

# Betondecke auf Schottertragschicht mit RC-Material

Werner Bleßmann, Walter Fleischer und Dirk Wippermann

## 1. Einleitung

Die Gebrauchseigenschaften sowie die Nutzungsdauer und damit die Wirtschaftlichkeit einer Straße werden insbesondere von der Art der Straßenbefestigung und dem gewählten Herstellungsverfahren beeinflusst. Die Dimensionierung des Oberbaus erfolgt in Abhängigkeit von der Verkehrsbelastung, der vorgesehenen Nutzungsdauer sowie den klimatischen, topografischen und geologischen Bedingungen. Um die Baukosten gering zu halten, ist der Bauprozess zu optimieren, und es sind möglichst wirtschaftlich aufzubereitende Baustoffe zu verwenden. Das erreicht man u. a. durch die Auswahl von Materialien, die nahe der Baustelle gewonnen werden und nur geringen Transportaufwand erfordern. Seit einigen Jahren kommt der Recyclinggedanke hinzu: gebrauchte Baustoffe sollen so hochwertig wie möglich (das heißt Recycling und kein Downcycling), im Idealfall ohne große Transportleistungen im gleichen Bauwerk wiederverwendet werden. All diese Wechselwirkungen zwischen technischen und wirtschaftlichen Forderungen sowie den manchmal berechtigten Auflagen des Umweltschutzes sind bei der Wahl einer Straßenbefestigung zu beachten. Wobei hier nicht nur die Ausschreibenden gefordert sind, sondern auch die anbietende Bauindustrie. Kompetente Bauunternehmen sind durchaus in der Lage ggf. über entsprechende Nebengebote ihre Erfahrungen zu Gunsten von technisch gleichwertigen Alternativlösungen mit bauwirtschaftlichem Nutzen einzubringen.

In den RStO 86, Fassung 1989 [1] sind Bauweisen aufgenommen, die nach

den damaligen – inzwischen über 10 Jahre zurückliegenden – Erfahrungen technisch geeignet und auch wirtschaftlich umzusetzen sind. Die Standardisierung führt zu einer relativ häufigen Anwendung derselben Bauweisen und dadurch zu einer technologisch und wirtschaftlich immer ausgereiften Herstellung des Straßenoberbaus [2]. Man war sich bei der Erarbeitung der RStO durchaus bewußt, daß nicht alle – möglicherweise nur regional vorhandenen – Randbedingungen (zum Beispiel nur lokal verfügbare Baustoffe oder die Besonderheiten bei einer zu erneuernden Fahrbahndecke) berücksichtigt werden können. Außerdem muß die Möglichkeit für weitere Entwicklungen offen bleiben. Das beinhaltet auch der Begriff „Richtlinie“. Vor diesem Hintergrund war es folgerichtig, zunächst in den RStO-E, Entwurf 1991 [3] für die Erneuerung von Betondecken im Tiefenbau die Bauweise „dicke Betondecke auf einer Tragschicht ohne Bindemittel“ aufzunehmen.

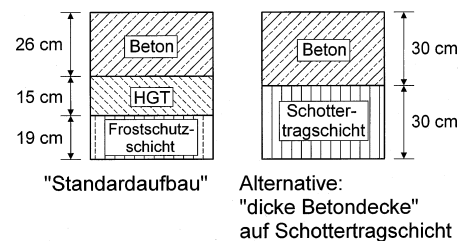
## 2. Ausgangssituation

Im Zusammenhang mit der erprobungsweisen Einführung der „alten“ neuen Bauweise einer Betondecke auf einer Tragschicht ohne Bindemittel (ToB), wobei die Betondecke 4 cm dicker hergestellt wird, als eine Betondecke auf einer gebundenen Tragschicht (Bild 1), stellen sich bei Auftraggeber und Auftragnehmer gleichermaßen insbesondere drei Fragen:

1. Welche Erfahrungen liegen mit dieser neuen Bauweise vor?
2. Welche technischen, bauwirtschaftlichen und gesamtwirtschaftlichen Vorteile hat diese neue Bauweise möglicherweise gegenüber der Bauweise Tragschicht mit hydraulischem Bindemittel?
3. Welche über die aktuellen Technischen Regelwerke hinausgehenden Anforderungen müssen an die Tragschicht ohne Bindemittel und an die dicke Betondecke gestellt werden?

Die ersten beiden Fragen lassen sich in aller Kürze wie folgt beantworten: Eine vergleichende Bemessung von Eisenmann und Leykauf [2] ergab, daß bei der dicken Betondecke auf ToB sowohl beim Lastfall „Plattenrand“ als auch beim Lastfall „Plattenmitte“ keine ungünstigeren Beanspruchungen auftreten als bei der Standardbauweise Betondecke auf Tragschicht mit hydraulischem Bindemittel. Auch werden trotz der fehlenden gebundenen Tragschicht bei dem System mit dicker Betondecke aufgrund der geringen Einsenkungen im Fugenbereich keine Pumperscheinungen erwartet. Das bedeutet zusammengefaßt, sowohl das Beanspruchungs- als auch das Verformungsverhalten des Fahrbahnaufbaus dicke Betondecke auf ToB sind den typischen, standardisierten Aufbauten mindestens gleichwertig. Die Vorteile der besseren Anpassungsfähigkeit einer ToB an die Verformungen der Betondecke für die Auflagerungsbedingungen der Betondecke, im Vergleich zu deren Auflagerung auf einer starren Tragschicht mit nur sehr geringer Anpassungsfähigkeit nach Lösen des Verbundes, wurden von Pfeifer dargestellt [4; 5].

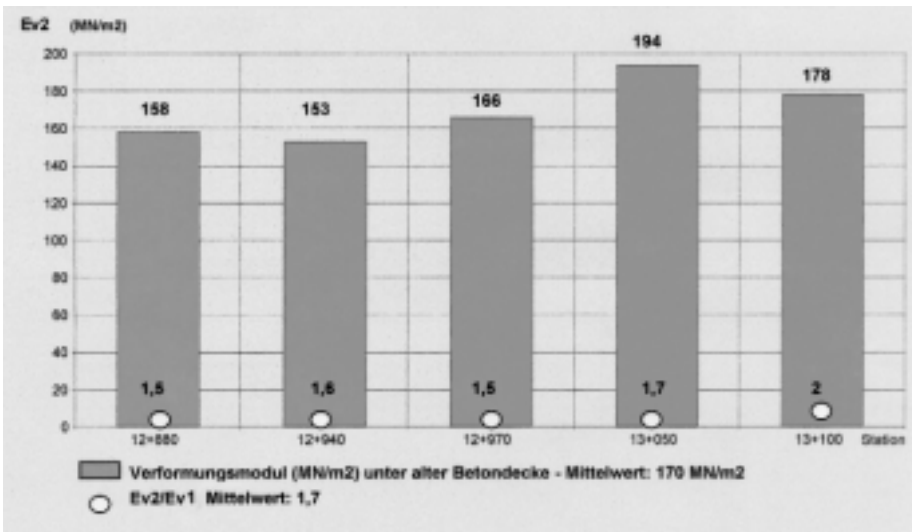
Die Bauweise „Betondecke auf ToB“ wird in Deutschland nicht erst seit wenigen Jahren ausgeführt. Die in den 30er Jahren gebauten Betondecken für Autobahnen in Deutschland wurden in



- 1: Bauweisen mit Betondecke für einen frostsicheren Oberbau von z. B. 60 cm**  
**links: „Standardaufbau“ nach RStO 86/89 [1] für Bauklasse SV**  
**rechts: Bereits seit über 10 Jahren für Bauklasse SV bewährte Bauweise „Dicke Betondecke auf Tragschicht ohne Bindemittel (ToB)“**

Vortrag bei der FGSV-Betonstraßentagung am 27./28.10.1997 in Köln

Verfasserschriften: Dr.-Ing. Fleischer, Heilit + Woerner Bau-AG HV 551, Klausenburger Str. 9, 81677 München; Dipl.-Ing. Bleßmann, Landesamt für Straßenbau Sachsen-Anhalt, Dez. 44 – Bautechnik, Quedlinburger Landstr. 1, 38820 Halberstadt; Dipl.-Ing. Wippermann, Heilit + Woerner Bau AG, Zn Dortmund VWB, Westfalendamm 188, 44141 Dortmund



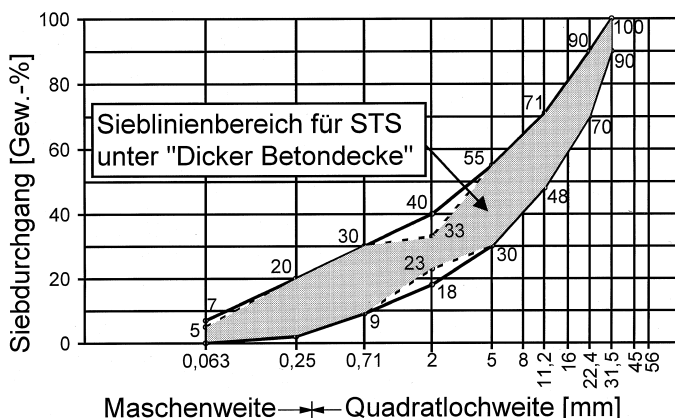
2: Unter rd. 60 Jahre alten, 22 cm dicken Autobahn-Betondecken auf ToB (SE, F1) wurden Verformungsmoduln  $E_{v2}$  zwischen 150 MN/m<sup>2</sup> und über 190 MN/m<sup>2</sup> bestimmt

der Regel auf ungebundenen Tragschichten gebaut – in großen Teilen Sachsens-Anhalts und Brandenburgs auf einkörnigen als frostsicher zu bezeichnenden Feinsanden (F 1). In diesem Zusammenhang ist es interessant, daß einige dieser inzwischen 60 Jahre alten Betondecken auch heute noch, im 7. Jahr nach der Wende, unter Verkehr liegen. Noch interessanter ist es zu wissen, daß unter sorgfältig aufgenommenen Betonplatten Verformungsmoduln  $E_{v2}$  in der Größenordnung zwischen 150 MN/m<sup>2</sup> und über 190 MN/m<sup>2</sup> nachgewiesen wurden (Bild 2).

Bereits 1979 wurden auf der Bundesautobahn BAB A 8 bei Heimsheim die als Provisorium gedachte Erneuerung eines Fahrstreifens und 1986 ein Abschnitt auf der BAB A 3 bei Hilden in dieser Bauweise ausgeführt [4; 6]. Obwohl das Provisorium bei Heimsheim für die heutige Verkehrsbelastung unterdimensioniert ist, zeigen sich nur wenige Längs- und Querrisse, jedoch keine Eckabbrüche. An der in die Bauklasse SV einzuordnenden Strecke bei Hilden waren noch keine Instandsetzungsmaßnahmen nötig. Es sind dort bis heute bei der Bauweise dicke Be-

tondecke auf ToB gegenüber den anderen untersuchten Streckenbereichen mit Betondecke auf Verfestigung bzw. auf Asphalttragschicht keine Nachteile oder Besonderheiten zu verzeichnen. Um genauere Informationen über den Zustand der Strecke zu erhalten, wurde das Institut für Straßen- und Eisenbahnenwesen der Universität Karlsruhe (TH) vom Bundesministerium für Verkehr mit einem entsprechenden Forschungsvorhaben [7] beauftragt. Weitere Erfahrungen mit dieser Bauweise liegen von der BAB A 4 bei Oberlichtenau (Herstellungsjahr 1989), der A 12 bei Briesen (Herstellungsjahr 1994) oder der A 24 (Herstellungsjahre 1994, 1995, 1996) vor. Messungen und Untersuchungen von der Bundesanstalt für Straßenwesen, Außenstelle Berlin, und der Universität Hannover, Fachgebiet Konstruktiver Straßenbau [8] auf der BAB A 12, ergaben bis jetzt ebenfalls durchweg Ergebnisse, welche die neue Bauweise als zumindest technisch gleichwertig einordnen lassen [4; 5]. Neben den unbestritten besseren Auflagerungsbedingungen, die eine Betondecke auf einer ToB hat, können sich weitere Vorteile ergeben, die nach-

3: Sieblinienbereich für Schottertragschichten (STS) nach ZTVT-StB 95 [10] und Sieblinienbereich für ToB unmittelbar unter einer Fahrbahndecke aus Beton nach ARS 37/1997 [9]



folgend ohne Wertung in der Reihenfolge genannt werden:

1. Die Bauweise dicke Betondecke auf ToB ermöglicht eine hochwertige Wiederverwendung des alten Reichsautobahnbetons mit hohen Festigkeiten, aber auch solcher Straßenbetone aus der ehemaligen DDR, die durch Treibreaktionen zwischen für Straßenbeton ungünstigem Zement und ungeeigneten Zuschlägen, geschädigt wurden. Auch Anteile an Altasphalt (nach Praxiserfahrungen bis zu rd. 20 Gew.-%) können in die ToB eingemischt werden.
2. Es ist keine Nachbehandlung der ToB erforderlich, die bei Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln entscheidend für die Eigenschaften ihrer oberflächennahen Bereiche und damit für die Dauer des Verbundes zur Betondecke sowie für ihren Frost- und Erosionswiderstand ist.
3. Das Problem der Reflexionsrisse, hervorgerufen durch unzureichende gekerbte Verfestigung oder HGT, kann nicht auftreten.
4. Aus der Sicht des Auftragnehmers kann der Bauablauf optimiert und damit die Bauzeit verkürzt werden. Die Festigkeitsentwicklung der Tragschicht mit hydraulischem Bindemittel muß im Bauablauf nicht zusätzlich berücksichtigt werden.

Zur Frage der zusätzlichen Anforderung an die ToB und an die dicke Betondecke muß betont werden, daß man selbstverständlich – wie bei jeder neuen Bauweise – auch in diesem Fall behutsam mit der allgemein gültigen Einführung vorgeht. Das bedeutet in der Praxis, u. U. nicht alle Vorteile und Möglichkeiten von Anfang an voll auszunutzen. Derzeit sind in dem diesbezüglichen Allgemeinen Rundschreiben Straßenbau Nr. 37/1997 des Bundesministeriums für Verkehr [9] die folgenden zusätzlichen Anforderungen im Zusammenhang mit dieser Bauweise festgelegt. Sie dienen dem Ziel eine hohe Ausführungssicherheit und die unter Betondecken besonders wichtigen Eigenschaften einer ToB, insbesondere Umlagerungsbeständigkeit, Wasserdurchlässigkeit und Gleichmäßigkeit sicherzustellen:

- Die ToB ist als Schottertragschicht 0/32 mm nach den ZTVT-StB 95 [10] auszuführen.
- Der Anteil an Mineralstoffen kleiner / gleich 0,063 mm darf im eingebauten Zustand 5 Gew.-% nicht überschreiten (Bild 3).
- Der Anteil an Mineralstoffen kleiner 2 mm muß 28 +/- 5 Gew.-% betragen (Bild 3) und ein Brechsand-Natursand-Verhältnis von mindes-

tens 1:1 aufweisen (Brechsandanteil mindestens 50 Gew.-%).

- Für Recycling-Baustoffe und Recycling-Baustoffgemische gelten zusätzlich die TL RC-ToB 95 [11].
- Bei der Eignungsprüfung ist ein CBR-Wert von mindestens 80 % nachzuweisen, bestimmt am Baustoffgemisch 0/22 mm ohne Überkorn nach 4 Stunden Wasserlagerung.
- Die Schottertragschicht ist in einer Mindestdicke von 30 cm auszuführen.
- Ausgehend von einem Verformungsmodul  $E_{v2}$  von mindestens 45 MN/m<sup>2</sup> auf dem Planum muß auf der Schottertragschicht ein Verformungsmodul  $E_{v2}$  von mindestens 150 MN/m<sup>2</sup> nachgewiesen werden.
- Das Baustoffgemisch ist im Werk aus Einzelkörnungen dosiert zusammenzusetzen.
- Die oberste Lage der Schottertragschicht ist mit einem Straßenfertiger einzubauen.

Die beiden letztgenannten Forderungen sollten jedoch unter bestimmten Randbedingungen, wie die nachfolgenden Ausführungen zu aktuellen Praxiserfahrungen zeigen werden, modifiziert werden.

Bei der Herstellung der Fahrbahndecke aus Beton sind ergänzend zu den ZTV Beton-StB 93 [12], RStO 86/89 und RStO-E unter anderem folgende Anforderungen in dem ARS festgeschrieben:

- Die Betondecke ist in der Bauklasse SV mindestens 30 cm dick (Bild 1) und in der Bauklasse I mindestens 28 cm dick herzustellen.
- Die Plattenlänge darf 5 m nicht überschreiten.
- Der Dübelabstand muß einheitlich 25 cm betragen.
- Unabhängig davon, ob es sich um eine Längspreß- oder Längsscheinfuge handelt, sind je Platte 5 Anker einzubauen.

Überlegungen auf der Grundlage der Praxisbewährung, den Abstand der Querfugen von 5 m auf 5,5 m bis 6 m zu vergrößern, sind ebenfalls nicht von der Hand zu weisen.

Vor dem o. g. Hintergrund sollte auch dieses ARS den aktuellen Erfahrungen entsprechend laufend angepaßt werden und die Bauweise dicke Betondecke auf ToB letztendlich als standardisierte Bauweise eingeführt werden.

### 3. Aktuelle Erfahrungen

#### 3.1 Vorbemerkung

Es soll über die Erfahrungen berichtet werden, die im Zuge von neuerdings



4: Heilit + Woerner-Spezialgerät zum leistungsfähigen Zertrümmern von alten Fahrbahndecken aus Beton



5: Der Grad der Zertrümmerung der alten Betondecke

abgeschlossenen bzw. noch laufenden Bauvorhaben gewonnen wurden. Bei diesen Maßnahmen, u. a. auf der BAB A2 im sachsen-anhaltinischen Bereich, wurden zum Beispiel Aufbereitung und Einbauart nach konkreter Abstimmung zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer variiert sowie bis zu rd.

20 Gew.-% Fräsasphalt zugegeben. Außerdem wurden eine Reihe von zusätzlichen Untersuchungen durchgeführt. Da in dieser Phase, d. h. in den ersten Baumonaten, der Entwurf für das betreffende ARS notwendigerweise noch ergänzt oder geändert wurde, weichen die ausgeführten bzw. laufenden Bauvorhaben in Nuancen von den Forderungen des aktuellen ARS 37/1997 ab.

Die Erfüllung der Anforderungen an die Recycling-Mineralstoffe und an die eingebaute ToB, welche in den ZTVT-StB 95 und den TL RC-ToB 95 enthalten sind, ist eine Grundbedingung und bereitet im Regelfall keine Probleme. Insbesondere betrifft dies die Bruchflächigkeit der Mineralstoffe, deren Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel sowie gegen Schlag. Eingegangen wird daher nur auf die folgenden Kriterien:

- Aufbereitung und Einbau der Recycling-Mineralstoffe unter dem Aspekt der Einhaltung der Anforderungen an die Sieblinie,
- Wasserdurchlässigkeit im Laborversuch und in-situ sowie
- $E_{v2}$ -Modul und CBR-Wert.
- Zum Schluß werden noch Hinweise für die Planung, Ausschreibung und Ausführung der Bauweise dicke Betondecke auf ToB gegeben.



6: Die Sorgfalt des Baggerführers und die Art des Baggerlöffels sind bei der Optimierung des Ladevorgangs hinsichtlich Leistung und Qualität des aufgenommenen Materials zu beachten

**7: Prallbrecher sind im Regelfall für die Herstellung der Recycling-Mineralstoffe zu verwenden, da sie ein Korn mit besseren Eigenschaften produzieren als quetschende Brechertypen**



### 3.2 Aufbereitung und Einbau der Recycling-Mineralstoffe; Sieblinien der ToB

Die zu erneuernde und wiederzuverwendende Fahrbahndecke aus Beton, im Fall der BAB A2 mit Betonfestigkeiten von 60 bis 70 N/mm<sup>2</sup>, wird schollenartig zertrümmert. Hierfür sind auf dem Markt unterschiedliche Geräte vorhanden – vom einfachen Schwinghammer über Resonanzhammer und Zertrümmerungswalze bis zu unterschiedlich großen Fallplatten sowie Spezialgeräten (Bild 4). Das Zertrümmerungsgerät sollte auf den Zustand der alten Betondecke (großflächig gerissen oder engmaschiges Rißbild, bewehrt oder unbewehrt, mit oder ohne Asphaltbelag), deren Unterlage (steife oder eher nachgiebige, federnde Unterlage), die Art der Aufnahme der Betonschollen und die Brechanlage abgestimmt sein. Bei nachgiebiger Unterlage ist eine hohe Schlagenergie notwendig, um eine ausreichende Vorzertrümmerung (Bild 5) zu erreichen und damit den Brechaufwand so gering wie möglich zu halten. Auf der anderen Seite ist darauf zu achten, daß die alte Betondecke durch das Zertrümmern nicht in die darunterliegende Tragschicht geschlagen wird, damit beim Aufnehmen der Schollen die Menge an Tragschichtmaterial gering gehalten bzw. nahezu ausgeschlossen werden kann. Die Art des



**8: Mit Überbandmagnetabscheider wird nach dem Brechvorgang Stahl aus den Recycling-Mineralstoffen entfernt**

Baggerlöffels, z. B. mit Schneide, mit Zähnen oder Sieblöffel, ist ebenfalls ein wichtiger Aspekt, der bei Optimierung des Ladevorgangs hinsichtlich Leistung und Qualität des aufgenommenen Materials zu beachten ist (Bilder 5 und 6).

**9: Der Einbau des Mineralstoffgemisches für eine ToB z. B. mit Gradern hat insbesondere bezüglich Entmischungen Vorteile gegenüber einem Einbau mit Straßenfertigern**



Für das Brechen des aufgenommenen Materials sollte ein Prallbrecher verwendet werden (Bild 7). Der Prallbrechvorgang liefert im Gegensatz zu den anderen, mehr quetschenden Brechertypen, ein Recycling-Korn mit besseren Eigenschaften, insbesondere hinsichtlich Kornform und Kornfestigkeit [13]. Stahleinlagen der alten Betondecke können nach dem Brechvorgang durch Überbandmagnetabscheider (Bild 8) entfernt werden [14; 15].

Die Zusammenstellung der Brech- und Siebanlage hängt von den Eigenschaften des Altmaterials sowie den Anforderungen an die Sieblinie des Recycling-Mineralstoffgemisches ab und setzt praktische Erfahrungen in der Umsetzung voraus. Im ARS 37/1997 wird derzeit gefordert, das Baustoffgemisch aus Einzelkörnungen dosiert zusammensetzen. Aktuelle Erfahrungen zeigen jedoch, daß dies nicht zwingend erforderlich ist. Moderne Brechanlagen erlauben in den meisten Fällen eine anforderungsgerechte Abstimmung des Brechvorganges auf die Eigenschaften des Altbetons. Unter dieser Voraussetzung können die jeweiligen Anforderungen an die Kornzusammensetzung erfüllt werden (Bild 3). Es ist dann lediglich eine Absiebung des Überkorns zum Rücklauf auf den Brecher erforderlich.

Ebenso wichtig wie der Brechvorgang selbst ist das Handling des Altbetons beim Beschicken der Brechanlage sowie das Aufhalten und Verladen der Recycling-Mineralstoffe. Der Sorgfalt im Verladevorgang kommt dabei eine große Bedeutung zu. Die Forderung, das Baustoffgemisch aus Einzelkörnungen dosiert zusammensetzen, kann nur dann entfallen, wenn der Aufbereitungs- und Verladeprozeß maßnahmebezogen gesteuert werden kann. Das heißt, der aufzubereitende Altbeton stammt aus einer gleichmäßigen Altsubstanz, die Brech- und Siebanlage ist speziell darauf abgestimmt und die Bedienungsmannschaft kann auf der Grundlage einer durchgängig organisierten Eigenüberwachung den Aufbereitungsprozeß entsprechend steuern. Das Performance-Konzept, in diesem Fall die Anforderungen an die eingebaute ToB, sollte unter diesen Voraussetzungen weitgehend auch vom Bauherren mitgetragen werden.

Der Einbau der obersten Lage des Mineralstoffgemisches für eine ToB soll gemäß dem ARS 37/1997 mit einem Straßenfertiger erfolgen. Die Praxis ergab jedoch, daß dies nicht unbedingt und nicht in jedem Fall erforderlich ist. Maßgebend ist hier zunächst ebenfalls, daß die Anforderungen an die fertige Schicht erfüllt werden. Auch in diesem

Fall sollte man sich an das Performance-Konzept halten. Die Anforderungen an die Schottertragschicht, das heißt an die Korngrößenverteilung des eingebauten Materials, den Verdichtungsgrad und Verformungsmodul, die profilgerechte Lage, die Ebenheit sowie die Einbaudicke können nach den vorliegenden Erfahrungen auch erfüllt werden, wenn das Recycling-Mineralstoffgemisch zum Beispiel mit Gradern eingebaut wird (Bild 9). Die Entmischungen, die beim Einbau mit Straßenfertigern auftreten, wobei die Verteilung des Materials mit Schnecken erfolgt, sind deutlich größer als beim Gradereinbau. Durch die Schneckenförderung findet eine Anreicherung der groben Körnungen am Einbaurand statt. Der Einbau der Schottertragschicht mit Straßenfertigern sollte daher nicht zwingend vorgeschrieben werden. Auch das Merkblatt für die Herstellung von Trag- und Deckschichten ohne Bindemittel [16] beinhaltet die verschiedenen Einbauverfahren gleichberechtigt. Die Verdichtung bzw. Nachverdichtung der ToB kann mit statisch oder dynamisch wirkenden Geräten (Walzen oder Plattenrüttelgeräten; Bilder 10 und 11) sowie entsprechenden Kombinationen erfolgen.

**3.3 Wasserdurchlässigkeit im Laborversuch und in-situ**

Daß Wasser in gebundenen und ungebundenen Straßen-Konstruktionen große Schäden hervorrufen kann, ist längst bekannt. Eine ausreichende Wasserdurchlässigkeit der ToB unmittelbar unter einer Betondecke ist daher eine Voraussetzung zur Gewährleistung einer ausreichenden Dauerhaftigkeit des Systems. Jedoch gibt es derzeit weder für die standardisierten Bauweisen, noch für die ToB unmittelbar unter einer Betondecke Anforderungen an die Wasserdurchlässigkeit oder diesbezüglich einheitliche Prüfverfahren. Lediglich in den ZTVT-StB 95 ist für Frostschutzschichten gefordert, daß sie im verdichteten Zustand ausreichend wasserdurchlässig sind. Nach den RAS-Ew [17] gilt die Wasserdurchlässigkeit einer Frostschutzschicht als gewährleistet, wenn das Mineralstoffgemisch im eingebauten Zustand einen Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f$  (vertikale Durchlässigkeit) von mindestens  $10^{-5}$  m/s aufweist, wobei auch hier kein Prüfverfahren angegeben wird. In dem Entwurf des Merkblattes für wasserdurchlässige Befestigungen von Verkehrsflächen [18] wird für versickerungsfähige Oberflächen ein  $k_f$ -Wert von  $2,7 \times 10^{-5}$  m/s gefordert. Bei Ermittlung der Wasserdurchlässigkeit an wassergesättigten Schichten wird

**10: Die Verdichtung einer ToB kann mit einem Walzenzug erfolgen. Vor dem Betondeckeneinbau sollen unvermeidbare Verdrückungen und lose Teile der ToB z. B. ebenfalls durch Walzen nachverdichtet werden**

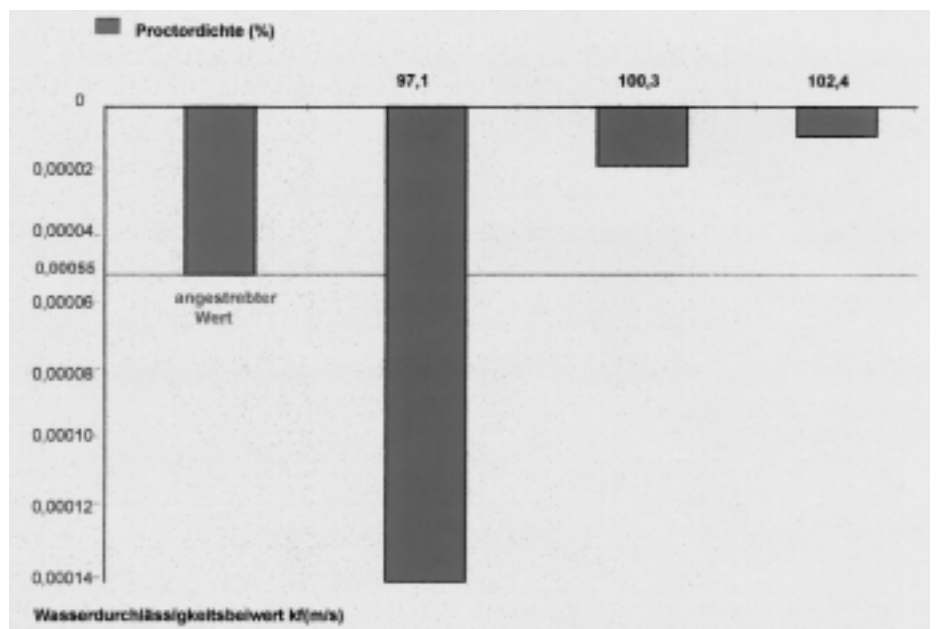


**11: Neben Walzen eignen sich auch Anbau-Vibrationsplatten zum Verdichten und Nachverdichten der ToB**



der doppelte Wert von  $5,4 \times 10^{-5}$  m/s verlangt [19]. Um eine ausreichende Wasserdurchlässigkeit der ToB sicherzustellen, hat man sich zunächst auf Forderungen gestützt, welche die Anforderungen an die Korngrößenverteilung von Schottertragschichten nach den ZTVT-StB 95 weiter einengen (Bild 3). Der Anteil an

Mineralstoffen bis 0,063 mm darf im eingebauten Zustand statt 7 Gew.-% nur 5 Gew.-% betragen und der Anteil an Mineralstoffen kleiner 2 mm muß statt zwischen 18 Gew.-% und 40 Gew.-% zwischen 23 Gew.-% und 33 Gew.-% liegen. Grundsätzlich sind die Überlegungen, die zu diesen Grenzwerten geführt haben, richtig. So wird zum



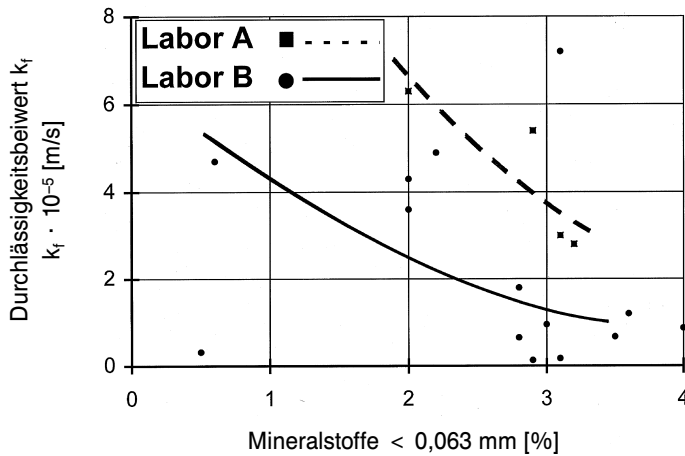
**12: Der Verdichtungsgrad einer ToB (hier z. B. Kornanteil bis 0,063 mm: 2 Gew.-%, bis 2 mm: 32 Gew.-%,  $E_{v2}$  über 150 MN/m<sup>2</sup>) hat einen großen Einfluß auf die Wasserdurchlässigkeit der Tragschicht**

Beispiel in den ZTVT-StB 95 bei Grundwasserständen bis in Höhe des Planums auch gefordert, daß der Kornanteil unter 0,063 mm der eingebau-

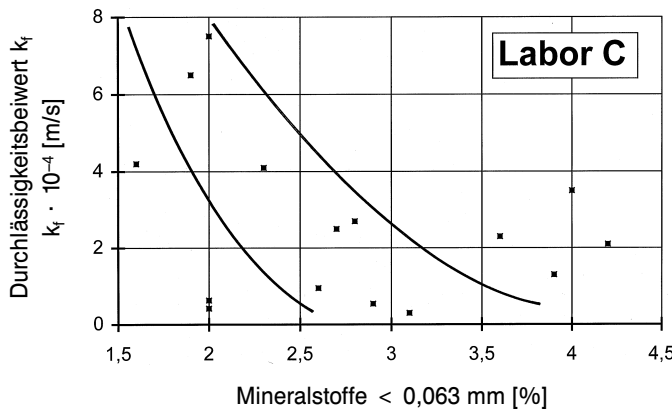
ten Frostschuttschicht nicht mehr als 5 Gew.-% beträgt. Um weitere Informationen über die Beziehung zwischen Sieblinie und Was-

serdurchlässigkeit zu erhalten, wurden im Rahmen von Baumaßnahmen durch verschiedene Prüfinstitute Wasserdurchlässigkeitsprüfungen in Anlehnung an Verfahren der DIN 18130 [20] an Laborproben und an eingebauten ToB durchgeführt. Es wurden ausschließlich Recycling-Baustoffgemische von laufenden Bauvorhaben verwendet und keine systematisch variierten Zusammensetzungen. Da außerdem die Ergebnisse von Wasserdurchlässigkeitsprüfungen sehr stark vom Prüfverfahren abhängen, ist bei der Bewertung der folgenden Prüfergebnisse zu beachten, daß sie nur für einen Vergleich der Wasserdurchlässigkeiten, die unter den gleichen Bedingungen mit demselben Verfahren ermittelt wurden, herangezogen werden können und nicht als Materialkennwerte einer ToB angesehen werden dürfen. Auch ist bekannt, daß die Wasserdurchlässigkeiten von derartigen Materialien einer großen Streuung, nach den Erfahrungen insbesondere verdichtungsbedingt (Bild 12), unterliegen können, so daß die Prüfergebnisse nur Tendenzen und keine unverrückbaren Zusammenhänge widerspiegeln können. Bei den Ergebnissen von Wasserdurchlässigkeitsprüfungen muß zwischen Prüfungen an im Labor hergestellten und geprüften Probekörpern sowie in-situ-Prüfungen an der eingebauten ToB unterschieden werden. Im Laborversuch zeichnet sich ab, daß die Wasserdurchlässigkeit umso geringer ist, je höher die Anteile bis 0,063 mm des Mineralstoffgemisches sind (Bilder 13 und 14). Für die Anteile bis 2 mm trifft zwischen rd. 25 Gew.-% und rd. 35 Gew.-% Siebdurchgang die gleiche Tendenz zu. Für größere Anteile von rd. 35 Gew.-% bis rd. 45 Gew.-% sind kaum Veränderungen in der Wasserdurchlässigkeit festzustellen, es deutet sich sogar wieder eine leichte Zunahme der Wasserdurchlässigkeit an (Bilder 15 und 16). Die Wasserdurchlässigkeit an der eingebauten ToB ist im Regelfall größer als der für Frostschuttschichten genannte  $k_f$ -Wert von mindestens  $10^{-5}$  m/s. Meist ergeben sich in-situ um etwa eine Zehnerpotenz höhere Wasserdurchlässigkeiten als im Laborversuch. Auch bei den in-situ-Werten ist für einen größeren Anteil bis 0,063 mm eine geringere Wasserdurchlässigkeit zu erkennen, wobei durchaus auch hier Meßwerte mit gegenläufiger Tendenz vorhanden sind (Bild 17). Es liegen In-Situ-Meßwerte für Siebdurchgänge bis 2 mm zwischen rd. 33 Gew.-% und rd. 45 Gew.-% vor. In diesem Bereich zeichnet sich ebenfalls die Tendenz ab, daß bei höheren Anteilen bis 2 mm die

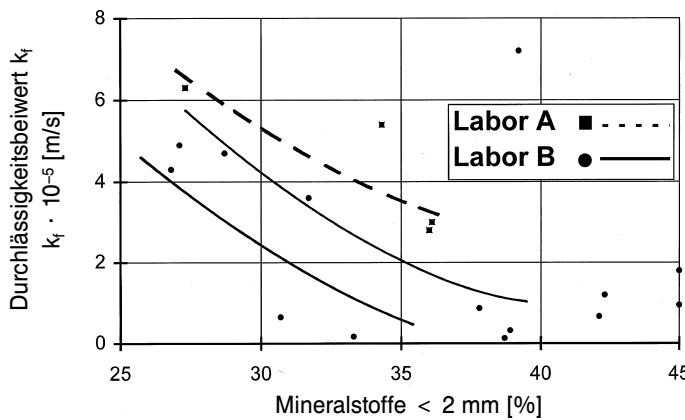
13: Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte von Mineralstoffgemischen für ToB in Abhängigkeit vom Kornanteil unter 0,063 mm, bestimmt in den Laboren A und B



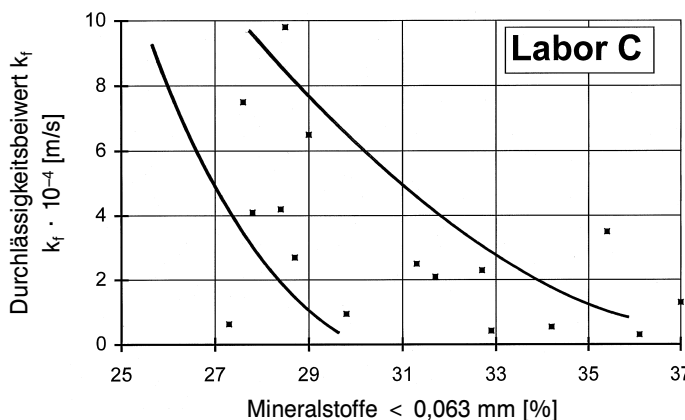
14: Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte von Mineralstoffgemischen für ToB in Abhängigkeit vom Kornanteil unter 0,063 mm, bestimmt im Labor C



15: Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte von Mineralstoffgemischen für ToB in Abhängigkeit vom Kornanteil unter 2 mm, bestimmt in den Laboren A und B



16: Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte von Mineralstoffgemischen für ToB in Abhängigkeit vom Kornanteil unter 2 mm, bestimmt im Labor C

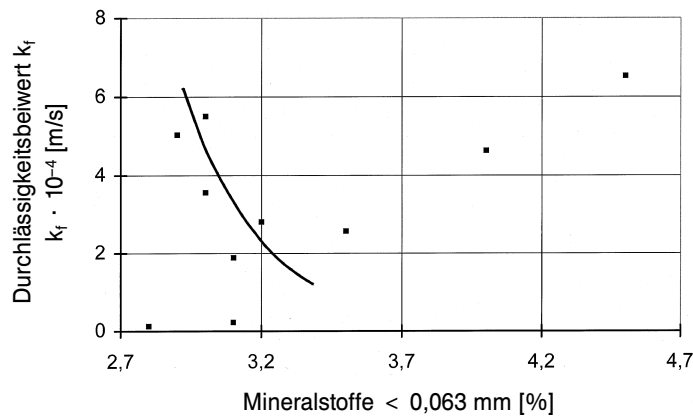


Wasserdurchlässigkeit geringer ist, jedoch immer noch über  $10^{-5}$  m/s liegt. Wobei auch hier gegenläufige Abhängigkeiten vorhanden sind, insbesondere bei Anteilen über 40 Gew.-% (Bild 18).

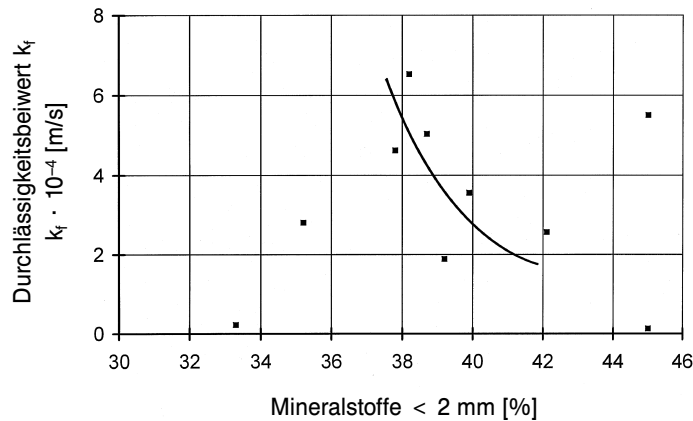
Zusammengefaßt bestätigen die Untersuchungen, daß der Anteil an Feinstteilen eines Mineralstoffgemisches begrenzt werden muß, um eine Mindestwasserdurchlässigkeit sicherzustellen. Insbesondere ist der Anteil kleiner 0,063 mm von Bedeutung. Solange keine anderen ausreichend gesicherten Erkenntnisse vorliegen, sollte der in dem ARS 37/1997 zulässige Höchstgehalt bis 0,063 mm von 5 Gew.-% im eingebauten und verdichteten Zustand beibehalten werden. Dies entspricht auch der Beziehung zwischen Korngrößenklassen und Durchlässigkeiten von Lockergesteinen für Versickerungsanlagen der RAS-Ew, wo Materialien mit einem Anteil kleiner 0,063 mm bis etwa 5 Gew.-% als geeignet für Versickerungsanlagen eingestuft werden.

Im Gegensatz dazu ergeben die aktuellen Untersuchungen keine klare Notwendigkeit, den Anteil bis 2 mm aus Wasserdurchlässigkeitsgründen zwingend auf 33 Gew.-% zu begrenzen. Aufgrund der Erkenntnis, daß die Durchlässigkeit von Anteilen bis 2 mm zwischen rd. 33 Gew.-% und rd. 45 Gew.-% kaum beeinflußt wird, sollte die Höchstgrenze für den Siebdurchgang von 33 Gew.-% nur aus Gründen der Gleichmäßigkeit der Tragschicht in ihrem Gesamtverhalten (Tragfähigkeit, Wasserdurchlässigkeit, Kornumlagerung) beibehalten werden. Einzelne Abweichungen in der eingebauten ToB bis etwa 40 Gew.-% sollten jedoch nicht beanstandet werden. Der derzeitige Mindestwert für den Anteil bis 2 mm von 23 Gew.-% sollte, bis weitere Erfahrungen vorliegen, nicht verändert werden.

Künftig sollten bei der Beurteilung des Einflusses des Sandes und der Feinstteile auf die Wasserdurchlässigkeit einer ToB unter einer Betondecke die Anteile an 2 mm und 0,063 mm nicht mehr getrennt betrachtet werden. Es sollten vielmehr beide Kenngrößen in Abhängigkeit voneinander beurteilt und entsprechende, noch durch Untersuchungen festzulegende, Anforderungen gestellt werden. Weiterer Untersuchungsbedarf besteht, weitgehend unabhängig von geringfügigen Toleranzen in der Sieblinie, hinsichtlich des Einflusses des Verdichtungsgrades auf die Wasserdurchlässigkeit. Der in den ZTVT-StB 95 vorgeschriebene Verdichtungsgrad von 103% ist vor diesem Hintergrund neu zu bewerten.



17: Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte von Mineralstoffgemischen für ToB in Abhängigkeit vom Kornanteil unter 0,063 mm, bestimmt an eingebauten ToB



18: Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte von Mineralstoffgemischen für ToB in Abhängigkeit vom Kornanteil unter 2 mm, bestimmt an eingebauten ToB

**3.4 E<sub>v2</sub>-Modul/CBR-Wert**

Der in dem ARS 37/1997 geforderte E<sub>v2</sub>-Modul von 150 MN/m<sup>2</sup> wird unter Erfüllung der Anforderungen an die Sieblinie mit den üblichen Verdichtungsgeräten erreicht. Es werden durchaus Werte von deutlich über 200 MN/m<sup>2</sup> nachgewiesen, wobei die Variationskoeffizienten über 10% liegen können (siehe auch [8]). Ebenso kann die Grenze für den Verhältniswert E<sub>v2</sub>/E<sub>v1</sub> nach den ZTVT-StB 95 eingehalten werden. Hier werden Variationskoeffizienten zwischen rd. 10 und 20% bestimmt. Allenfalls können Probleme mit der Erfüllung dieser Anforderungen auftreten, wenn die Schichten unter der ToB keine ausreichenden Tragfähigkeitswerte aufweisen, da die Wirkungstiefe des Plattendruckversuches deutlich größer ist als die Mindestdicke von 30 cm, die für eine ToB unmittelbar unter einer Betondecke gefordert wird. Im Rahmen der Eignungsprüfung einen (statischen) CBR-Wert von mindestens 80% nachzuweisen, ist nach den vorliegenden Erfahrungen ebenfalls möglich. Statische CBR-Werte bis 120% und dynamische CBR-Werte zwischen 100% und 120% werden z. B. im Labor erreicht. Im Feldversuch liegen die dynamischen CBR-Werte beispielsweise bei 80% und 180%.

**3.5 Weitere Hinweise für Planung, Ausschreibung und Ausführung**

Die Praxiserfahrungen haben mittler-

weile gezeigt, daß im Regelfall ein Überstand der ToB gegenüber den Rändern der Betonfahrbahndecke von mindestens 65 cm erforderlich ist, um die Betondecke in Gleitschalungstechnik einbauen zu können. Dies sollte bei der Planung in den Regelquerschnitten und in der Ausschreibung sowie in der Abrechnung entsprechend berücksichtigt werden.

Unmittelbar vor dem Betondeckeneinbau (Bild 19) sollte zum Beispiel eine Walze (Bild 10) oder andere Verdichtungsgeräte (z. B. Anbau-Vibrationsplatten, Bild 11) vorgehalten werden, um vor dem Betoneinbau nicht ganz zu vermeidende Verdrückungen der ToB durch rangierende schwere Lastwagen egalieren oder lose Teile anwalzen zu können.

Die ToB darf, wie jede andere Unterlage auch, vor dem Betoneinbau nicht trocken sein, da sonst die Gefahr besteht, daß dem eingebauten Deckenbeton im unteren Bereich Wasser entzogen wird. Deshalb ist die ToB im Regelfall mit einem leistungsfähigen Wasserwagen vorzunässen, so daß ihre Oberfläche feucht ist (Bild 20).

Es kann je nach den Betoneigenschaften und den Einbaubedingungen vorkommen, daß bei den Querscheinfugen zunächst Paketreiben auftritt. Es reißt anfangs möglicherweise nur jede 4. bis 5. Querscheinfuge, in der kühleren Jahreszeit möglicherweise zu-



19: Einbau der Fahrbahndecke aus Beton mit einem Heilit + Woerner-Betondeckeneinbauzug auf der BAB A 2 bei Magdeburg



20: Vor dem Betondeckeneinbau ist die ToB vorzunässen

nächst etwa nur jede 8. Querscheinfuge. Die anderen Querscheinfugen reißen erst Tage danach. Dies führt jedoch im Regelfall zu keinen Problemen, da sich die Rißweiten bzw. Fugenspaltbreiten im Laufe der Zeit angleichen und die modernen Fugenfüllstoffe erfahrungsgemäß anfänglich etwas größere Rißweiten problemlos verkraften. Eine weitere Möglichkeit ist, in der Ausschreibung als Alternativposition einen Fugenverguß oder ein Fugenprofil für breitere Fugenspalt aufzunehmen.

#### 4. Schlußbetrachtung

Die Bauweise 30 cm dicke Fahrbahndecke aus Beton auf einer 30 cm dicken Tragschicht ohne Bindemittel (ToB) hat sich seit rd. 10 Jahren grundsätzlich für hochbelastete Autobahnen bewährt. Sie weist gegenüber einer Betondecke auf einer Tragschicht mit hydraulischem Bindemittel einige entscheidende Vorteile auf, insbesondere sind dies die besseren Auflagerungsbedingungen der Betondecke, die Möglichkeit der Wiederverwendung von altem Straßenbeton und der wirtschaftlichere Bauablauf.

Wie bei jeder Einführung von Neuerungen in das Regelwerk geht man auch hier behutsam vor, sammelt Erfahrungen und lotet die Möglichkeiten dieser neuen Bauweise Schritt für Schritt aus, um die technischen und wirtschaftlichen Vorteile auszunutzen und nicht durch übertriebenen Optimismus und Fehlschläge die Bauweise zu gefährden. Daher sind in den letzten Jahren immer wieder Anforderungsänderungen im Zusammenhang mit dieser Bauweise notwendig geworden. Dies wird sich noch einige Zeit fortsetzen. Aber das ist normal und sollte kein Hinderungsgrund für die Vervollständigung bestimmter Anforderungsprofile

darstellen, damit die neue Bauweise „Betondecke auf Schottertragschicht“ letztendlich als standardisierte Bauweise eingeführt werden kann.

Gegenüber dem derzeit festgeschriebenen Stand (s. ARS 37/1997 [9]) ist es nach aktuellen Untersuchungen und Erfahrungen möglich, die Anforderungen an die Aufbereitung und den Einbau der ToB zu modifizieren, ohne bei den Gebrauchseigenschaften und der Dauerhaftigkeit der Betondecke Einschränkungen befürchten zu müssen.

#### Schrifttum

- 1 Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen RStO 86, Ausgabe 1986, ergänzte Fassung 1989. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen. FGSV Verlag, Köln 1989
- 2 Eisenmann, J.; Leykauf, G.: Fahrbahnaufbau mit Betondecke, Standard und Alternative. Beton 36 (1986) H. 10, S. 381–384
- 3 Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus bei der Erneuerung von Verkehrsflächen RStO-E, Entwurf 1991. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen 1991
- 4 Pfeifer, L.: Bau von Betondecken auf ungebundenen Tragschichten. Straße + Autobahn 47 (1996) H. 3, S. 143–147
- 5 Pfeifer, L.: Bauliche Schlußfolgerungen aus dem Längsdehnungsbestreben von Betonfahrbahnen. Straße + Autobahn 48 (1997) H. 6, S. 302–306
- 6 von Wilcken, A.; Fleischer, W.: Die Karriere des Betons ist nicht zu Ende. Deutsches Ingenieurblatt 4 (1997) H. 7/8, S. 16–21
- 7 Langzeitverhalten von dicken Betondecken auf einer Tragschicht ohne Bindemittel und von Betondecken auf einer Geotextil-Zwischenlage (A3 bei Hilden). Forschungs- und Entwicklungsauftrag FE 08.134 G 94 C des Bundesministeriums für Verkehr. FE-Nehmer: Institut für Straßen- und Eisenbahnwesen Universität Karlsruhe (Univ.-Prof. Dr.-Ing. R. Roos)
- 8 Hothan, J.: Tragschichten ohne Bindemittel unter hochbeanspruchten Betondecken. Vortrag auf der Mineralstofftagung der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen am 10./11. April 1997 in Celle

- 9 Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 37/1997: Bauweise Betondecken der Bauklasse SV und I auf Tragschichten ohne Bindemittel (ToB), zusätzliche Anforderungen. Bundesministerium für Verkehr, 6. Oktober 1997
- 10 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Tragschichten im Straßenbau ZTVT-StB 95, Ausgabe 1995. Bundesministerium für Verkehr, Abteilung Straßenbau. FGSV Verlag, Köln 1995
- 11 Technische Lieferbedingungen für Recycling-Baustoffe in Tragschichten ohne Bindemittel TL RC-ToB 95, Ausgabe 1995. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Mineralstoffe im Straßenbau. FGSV Verlag, Köln 1995
- 12 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Fahrbahndecken aus Beton ZTV Beton-StB 93, Ausgabe 1993. Bundesministerium für Verkehr, Abteilung Straßenbau. FGSV Verlag, Köln 1993
- 13 Springenschmid, R.; Fleischer, W.: Zur Technologie der Wiederverwendung von altem Straßenbeton. Straße + Autobahn 44 (1993) H. 12, S. 715–718
- 14 von Wilcken, A.: Moderne Verkehrsflächen aus Beton. Beton (1995) H. 8, S. 547–552
- 15 Fleischer, W.; Freudenstein, St.: Neue Technologien beim Bau von Betonfahrbahndecken. TIS (1996) H. 8, S. 4–14
- 16 Merkblatt für die Herstellung von Trag- und Deckschichten ohne Bindemittel, Ausgabe 1995. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Mineralstoffe im Straßenbau. FGSV Verlag, Köln 1995
- 17 Richtlinien für die Anlage von Straßen RAS; Teil: Entwässerung RAS-Ew, Ausgabe 1987. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau. FGSV Verlag, Köln 1987
- 18 Merkblatt für wasserdurchlässige Befestigungen von Verkehrsflächen, Entwurf Februar 1997. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Sonderaufgaben
- 19 Mesters, K.; Stoppka, B.: Bauweisen zur Versickerung von Niederschlägen. Straße + Autobahn 48 (1997) H. 9, S. 483–488
- 20 DIN 18130, Teil 1: Baugrund, Versuche, Versuchsgeräte; Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes; Laborversuche. Ausgabe November 1989