

Zement im Straßen- und Wegebau*)

Von Rupert Springenschmid, Düsseldorf

1. Anforderungen an Straßen

Von einer Straße verlangt der Autofahrer heute als wichtigste Forderung, daß sie eben ist. Als Zweites kommt hierzu noch, daß die Oberfläche, auch bei nassem Wetter, griffig bleibt. Alle anderen Eigenschaften einer Straßenkonstruktion sind für den Autofahrer weniger bedeutungsvoll.

Während die Griffigkeit ausschließlich Sache der Oberfläche ist, muß es als Aufgabe der gesamten Straßenkonstruktion angesehen werden, das Gewicht der Fahrzeuge über eine möglichst große Fläche zu verteilen, so daß im Untergrund nur mehr geringe Drücke auftreten, die aufgenommen werden können, ohne die Ebenheit der Straßendecke zu beeinträchtigen.

Da die meisten Böden des Untergrundes einen Teil ihrer Tragfähigkeit bei starker Durchfeuchtung verlieren, muß der Untergrund gut entwässert sein und das Eindringen von Niederschlagswasser durch eine wasserdichte Decke verhindert werden.

Die senkrechten Druckbeanspruchungen der Straße durch den Autoverkehr sind im Vergleich zu den Betonfestigkeiten sehr niedrig. Sie liegen nur wenig über dem Innendruck der Gummiereifen, also unter 10 kg/cm^2 . Dieser Druck wirkt bei hoher Fahrgeschwindigkeit oft nur $\frac{1}{100}$ Sekunde lang auf die Straßenoberfläche. Dadurch kann eine stoßartige Beanspruchung entstehen, die je nach Verkehrsdichte in rascher Aufeinanderfolge auftritt: man rechnet heute in einer Fahrspur einer schwer belasteten Autobahn mit bis zu 2000 Fahrzeugen je Stunde oder bis zu 20 Mill. Lastwechsel im Jahr.

Der Straßenkörper muß darum nicht nur auf Grund der höchsten Achslast, sondern auch unter Berücksichtigung der Verkehrsdichte, insbesondere der Dichte des Lastwagenverkehrs, bemessen werden. Er wird in einzelnen Schichten aufgebaut, deren Dicke sich auch nach der Beschaffenheit des Untergrundes richten muß.

2. Schwer belastete Straßen

2.1 Die Autobahnen der Vorkriegszeit

Die ersten Betondecken sind in Deutschland schon vor der Jahrhundertwende gebaut worden. Vor dem Kriege kamen auf den deutschen Autobahnen fast ausschließlich Betondecken zur Ausführung. Im Laufe der letzten 25 Jahre haben diese Autobahnen

*) Vortrag auf der Zement-Tagung des Vereins Deutscher Zementwerke vom 13. bis 15. September 1960 in Salzburg.



Bild 1 Autobahn Augsburg—Stuttgart, die vor dem Kriege gebaut wurde. Strecken, die auf gutem Untergrund liegen, unterscheiden sich äußerlich heute nur wenig von den Autobahnen der letzten Zeit

einen Verkehr aufgenommen, wie er zur Zeit ihres Baues in Europa nicht bekannt war und für den sie daher auch nicht bemessen worden sind. Die Betondecke hat trotzdem den schweren Belastungen durch den Güterverkehr besser standgehalten als dies eine andere Deckenkonstruktion vermocht hätte (Bilder 1 und 2).

Der bauliche Zustand der Autobahnen wurde in den Jahren 1956 bis 1959 unter Leitung von Prof. R. Dittrich von der Bundesanstalt für Straßenbau untersucht. Es konnte festgestellt werden, daß der Deckenbeton auf 80 bis 85 % der Strecken auch den heutigen, wesentlich gesteigerten Anforderungen entspricht. Die aufgetretenen Setzungen und Plattenbrüche wurden größtenteils durch den schweren Verkehr verursacht, für den vor allem das Verhalten des Unterbaus und Untergrunds, gemessen an den heutigen Erkenntnissen, noch nicht ausreichend berücksichtigt wurde.

Außerdem wurden damals zum Teil keine Stahlbewehrungen, vielfach keine Verdübelungen der Fugen und keine ausreichenden Entwässerungsanlagen vorgesehen. In einigen Fällen ist die Betondecke ohne Einbau einer Frostschutzschicht direkt auf frostgefährdeten Untergrund verlegt worden. Schließlich wurden die unter der Decke liegenden Schichten nach heutigen Gesichtspunkten zu wenig verdichtet, weil man damals die Bedeutung der Untergrundverdichtung noch nicht voll erkannt und auch keine ausreichenden Möglichkeiten hierzu hatte.

Eine Folge davon war, daß durch die Verkehrsstöße im Unterbau und Untergrund eine zunehmende Verdichtung entstand, die vor allem unter unverdübelten Fugen groß war. Dort lag die Fahrbahnplatte nicht mehr satt auf dem Untergrund auf; sie brach dann in etwa 2 bis 3 m Abstand von der Querfuge.

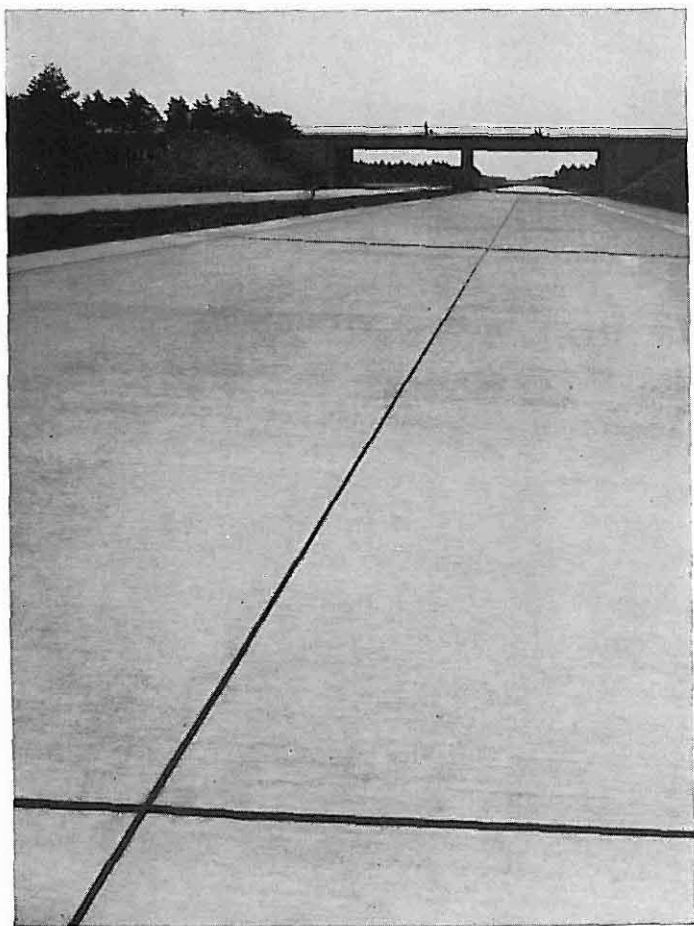


Bild 2 Autobahn Hamburg—Hannover

2.2 Unterbau moderner Decken

Kennzeichnend für den heutigen Straßenbau ist die größere Beachtung der Aufgabe, die dem Unterbau und Untergrund zukommt. Dies gilt sowohl für Betondecken als auch für Pflasterdecken und bituminöse Bauweisen.

Bei allen Autobahnen und stärker belasteten Straßen wird heute eine Schicht aus Kiessand als Frostschutz bis zu einer Tiefe von 60 bis 80 cm unter der Fahrbahnoberfläche eingebaut. Um eine Nachverdichtung der Frostschutzschicht zu verhindern und die Tragfähigkeit der Gesamtkonstruktion zu erhöhen, kann man vor dem Verdichten in die obersten 15 cm dieser Schicht etwa 130 kg/m^3 Zement einmischen. Auf diese Weise wird die Frostschutzschicht für die schweren Fahrzeuge des Baustellenverkehrs gut befahrbar. Durch solche Maßnahmen werden natürlich auch die Deckenarbeiten erleichtert (Bilder 3 und 4).

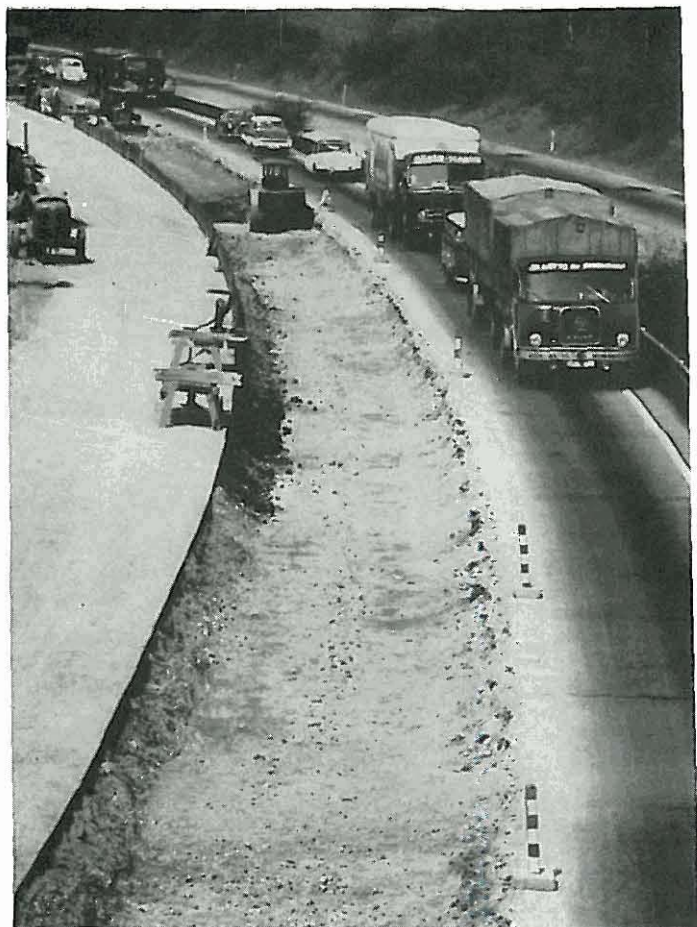


Bild 3 Bau einer Kriechspur (links) und Neubau der Fahrspur bei der Wiedbachtalbrücke (Autobahn Köln—Frankfurt). Bis tief unter der Fahrbahn wird ausgekoffert, um eine dicke Schicht Kiessand als Frostschutz einzubringen. Die obersten 15 cm der Frostschutzschicht werden mit Zement verfestigt, bevor die Betondecke darauf gebaut wird

Seit 1954 wurden auf vielen Autobahnstrecken und Flugplätzen die obersten 15 oder 20 cm der Frostschutzschicht derart verfestigt, wobei man auf mindestens 7 Mill. m², das ist mehr als die Hälfte aller Neubauten, Zement als Bindemittel verwendete (Zementverfestigung). Solche Verfestigungen sind unter Betondecken nur auf sehr schwer belasteten Strecken erforderlich.

Die Bemessung der Dicke von Straßendecke und Unterbau gehört zu den schwierigsten Problemen des Bauwesens.

Zementgebundene Schichten wie Betondecken und Bodenverfestigungen mit Zement können als nur elastisch verformbar angenommen werden und verhalten sich daher anders als solche aus Naturstein oder bituminösen Bindemitteln, die sowohl ela-

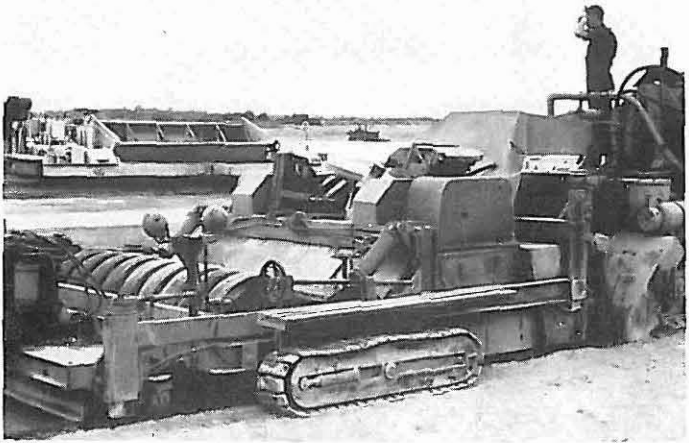


Bild 4 Am Flugplatz Düsseldorf-Lohausen wurden die obersten 20 cm der Frostschutzschicht mit Zement verfestigt (vorne), bevor darüber eine 30 cm dicke Betondecke kam (hinten). Der Zement wurde am Boden verteilt (ganz vorne), dann fuhr das Mischgerät langsam über die Strecke und wirbelte den Kiessand mit 3 horizontalen Fräswellen auf und mischte ihn unter Wasserbeigabe mit dem vorher ausgebreiteten Zement. Gummiradwalze und Rüttelbohle (links am Mischgerät) glätten und verdichteten

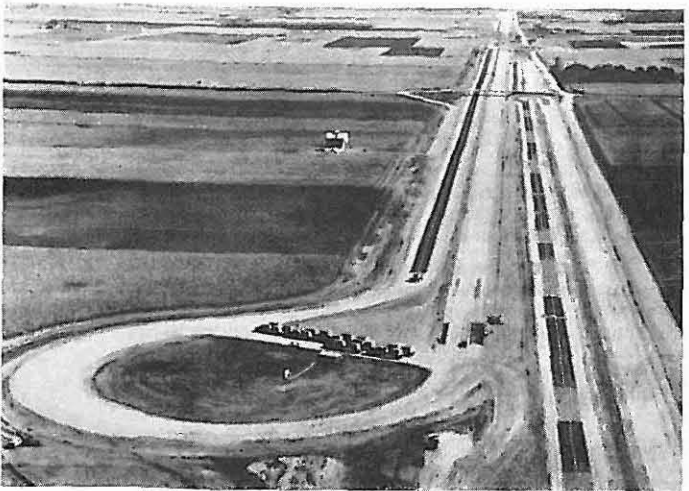


Bild 5 Beim AASHO-Road-Test wurden 10 zweispurige Versuchsbahnen angelegt, von denen je zwei zusammengefaßt sind. Man sieht die Wendeschleife, die die beiden linken Bahnen verbindet, sowie einige Prüf Fahrzeuge

stische als auch plastische, d. h. also bleibende Formänderungen erleiden können.

Ungleichförmigkeiten im Untergrund, die sich auf kleine Bereiche beschränken (etwa infolge ungleichförmiger Verdichtung in den Spuren der Verdichtungsgeräte), werden von zementgebundenen Schichten überbrückt, so daß sie sich nicht bis an die Straßenoberfläche fortsetzen können. Große Unterschiede in der Dichte und Zusammensetzung des Unterbaues und Untergrundes dürfen auch unter Betondecken nicht vorkommen.

Die Lasten der Fahrzeuge, die auf eine Betondecke einwirken, werden durch die biegesteife Platte auf eine große Fläche verteilt und rufen in der darunterliegenden Schicht nunmehr niedrige Beanspruchungen hervor. Der Unterbau von Betondecken kann deshalb dünner als ein Unterbau von weniger biegesteifen und plastisch verformbaren Tragschichten bemessen werden. Der Frage der Bemessung wird zur Zeit auf mehreren Versuchsstrecken nachgegangen.

In Deutschland ist auf einer Autobahn eine 5 km lange Strecke vorgesehen, auf der der Einfluß des Unterbaues und der Fugenabstände untersucht werden soll. In den Vereinigten Staaten steht der bisher größte Straßenversuch, der „AASHO¹⁾ Road Test“, vor dem Abschluß (Bild 5). Der Versuch wird in der Nähe von Chicago durchgeführt, also in einem Gebiet, in dem das Klima ähnlich unserem ist.

Die Versuchsbahnen wurden in insgesamt 836 Prüffelder mit unterschiedlichem Aufbau unterteilt. Etwa die Hälfte der Strecken entfällt auf Beton, ein weiterer kleiner Teil auf Bodenverfestigung mit Zement. Vom 15. Oktober 1958 bis 30. November 1960 übten 60 Fahrzeuge mit Einzelachslasten bis zu 13,6 t und Doppelachslasten bis zu 21,8 t den Prüfverkehr auf den Versuchsstrecken aus. Die Ergebnisse werden im Herbst 1961 veröffentlicht.

Die Versuchsstrecken wurden so bemessen, daß auf einem Drittel der Felder Schäden erwartet werden und ein Drittel voraussichtlich dem Prüfverkehr standhalten wird. Beim letzten Drittel ist das Ergebnis ungewiß.

Nach diesen Gesichtspunkten wurden Betondecken zwischen 6,3 und 32 cm Dicke gebaut. Einschließlich Unterbau beträgt bei den Betondecken die größte Dicke des Straßenkörpers 55 cm, bei den Asphaltdecken 78 cm.

2.3 Deckenbeton

Im Vergleich zur Frage der Bemessung von Betondecke, Unterbau und Frostschutzschicht war die Technologie des Deckenbetons schon vor dem Kriege so weit fortgeschritten, daß größere Änderungen nicht mehr einzuführen waren. Dank der allgemeinen Kenntnis der betontechnologischen Zusammenhänge sowie der besseren Zemente und der Weiterentwicklung der maschinellen

¹⁾ Die AASHO (American Association of State Highway Officials) ist der Verband der amerikanischen Straßenbeamten, der zusammen mit dem Highway Research Board etwa der deutschen Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen entspricht.

Einrichtungen für die Betonherstellung und -verarbeitung konnte die Betongüte in den letzten Jahren wesentlich heraufgesetzt werden.

Für Bundesfernstraßen (Autobahnen und Bundesstraßen) wird heute ein Beton mit 450 kg/cm^2 Druckfestigkeit und 55 kg/cm^2 Biegezugfestigkeit nach 28 Tagen gewährleistet. Diese Gütewerte müssen in der Eignungsprüfung um 10% überschritten werden. Der Zementgehalt beträgt etwa 350 kg/m^3 . Die verlangte Festigkeit läßt sich bei einem Beton, der noch gut zu verarbeiten ist, durch günstige Zusammensetzung der Zuschläge und einen Wasser-Zement-Wert von etwa 0,45 erreichen. Dazu sind Zemente erforderlich, die nach 28 Tagen eine Normdruckfestigkeit von etwa 420 kg/cm^2 aufweisen. Zemente für Betonfahrbahnen sollen außerdem einen Beton mit günstiger Verarbeitbarkeit ergeben, der möglichst wenig Wasser absondert und geschmeidig ist. Auf einigen Betondecken, die noch ohne luftporenbildende Zusatzmittel gebaut wurden, haben Tausalze die Oberfläche aufgeraut; zum Teil ist auch die oberste Mörtelschicht abgewittert.

Umfangreiche Laboratoriumsuntersuchungen der Portland Cement Association in Chicago sowie Ergebnisse von Versuchsstrecken in Deutschland und in Amerika haben gezeigt, daß sich durch einen Auftrag von gutem Zementmörtel und besondere Arbeitsverfahren auf altem Beton wieder eine dauerhafte Oberflächenschicht herstellen läßt.

Um die Beständigkeit gegen Tausalze zu sichern, werden dem Frischbeton heute luftporenbildende Zusatzmittel beigegeben. In Amerika wird versucht, die Beständigkeit von älterem, ohne LP-Zusatzmittel hergestelltem Beton gegen Tausalze durch Imprägnieren, u. a. mit Silikonen, zu erhöhen. Der Beton behält durch Silikone auch im nassen Zustand seine helle Farbe.

3. Land- und Gemeindestraßen, Forst- und Wirtschaftswege

Die Zunahme des Straßenverkehrs macht es dringlich, neben dem Bau von Fernstraßen auch die nachgeordneten Straßen und Wege dauerhaft zu befestigen. Die Verkehrsbelastung ist auf diesen Strecken nicht so groß wie auf Bundesstraßen und Autobahnen, so daß nicht so schwere Decken gebaut werden müssen. Dafür handelt es sich hierbei um ein sehr reichverzweigtes, enges Netz. So ist die Gesamtlänge der Landstraßen in der Bundesrepublik mit 100 000 km etwa 4mal, die der Gemeindestraßen etwa 8mal so groß wie die der Bundesstraßen. Auch der Bau von Wirtschaftswegen hat durch die Förderung im Grünen Plan sehr an Umfang zugenommen.

3.1 Betondecke

Auf Gemeindestraßen und ländlichen Wegen werden Betondecken meist vereinfacht mit Beton der Güte B 300 ohne Bewehrung sowie ohne Fugendübel ausgeführt. Statt einer bituminösen Fugenfüllung verwendet man dort ein Fugenbrett aus Weichholz.

3.2 Bodenverfestigung mit Zement

Neben der reinen Betondecke und den Verfestigungen von Kies-sand werden auch Verfestigungen von Böden, die als Straßenunterbau nicht geeignet sind, ausgeführt. Schon im Jahre 1935

wurde in den Versuchslaboratorien der Portland Cement Association eine neue Abteilung geschaffen, deren Aufgabe es war, zu prüfen, inwieweit mit Zement ein minderwertiger Straßenuntergrund so verbessert werden kann, daß er als Unterbau von Fahrbahnen mit geringer Verkehrsdichte zu verwenden ist.

Lehmböden oder lehmige Sande sind als Unterbau ungeeignet, weil sie durch den Verkehr nachverdichtet werden können, außerdem Wasser aufsaugen, Eislinsen bilden und darum beim Auftauen so stark durchfeuchtet sind, daß sie weich werden und ihre Tragfähigkeit verlieren. Mischt man solche Böden mit einer Zementmenge, die ausreicht, um ein späteres Lockerwerden oder Zerfallen zu verhindern, und verdichtet man dieses Boden-Zement-Gemisch bei dem für die Verdichtung günstigsten Wassergehalt, dann erhält man ein neues Material, das zwar nicht so tragfähig wie Beton, dafür aber sehr billig ist und sich als Straßenunterbau auch in dickeren Schichten recht gut verwenden läßt.

Durch die, wenn auch geringe, plattenartige Wirkung werden die Lasten auf eine größere Fläche verteilt, so daß eine Bodenverfestigung als Unterbau nicht so dick wie ein Schotterunterbau ausgeführt werden muß (Bild 6).

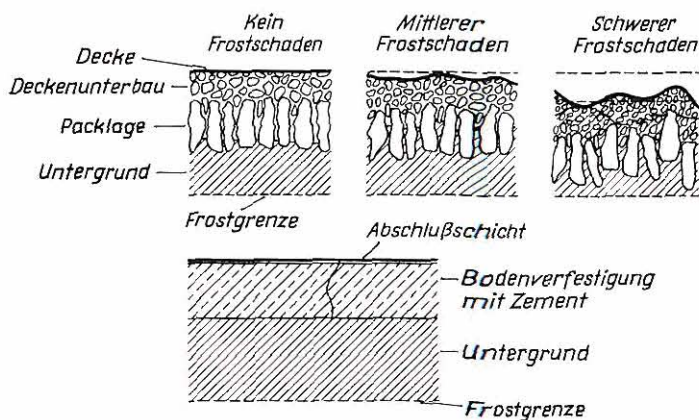


Bild 6 Oben ein Unterbau aus Schotter und Packlage (mit der Hand versetzte Bruchsteine) bei Zerstörung durch Frost (nach Schaible): die Steine drücken sich in einen durch Frost und Wasser weich gewordenen Boden ein, wodurch die Decke uneben und wasserdurchlässig wird. Die Bodenverfestigung liegt, auch im Bereich eines Risses, überall satt auf, der Untergrund kann sich nirgends durchdrücken und daher etwas stärker belastet werden

Um die technologischen Zusammenhänge bei Bodenverfestigungen mit Zement zu klären, wurden zahlreiche größere Forschungsarbeiten durchgeführt, davon 28 allein von der amerikanischen Portland Cement Association. In einigen Untersuchungen wurden dabei mehrere 1000 Boden-Zement-Gemische geprüft. Diese Arbeiten waren nicht umsonst. Bis jetzt wurden in Nordamerika über 250 Mio m² Bodenverfestigungen mit Zement gebaut, von denen 30 Mio m² seit mehr als 15 Jahren unter Verkehr liegen und sich sehr gut bewährt haben.



Bild 7 Auf einem Wirtschaftsweg in Norddeutschland wird Flugsand mit Zement verfestigt. Das Mischgerät arbeitet in 3 Längsstreifen von je 1,20 m Breite. Zwischen den Vorder- und Hinterrädern des Traktors ist ein Zementverteiler, hinten angebaut ein Mischkasten mit der Mischwelle. Wasser wird über eine Schlauchleitung zugeführt und durch ein Sprührohr eingespritzt. Nach dem Mischgerät folgt noch ein Verdichtungsgerät. Mit 12 Arbeitern und diesen zwei Geräten können am Tag 600 m Wirtschaftsweg von 3½ m Breite gebaut werden

Die meisten nichtorganischen Böden, die als Straßenunterbau unbrauchbar sind, können für eine Verfestigung mit Zement verwendet werden. Es sind dies schlecht abgestufte Sande wie Flugsande, lehmige Sande, Schluffböden und einige Tonböden. Dem nachteiligen Einfluß besonders ungünstiger Kornabstufung begegnet man durch höhere Zementbeigaben. Bei der Verfestigung spielen neben der Erhärtung des Zementes, insbesondere bei bindigen Böden, auch oberflächenchemische Vorgänge eine wichtige Rolle. Als maßgebend für die Bestimmung des erforderlichen Zementgehaltes wird eine 12malige Frostprüfung angesehen. Dabei kann vorausgesetzt werden, daß im Straßenkörper über der Bodenverfestigung eine dünne Abschlußschicht liegt, so daß die Einwirkung des Frostes auf Boden-Zement-Gemische gemildert wird.

Für sandige Böden gibt es auch Verfahren, um aus einer Bodenanalyse den erforderlichen Zementgehalt zu bestimmen, der nach Bodenart in der Regel zwischen 100 und 240 kg/m³ liegt. Fette Tonböden lassen sich schlecht mischen und erhärten dauerhaft nur mit einer sehr hohen Zementmenge. Solche Böden werden deshalb ungern verwendet. Nötigenfalls kann man ihre Struktur und ihre Wasseraufnahmefähigkeit – wie mit Kalk – auch durch Einmischen einer geringen Zementmenge verbessern. Auch bei Bodenverfestigungen auf untergeordneten Straßen wird der auf der Strecke liegende Boden mit besonderen Geräten gemischt, die sich langsam vorwärts bewegen und dabei den Boden unter einer Schutzhaube durch eine rasch drehende Mischwelle aufwirbeln (Bild 7).

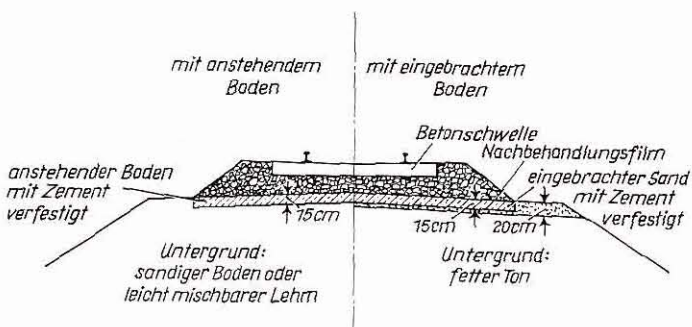


Bild 8 Verfestigung des Untergrundes unter dem Gleisschotter einer schwer belasteten Eisenbahnstrecke. Links bei Verwendung des anstehenden Bodens. Wenn der vorhandene Boden schlecht mischbar ist oder sehr viel Zement erfordert, kann es wirtschaftlicher sein, einen sandigen Boden besonders einzubringen und diesen mit Zement zu verfestigen (rechts)

Feststehende Betonmischer werden nur in Ausnahmefällen als Mischgerät eingesetzt. Sie sind wirtschaftlich, wenn ein Boden verwendet wird, der nicht schon auf der Strecke liegt, sondern erst in einer Grube gewonnen werden muß.

Über die mit Zement verfestigte Tragschicht kommt eine dünne bituminöse oder mechanisch verfestigte Oberfläche als Abschlußschicht. Kleine Unebenheiten der zementverfestigten Schicht, die beim Bau entstehen können, werden durch diese Abschlußschicht ausgeglichen.

Die Kosten solcher Bodenverfestigungen sind sehr niedrig, weil nur Zement, nicht aber Kies und Sand über größere Strecken angeliefert werden müssen und außerdem mit den Geräten rasch große Flächen hergestellt werden können. Im Durchschnitt kostet ein Quadratmeter einer 15 cm dicken, verfestigten Schicht etwa DM 3,- bis DM 5,-, wobei etwa je ein Drittel auf den Geräteeinsatz, die Arbeitslöhne und den Zement entfällt.

Zur Anwendung kommen Bodenverfestigungen neben Ausführungen als Unterbau unter schweren Decken, wie sie bereits früher erwähnt wurden, vor allem als selbständige Befestigung auf Forst- und Wirtschaftswegen.

Zur Zeit werden auch auf Landstraßen 1. Ordnung (in Bayern heißen diese Straßen „Staatsstraßen“) Versuchsstrecken gebaut.

Dies ist besonders wichtig, weil auf diesen Straßen bisher reine Befondecken nur in geringem Umfange ausgeführt wurden. In den Gebieten, in denen die Versuchsstrecken liegen, kommt kein Kiessand vor, so daß die Bodenverfestigung, die als einziges Bauverfahren den vorhandenen Boden verwendet, Vorteile bringt.

Ein neues Anwendungsgebiet zeichnet sich im Eisenbahnbau ab. Auf schwer belasteten Strecken mit lehmigen Dammkörpern dringt bei nassem Wetter aufgeweichter Boden in das Schotterbett ein. Dadurch kann an einzelnen Stellen schon wenige Jahre nach einem Neubau der Gleisschotter verschlammmt werden. Wird der Untergrund unmittelbar unter dem Schotterbett mit Ze-



Bild 9 Die Spannbetondecke am Flugplatz Köln-Wahn wird in Längsstreifen gebaut, links vorne die Hüllrohre, in denen die Spannstähle liegen

ment verfestigt, dann ist zwischen Gleisschotter und Untergrund eine feste Schicht, die das Eindringen der Steine verhindert, lastverteilend wirkt und das Niederschlagswasser besser abfließen läßt (Bild 8).

Auf *Militärflugplätzen* ist es wiederholt vorgekommen, daß landende Maschinen beim Ausrollen von der nur 30 m breiten Betonbahn abgekommen sind, nebenan im Boden einsanken und dabei stark beschädigt wurden. Man hat nun schon auf 4 Flugplätzen auf beiden Seiten neben der Startbahn einen 30 m breiten Streifen mit Zement verfestigt. Flugzeuge, die die Landebahn verfehlen, können im Notfall auf diesem Streifen ausrollen, ohne beschädigt zu werden.

4. Startbahnen

Abschließend noch einige Worte über die Startbahnen selbst. Neben der Betondecke und der Bodenverfestigung kommt dort in letzter Zeit immer mehr eine dritte Zementbauweise zur Ausführung, die zweifellos als die fortschrittlichste Deckenkonstruktion angesehen werden kann. Es ist dies die Spannbetondecke. Sie ist auf Flugplätzen heute schon aus dem Versuchsstadium heraus.

Zu den bemerkenswertesten Ausführungen gehört die zur Zeit noch im Bau befindliche Startbahn am Flugplatz Köln-Wahn. Sie wurde für Flugzeuge mit 200 t Startgewicht und Radlasten von 45 t bemessen, also für Lasten, die wesentlich höher als im Straßenverkehr sind.

In einigen Abschnitten der Rollbahn, wo nicht vorgespannte Betondecken gebaut wurden, hat man diese Decken 30 cm dick gemacht und den Unterbau noch in 20 cm Dicke mit Zement verfestigt, so daß dort eine tragende Schicht von insgesamt 50 cm

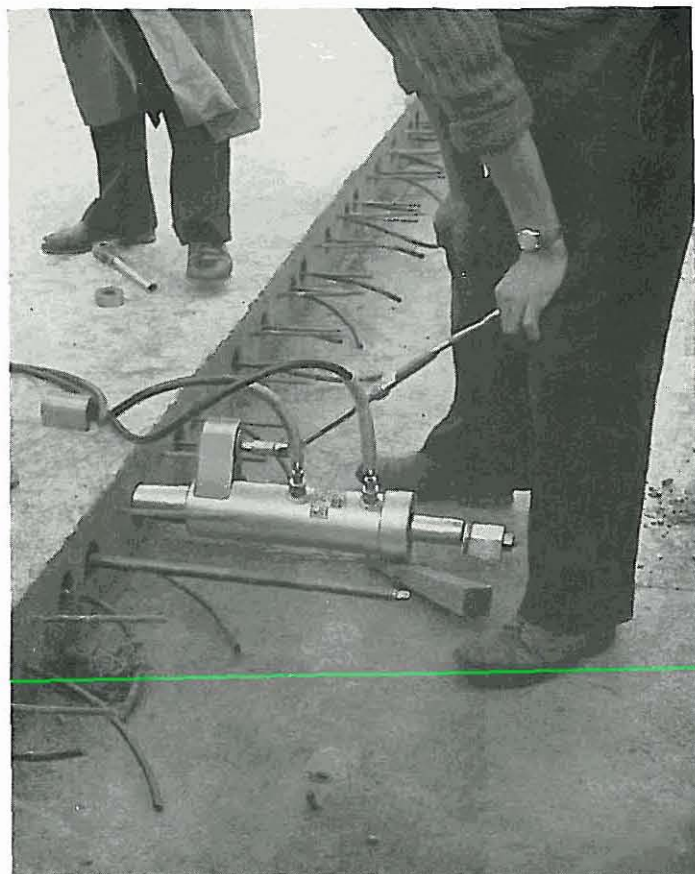


Bild 10 Das Spannen der Stähle geht verhältnismäßig rasch und einfach mit einer hydraulischen Zugvorrichtung vor sich. Die breite Querruge wird später bis auf eine schmale Fuge zubetoniert

Dicke vorhanden ist. Die Startbahn in Spannbeton ist dagegen nur 18 cm dick. Beide Konstruktionen liegen auf Frostschutzschichten, die bis in gleiche Tiefe reichen. Die Spannbetondecke erhält eine Vorspannung in Längs- und Querrichtung von 20 kg/cm^2 , wovon zur Vermeidung von Schwind- und Temperaturrisen 16 kg/cm^2 in Längsrichtung bereits nach 24 Stunden aufgebracht werden (Bilder 9 und 10). Die Deckenfelder sind auf der Startbahn 120 m lang und gehen über die volle Breite von 60 m. Dadurch konnte die Gesamtlänge der Fugen von 38 km bei einer Ausführung ohne Vorspannung auf 1,8 km vermindert werden (Bild 11). Dies ist nicht nur für den Flugverkehr vorteilhaft, sondern bringt auch wesentliche Einsparungen bei der Unterhaltung mit sich.

Zusammenfassung

Auf Straßen, Wegen und Flugplätzen tragen plastisch nicht verformbare Schichten wie Betondecken oder Bodenverfestigungen

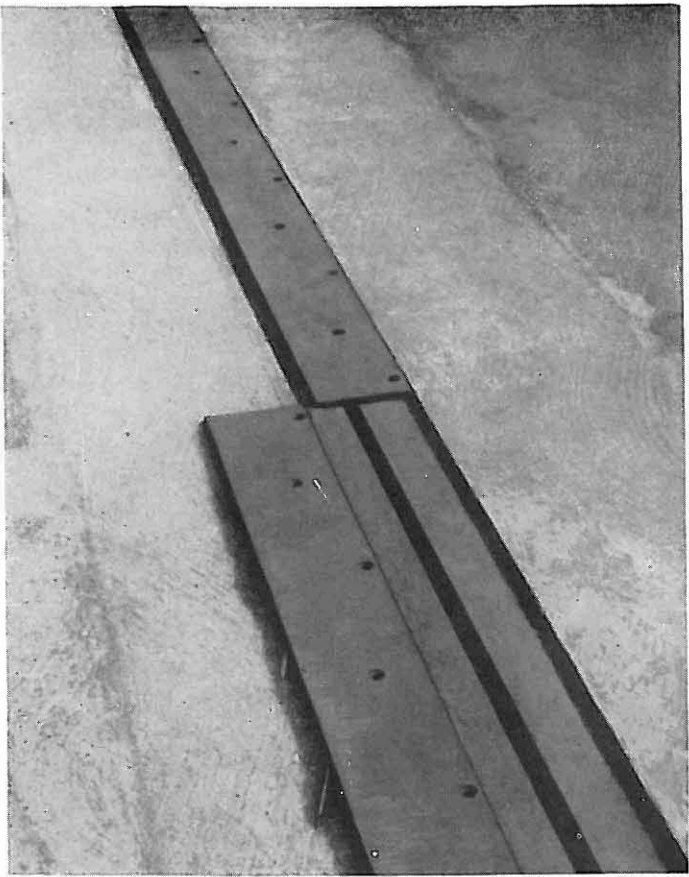


Bild 11 Die Fuge wird durch ein Schleppblech überdeckt (oben). Unten ist das Schleppdach beiseite geschoben, damit man den Fugenspalt sieht

mit Zement im besonderen Maß zur Erhaltung der Ebenheit bei. Die Aufgabe des Straßenunterbaues muß bei den heute herrschenden Verkehrsdichten besonders beachtet werden. Der Unterbau kann unter zementgebundenen Konstruktionen etwas dünner als unter plastisch verformbaren Schichten ausgeführt werden. Die Verwendungsmöglichkeiten des Zementes reichen von der einfachen und billigen Bodenverfestigung auf Feldwegen bis zu den am schwersten belasteten Konstruktionen auf Startbahnen von Flugplätzen.