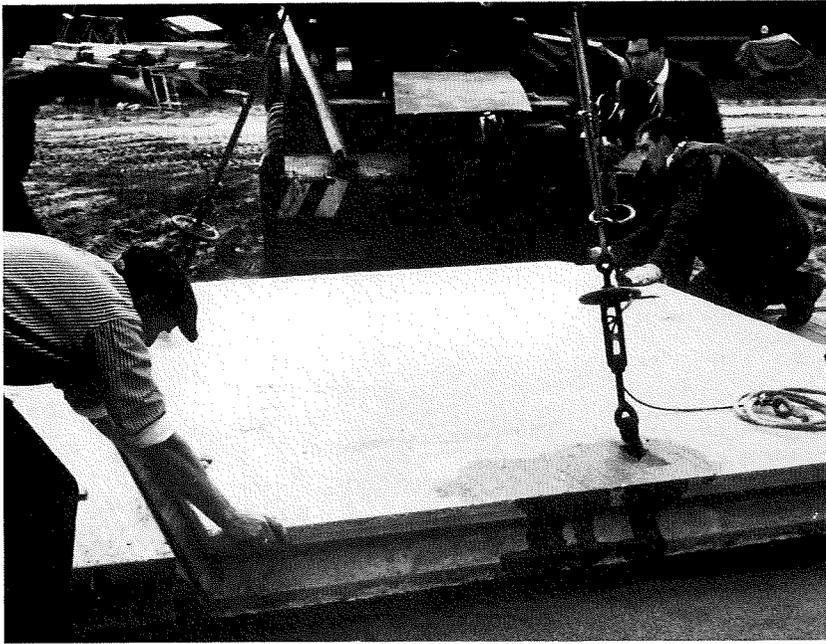


Bild 17:
Fertigbetonplatte
mit Nut- und
Federverbindung



Bild 18:
Rüttelwalze
beim Bau einer
Zementschotter-
Decke (Burghard)

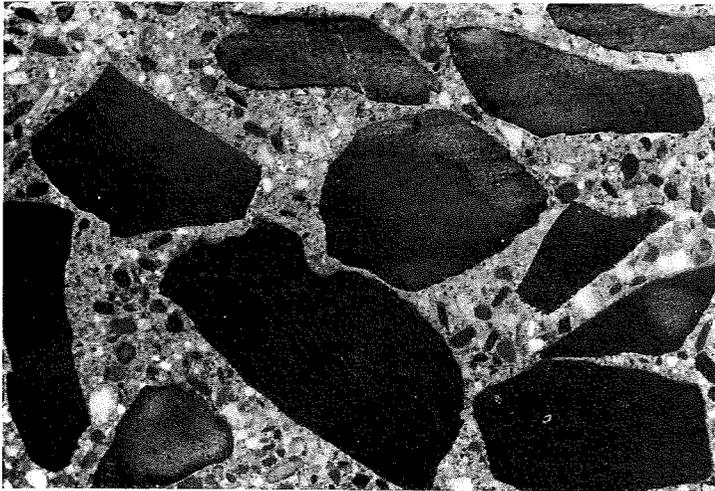


Bild 19:
Querschnitt durch einen
Zementschotter-Probekörper



Bild 20: Rauhe Oberfläche eines Zementschotter-Weges im Gebirge (Burghard)

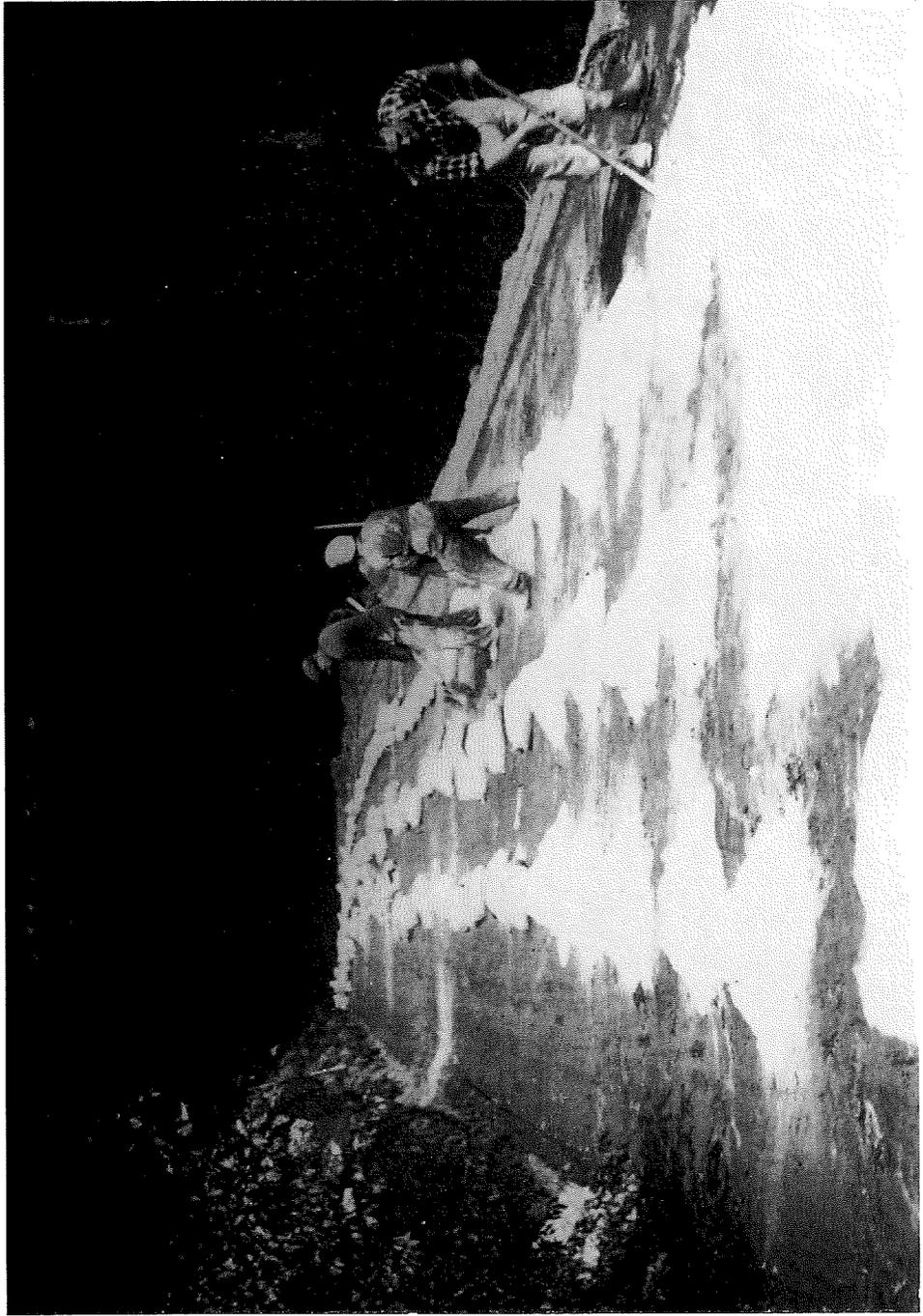


Bild 21: Verteilen des Zementes bei einer Bodenverfestigung

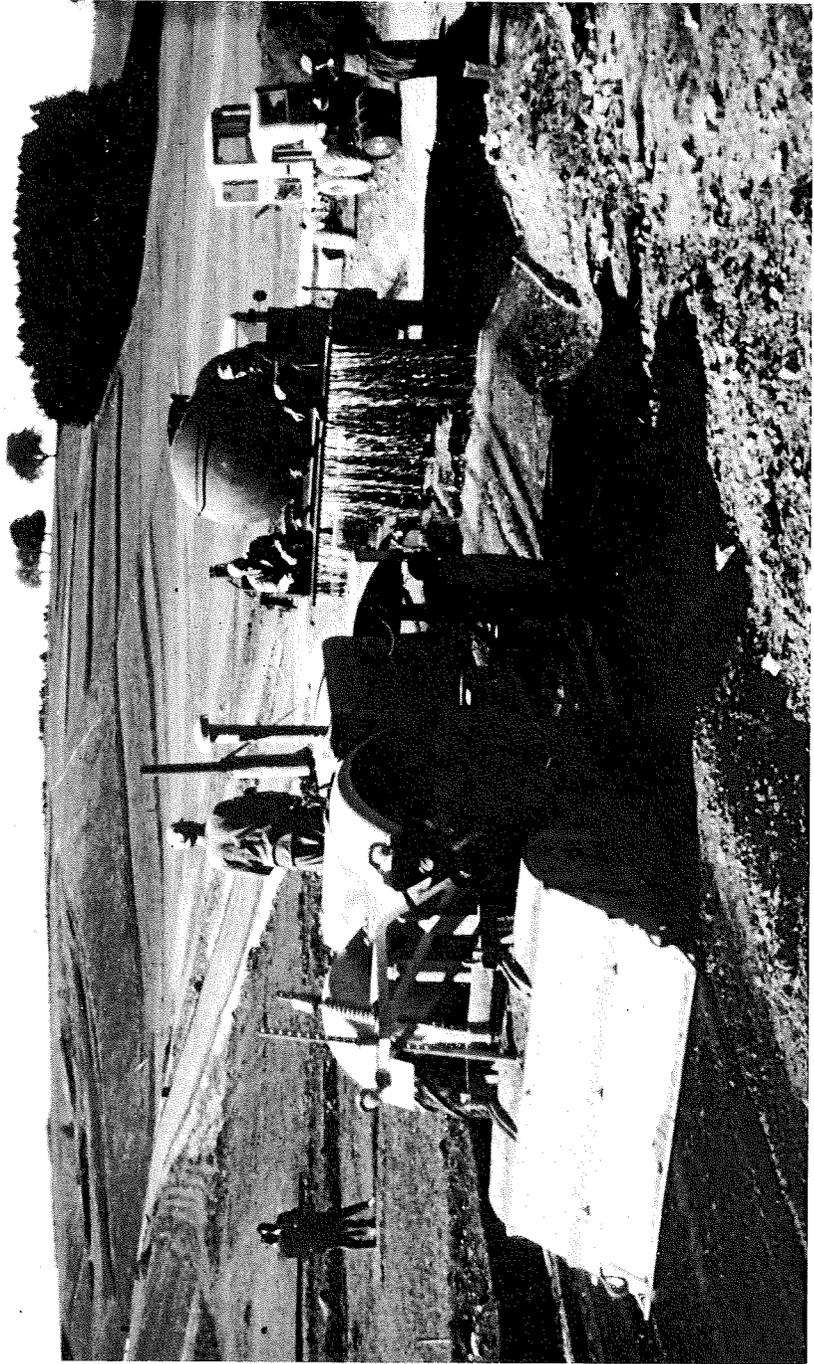


Bild 22: Mehrgang-Bodenmischmaschine beim Bau einer Bodenverfestigung



Bild 23: Eingang-Bodenmischmaschine

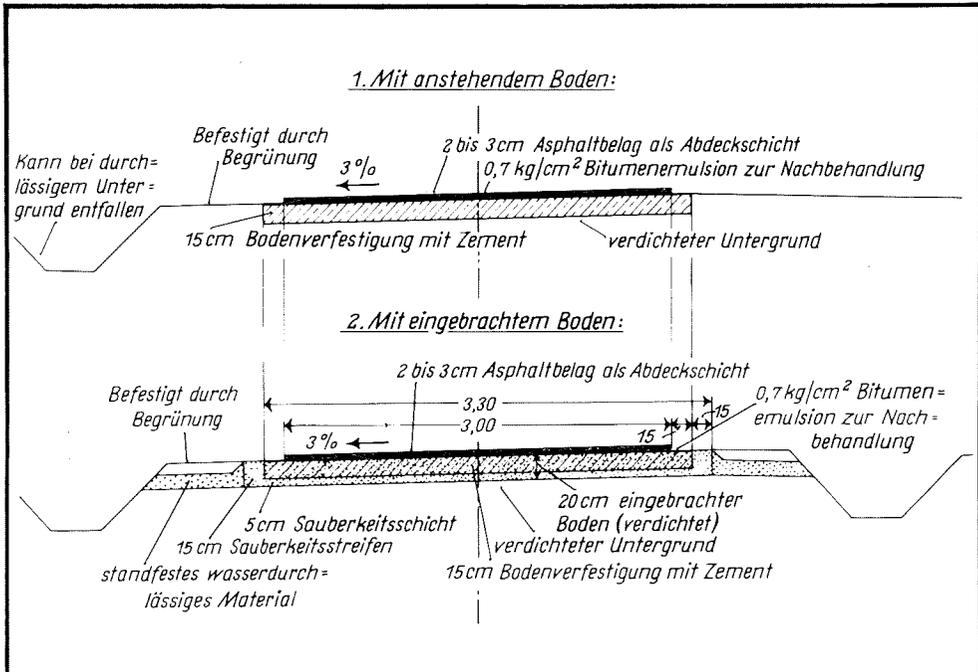


Bild 24: Regelquerschnitt für Wirtschaftswege mit bodenverfestigter Tragschicht

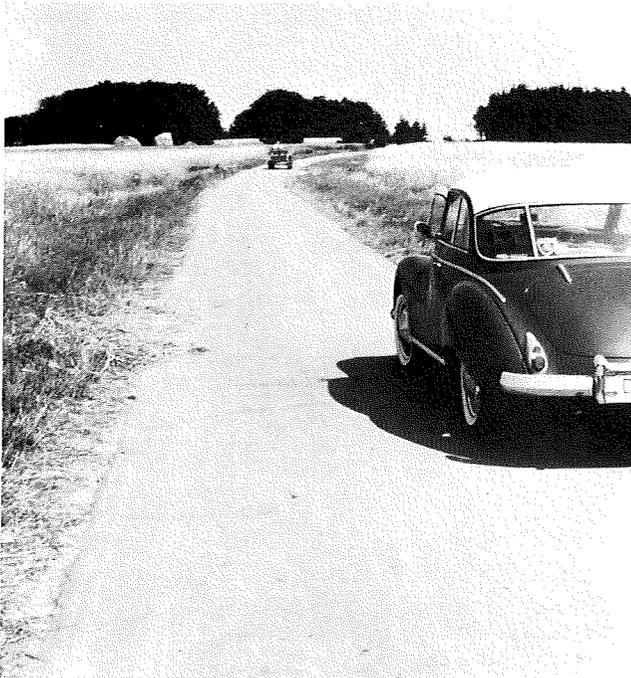


Bild 25:
Wirtschaftsweg in Norddeutschland
mit Aufbau nach Bild 24 unten



Bild 26: Verlegen von Betonpflastersteinen (ASG)

Bild 27:
Ausbildung von Kurven bei
Verbundpflastersteinen (ASG)

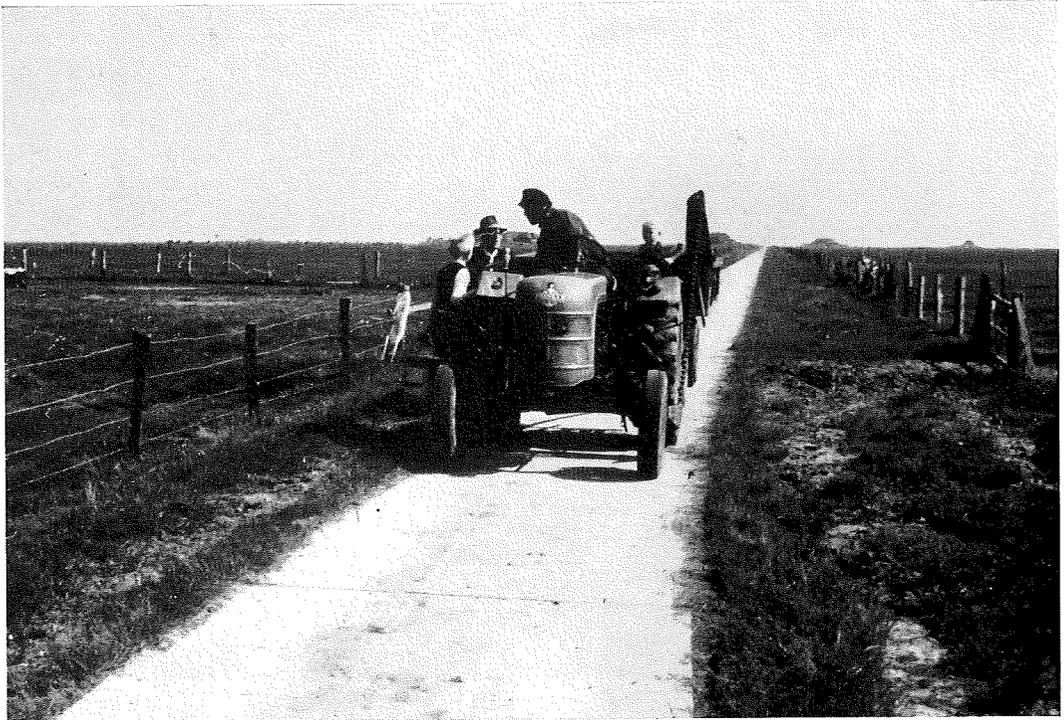
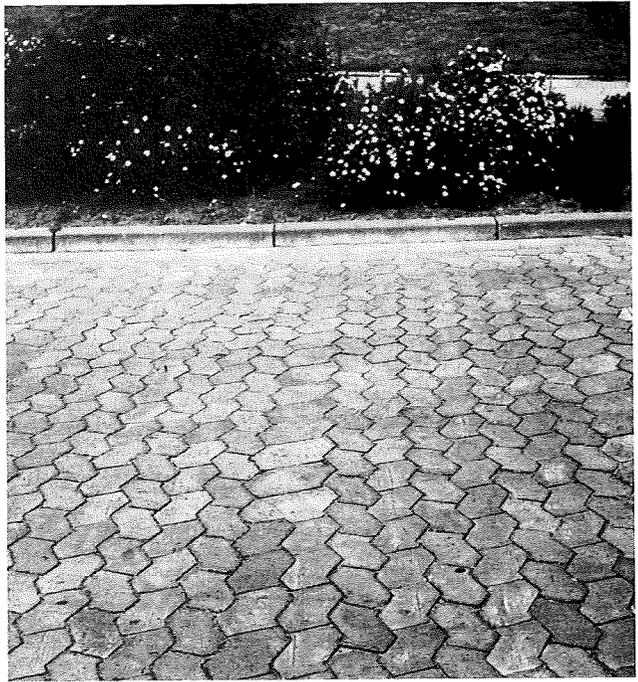


Bild 28: Betonstraße mit wenig Unterhaltungsarbeit und gefälligem Einfügen in die Landschaft (Hahn)

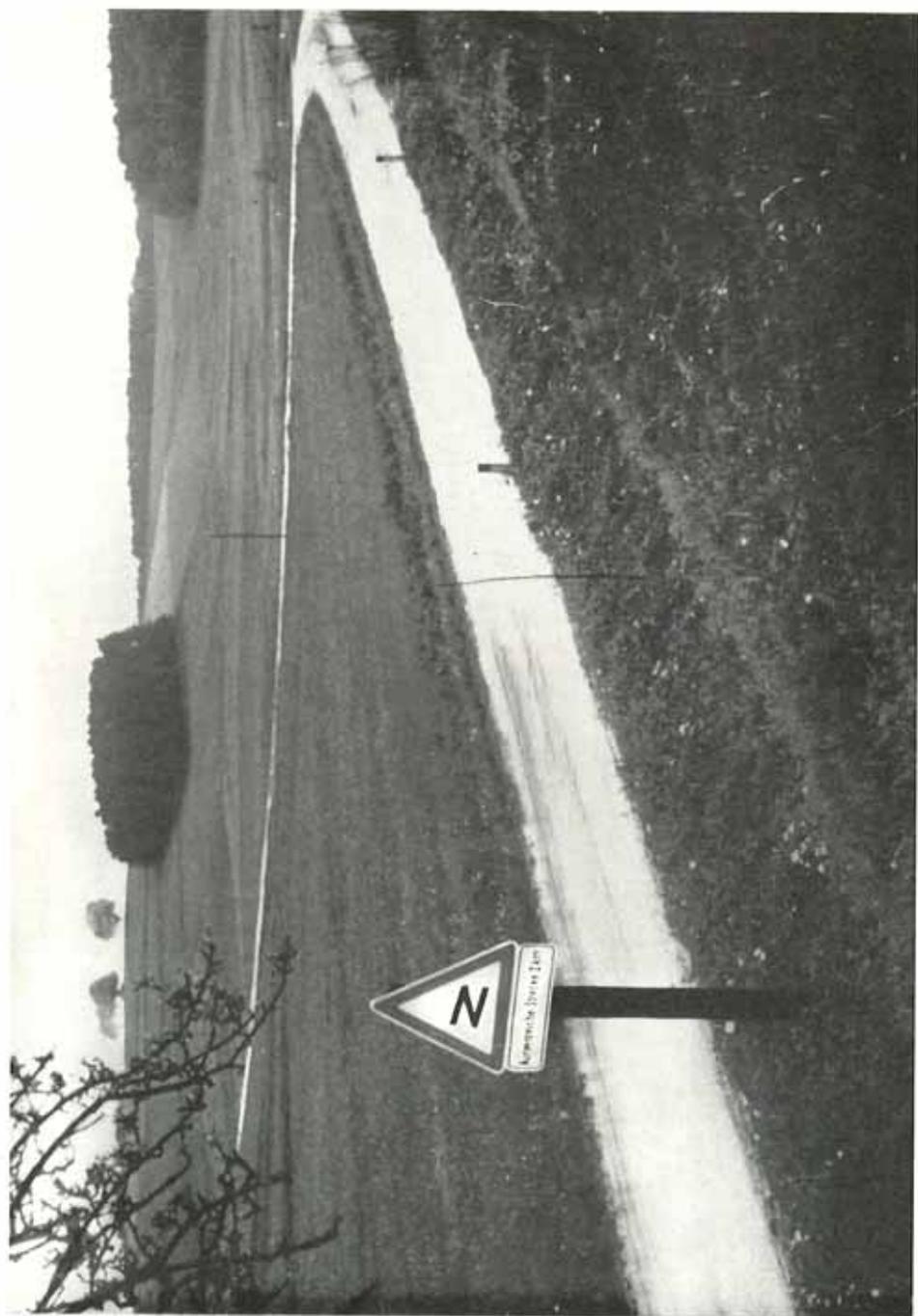


Bild 29: Wirtschaftsweg von Bild 22 mit zementverfestigter Tragschicht nach 3 Jahren